

# CHIP NEWS

## *Geehy* SEMICONDUCTOR



**Geehy**<sup>TM</sup>  
SEMICONDUCTOR

- Провідний світовий виробник мікроконтролерів
- Щорічно поставляється 450 мільйонів мікросхем
- 20 років досвіду в розробці мікросхем

**APM32 MCU**



**ARM Cortex**



**BLE SoC**

Офіційні поставки  
в Україні від компанії  
«НВП ЄВРОКОМ КОМПОНЕНТС»

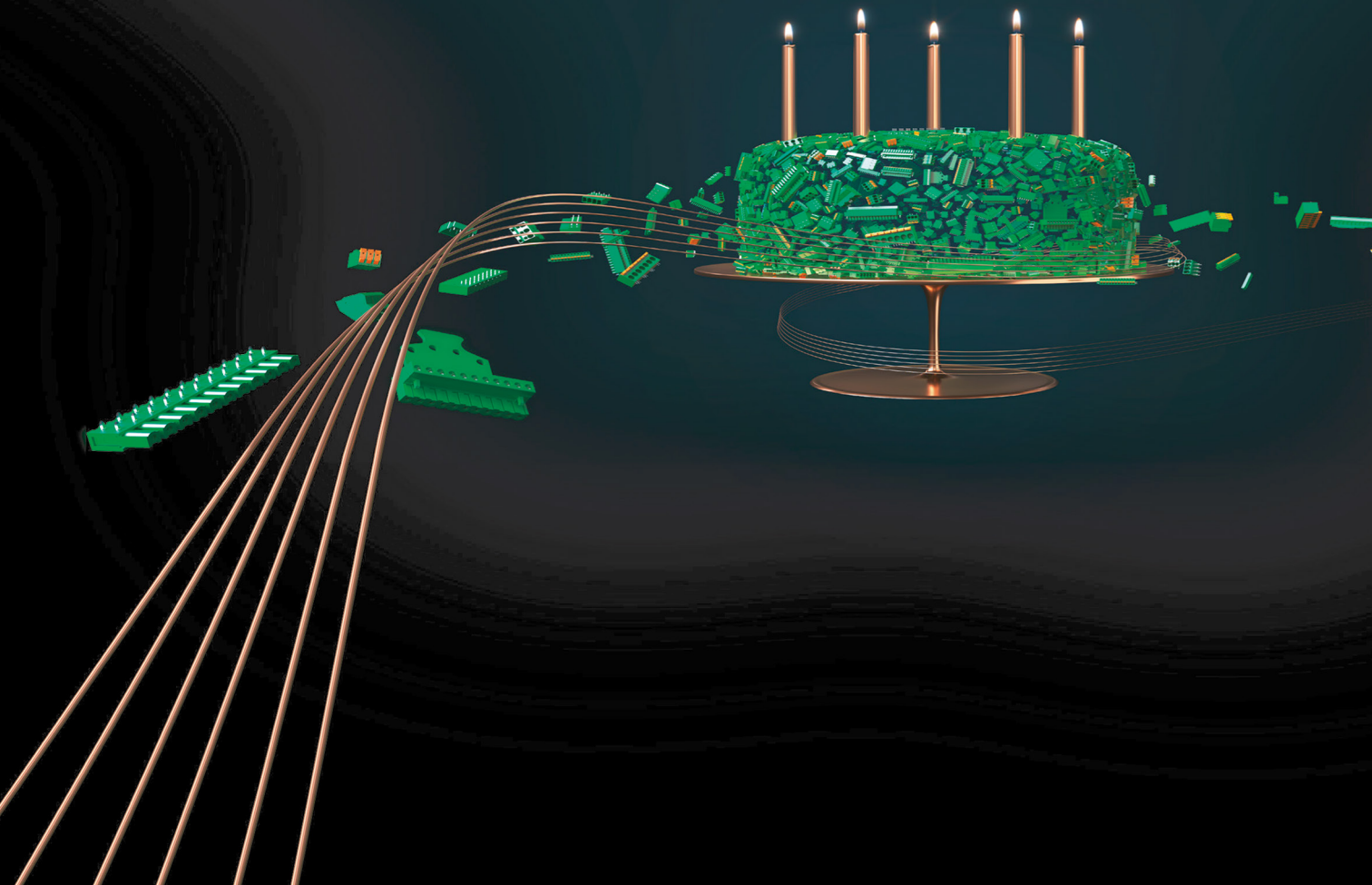


**EUROCOM  
COMPONENTS**

[www.eurocom-c.com](http://www.eurocom-c.com)  
[sales@eic.com.ua](mailto:sales@eic.com.ua)  
+38 044 33 44 575

- МК серії APM32F405/415 ... стор. 10
- Використання МК RA2A1 ... стор. 12
- Зменшення впливу РЧ завад ... стор. 18

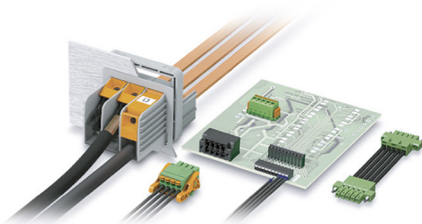
- Цифрове управління енергією ... стор. 26
- Трасування під довільним кутом ... стор. 38
- Надкомпактні модулі SEMITOP ... стор. 68



# 50 років COMBICON

Починаючи з 1972 року, наші клієнти по всьому світу довіряють клемам і з'єднувачам для друкованих плат COMBICON. Ця висока оцінка ґрунтується на досвіді мільйонів проектів: наші клієнти завжди можуть довіряти якості та надійності провідних технологій підключення від Phoenix Contact. Ми завжди відповідали і будемо відповідати цьому високому стандарту.

За додатковою інформацією, звертайтеся:  
ТОВ "Фенікс Контакт"  
<https://phoe.co/combicon>



№ 07 (217), 2022 р.

Науково-технічний журнал  
Видається з 2001 р.  
ТОВ «Булавів-Посад л.т.д.»Зареєстрований  
Міністерством юстиції України.  
Свідоцтво про державну реєстрацію  
друкованого засобу масової  
інформації  
Серія КВ № 25055-14995Р  
14.12.2021 р.**Головний редактор:**

Сірич О. В.

E-mail: editor@chipnews.com.ua

**Редакційна колегія:**Войналович М. Ю., Крючатов С. Д.,  
Макаренко В. В., Мисак Т. В.,  
Олещенко Н. І., Рентюк В. К.,  
Стецюк Л. В., Чорний В. М.,  
Шаріпова Т. В., Шевченко В. Л.**Розповсюдження, передплата**

Руднева О. Ю.

E-mail: peredplata@chipnews.com.ua

**Адреса редакції:**03061, Київ,  
просп. Відрадиний, 10тел./факс: (044) 490-74-99,  
(044) 490-74-30E-mail: info@chipnews.com.ua  
http://www.chipnews.com.uaПередплатний індекс за каталогом  
ДП «Преса» (Укрпошта) — 21934Передплата і доставка по Україні  
за каталогами провідних  
передплатних агентів

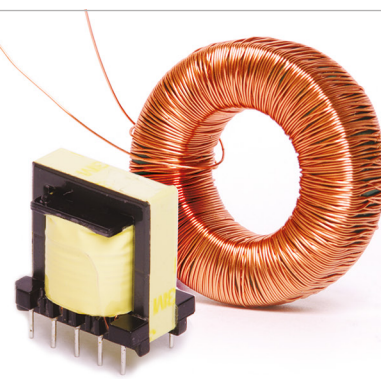
© «CHIP NEWS».

Передрук матеріалів, опублікованих  
в журналі «CHIP NEWS», може бути  
здійснений тільки з письмового дозволу  
редакції. За рекламну інформацію  
редакція відповідальності не несе.

# ЗМІСТ

**НОВИНИ****Новини світу електронних компонентів. . . . . 4****МІКРОКОНТРОЛЕРИ****Мікроконтролери серії APM32F405/415  
з високою продуктивністю та високим  
рівнем безпеки . . . . . 10****Переваги використання мікроконтролерів  
RA2A1 у вимірювальних системах . . . . . 12****МЕРЕЖІ, СИСТЕМИ, АПАРАТУРА***Бернд Гайдтманн (Bernd Heidtmann)***Зменшення впливу радіочастотних завад  
для покращення продуктивності GNSS . . . . . 18****ТРАНСПОРТ****Cincoze GM-1000 забезпечує роботу  
автономних роботів-кур'єрів. . . . . 22****ПЛІС***Кен О'Ніл (Ken O'Neil)***Архітектура RISC-V в оборонній  
та авіакосмічній промисловості. . . . . 24****ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ****Розкрийте можливості цифрового  
управління енергією з рішеннями  
SIMCom IoT . . . . . 26****НА ДОПОМОГУ РОЗРОБНИКУ***Хакан Уенлу (Hakan Uenlu)**Переклад та доповнення: Володимир Рентюк***Як програмно-конфігуроване обладнання  
допомагає підвищити гнучкість  
промислових модулів вводу/виводу . . . . . 28**

www.adc-team.com

**ВЛАСНЕ ВИРОБНИЦТВО  
В УКРАЇНІ МОТОЧНИХ ВИРОБІВ  
ЗГІДНО ДОКУМЕНТАЦІЇ  
АБО ЗА ТЕХНІЧНИМ  
ЗАВДАННЯМ**ТОВ «АДС ТІМ»  
Україна, м. Київ  
пров. Радищева, 3, оф. 126тел. +38 044 206 22 52  
моб. +38 067 249 77 58  
+38 050 464 22 52

## ДРУКОВАНІ ПЛАТИ

Алессандро Бейлетті (Alessandro Beiletti),  
Семен Блутштейн

**Друківані плати із вбудованими компонентами:  
новий рубіж друкованих схем . . . . . 33**

Закарайа Петерсон (Zachariah Peterson)

**Трасування під довільним кутом —  
коли його потрібно використовувати? . . . . . 38**

## ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ

**Компактне ізольоване джерело живлення  
драйверів затворів SiC MOSFET з додатковим каналом . . . . . 40**

Стив Робертс (Steve Roberts)

Переклад: Володимир Рентюк

**Змінний струм — початок початків . . . . . 44**

## ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ КОМПОНЕНТИ

Володимир Макаренко

**Кабелі TE Connectivity для заміни проводу МГТФ. . . . . 50**

Світлана Пескова

**Плоский кабель: знайомий та невідомий . . . . . 52**

## СВІТЛОДІОДИ

Ацуші Нісікава (Atsushi Nishikawa),  
Кадзухіро Окава (Kazuhiro Ohkawa), професор

Переклад: Василина Рочева

**Мікросвітлодіодні дисплеї: нові перспективи  
червоних світлодіодів на основі нітридів . . . . . 57**

## ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

Джакомо Тувері (Giacomo Tuveri)

**Як скоротити час тестування швидкості саморозряду  
літій-іонних елементів живлення? . . . . . 60**

Андреа Вінчі (Andrea Vinci)

**П'ять функцій, якими має бути оснащений  
сучасний цифровий мультиметр . . . . . 63**

## СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

**Автоматична ідентифікація із застосуванням  
зчитувачів RFID фірми Elatec. . . . . 66**

## СИЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА

Роберто Агостіні (Roberto Agostini)

Переклад та коментарі: Андрій Колпаков

**Надкомпактні модулі SEMiTOP: інструкція із застосування . . . . . 68**

Ренé Мент (Rene Mente)

**Доцільність переходу з Si- на SiC-технологію. . . . . 80**

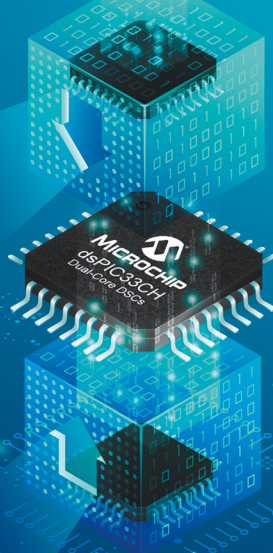
## ПАСИВНІ КОМПОНЕНТИ

Олексій Чистяков

**Індуктори компанії TDK для силової електроніки . . . . . 84**

**ВІЗИТКИ . . . . . 88**

**ІНФОРМАЦІЙНА СТОРІНКА. . . . . 94**



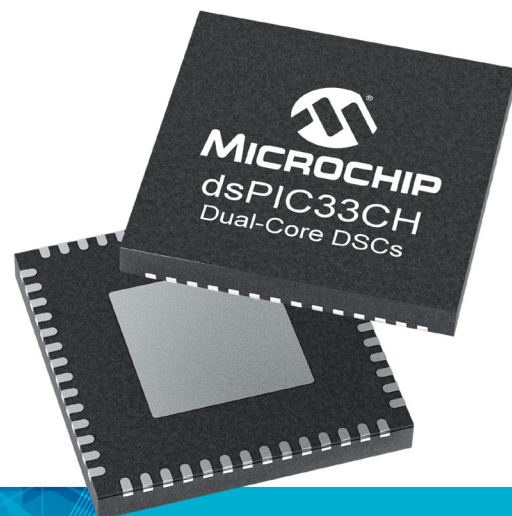
## Два контролери dsPIC33C в одній мікросхемі

### Робіть окремі розробки та легко інтегруйте їх за допомогою двоядерних цифрових сигнальних контролерів dsPIC33CH

Двоядерні цифрові сигнальні контролери dsPIC33CH створені для полегшення незалежної розробки коду для кожного ядра окремими групами розробників, які згодом можуть легко інтегруватися при подальшому об'єднанні окремих кодів. Завдяки потужності двох контролерів dsPIC33C в одному чипі, сімейство dsPIC33CH оптимально підходить для різних сфер застосування, включаючи системи із критичними вимогами щодо безпеки, сенсорне керування, безпроводні зарядні пристрої, джерела живлення з цифровим керуванням, електропривід та багато іншого.

#### Ключові особливості

- Висока продуктивність завдяки потужності двох цифрових сигнальних контролерів dsPIC33C в одному чипі
- Забезпечує ізоляцію критично важливого для безпеки коду та операцій в режимі реального часу від решти прошивки
- Спеціалізовані периферійні пристрої високої продуктивності
- Економія місця на платі та грошових витрат на 40% за рахунок усунення необхідності в додатковому мікроконтролері та допоміжних схемах
- Швидший міжпроцесорний зв'язок
- Прискорення термінів розробки завдяки можливості паралельно розробляти код кількома командами



**MICROCHIP**

[microchip.com/dsPIC33CH](https://microchip.com/dsPIC33CH)



Назва та логотип Microchip, а також логотип Microchip є зареєстрованими товарними знаками Microchip Technology Incorporated у США та інших країнах. Решта товарних знаків є власністю їх зареєстрованих власників. © 2022 Microchip Technology Inc. Всі права захищені. MEC2432A-RUS-10-22

# Новини світу електронних компонентів

## НОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРИ PIC® НА БАЗІ ARM®

Бездротовий зв'язок став обов'язковою функцією для багатьох продуктів, але часто збільшує вартість і складність проектування системи, оскільки він, як правило, повинен бути доданий як частина більшого додатка. **Microchip Technology Inc.** представляє сьогодні своє перше сімейство мікроконтролерів (MCU) PIC на базі Arm Cortex®-M4F, яке вирішує цю проблему проектування бездротового зв'язку, інтегруючи функціональність Bluetooth Low Energy безпосередньо в один з базових компонентів системи, підтримуваній однією з найбільш повних екосистем розробників в галузі.

«Сімейство мікроконтролерів PIC32CX-BZ2 усуває бар'єри, які ускладнювали виведення бездротових додатків на ринок, від проблем з доступністю і складністю до перешкод в сертифікації і довгострокової підтримки», — сказав Стів Колдуелл (Steve Caldwell), віце-президент підрозділу бездротових рішень компанії Microchip. — Наше сімейство тісно інтегрує бездротовий зв'язок з мікроконтролером, який побудований на нашому багатосторонньому спеціалізованому досвіді та підкріпленій вертикальним виробничим підходом, який охоплює мікросхеми, високоінтегровані стеки програмного забезпечення Microchip, власне виробництво модулів та практику застарівання, керувану замовником».

Сімейство PIC32CX-BZ2 від Microchip має в своєму складі пристрої на кристалі (SoC), а також радіочастотні модулі, сертифіковані міжнародними регуляторними органами. На додаток до функціональності Bluetooth Low Energy, сімейство має стеки Zigbee® і можливості оновлення через повітря (OTA). Апаратні функції включають 12-розрядний аналого-цифровий перетворювач (АЦП), кілька таймерів/лічильників для каналів керування (ТСС), вбудований механізм шифрування і широкий набір інтерфейсів для сенсорних, CAN, датчиків, дисплеїв та інших периферійних пристроїв. 1 МБ флеш-пам'яті підтримує великі коди додатків, багатопотокові бездротові сте-

ки та оновлення OTA. Корпуси, сертифіковані за стандартом AEC-Q100 Grade 1 (125 °C), ще більше спрощують інтеграцію бездротового зв'язку там, де потрібні високонадійні рішення.

Сімейство мікроконтролерів PIC32CX-BZ2 спрощує розробку завдяки 32-розрядному середовищу розробки вбудованого програмного забезпечення MPLAB® Harmony від Microchip. Інтеграція з MPLAB Code Configurator дозволяє розробникам швидко приступити до створення прототипів за допомогою сімейства PIC32CX-BZ2, використовуючи автоматичну генерацію коду за допомогою перетягування. Численні приклади коду додатків розміщені на GitHub і доступні через MPLAB Code Configurator і MPLAB Discover. Радіочастотне проектування з мікросхемами PIC32CX-BZ2 спрощується завдяки пакетам еталонного проектування мікросхем екосистеми та послугам перевірки бездротового проектування. Клієнти, які не мають достатнього досвіду в галузі радіочастот, можуть скористатися модулями WBZ451 від Microchip, які попередньо сертифіковані на відповідність численним нормам у всьому світі і мають оптимізовану вбудовану радіочастотну конструкцію.

[www.microchip.com](http://www.microchip.com)

## ШВИДКОРОЗ'ЄМНИЙ З'ЄДНУВАЧ ДЛЯ ВІЙСЬКОВИХ СИСТЕМ

Група **ODU** анонсувала випуск **ODU AMC® NP**, одного з найбільш визнаних у світі високопродуктивних швидкокороз'ємних мініатюрних роз'ємів на ринку. Розроблений і виготовлений відповідно до військових стандартів, цей економічно ефективний роз'єм ідеально підходить для застосування у військовій сфері та сфері безпеки.

Із запуском **ODU AMC® NP** компанія **ODU** розширює своє успішне портфоліо засобів зв'язку для військових, а також підтверджує свою здатність допомагати військовим і оборонним замовникам за допомогою індивідуальних гібридних рішень і численних послуг з даною вартістю, таких як індивідуальна інженерна підтрим-

ка, швидке створення прототипів і інтегрована збірка кабелів. Це надає значну конкурентну перевагу виробникам обладнання, яким потрібні високонадійні і легкодоступні рішення для підключення.

Цей металевий, міцний роз'єм розширює можливості солдата спілкуватися на полі бою і просторовий на відповідність стандарту MIL-STD-810H та застосовуваним технічним вимогам.

Він також містить покращені силові контакти з підтримкою USB®2.0, енергоефективні контакти, мінімум 2000 циклів з'єднання та водонепроникність до IP68, доступні версії з водонепроникністю до 20 м. Існують також варіанти для пайки, обтиску або монтажу на друковану плату, зручне використання, міцна конструкція, що відламується, та інтегровані рішення для монтажу кабелів.

Роз'єм підходить для тактичних солдатських батарей, PDU (блоків розподілу живлення), CWB (сумісних батарей, що носяться) і периферійних пристроїв C4ISR для передачі сигналів USB®2.0 і живлення. Сумісний зі стандартами відкритої архітектури, такими як NATO STANAG 4695, Nett Warrior та GOSSRA (General Open Structure Architecture).

<https://odu-connectors.com>

## 15-BATHI DC/DC-ПЕРЕТВОРЮВАЧІ DIP-16

Компанія **TRACO POWER** анонсувала початок серійного виробництва DC/DC-перетворювачів TEL 15N і TEL 15WIN — це дві серії ізольованих DC/DC-перетворювачів потужністю 15 Вт, які виготовляються в ультратокомпактних металевих корпусах DIP-16. Мета створення цієї серії полягала в тому, щоб мініатюризувати малопотужні DC/DC до максимуму без шкоди ефективності. Вони задають новий стандарт густини потужності в 4.51 Вт/см<sup>3</sup> і фактично подвоюють густину потужності порівняно з 15-ватними перетворювачами в корпусах DIP-24.

TEL 15N і TEL 15WIN мають широкі діапазони вхідних напруг стандартів «2:1» або «4:1» відповідно та мають високий ККД до

88%, що забезпечує робочу температуру до +55 °C за повного навантаження та до 85 °C з 50% навантаженням. Для більших температурних вимог доступна версія з вбудованим радіатором, що дозволяє конвертеру працювати до +70 °C без зниження номінальних характеристик. Ці DC/DC-перетворювачі також мають вбудований вхідний фільтр для відповідності стандарту кондуктивного випромінювання EN 55032 класу А. Загалом вони є економічним рішенням для критичних до простору та чутливих до ціни застосувань у приладобудуванні, IT та промисловій електроніці.

[www.tracopower.com](http://www.tracopower.com)

## ДВОКОЛЬОРОВИЙ ГРАФІЧНИЙ COG OLED

Компанія **Winstar** анонсувала **WEO012864AB** — 0.96-дюймовий графічний двокольоровий COG OLED модуль з роздільною здатністю 128 x 64 пікселів, зроблений на базі мікрочипа IC SSD1315 з підтримкою паралельного 6800/8080, I<sup>2</sup>C, 3- та 4-жильного SPI інтерфейсів. Даний OLED дисплей має двокольорне світіння (жовтий/блакитний), і завдяки контрасту кольорів дозволяє легко зчитувати інформацію, що відображається. Напряга логіки модуля складає 3 В, 1/64 робочий цикл; значення струму при засвіченні 50% площі індикатора становить 5 мА@3 В.

Серія WEO012864AB є альтернативним рішенням вже існуючої серії WEO012864M, але з іншою версією IC мікрочипа; WEO012864M (IC SSD1306), WEO012864AB (IC SSD1315). Розведення виводів обох серій однакове, і для заміни однієї серії на іншу доведеться лише відредувати код ініціалізації; апаратні зміни не є необхідними.

Може працювати за температур від -30 до +70 °C; температура зберігання — аналогічна. Двокольоровий OLED дисплей WEO012864AB ідеально підійде для таких застосувань, як: медичні прилади, вимірювальні прилади, розумні пристрої тощо.

[www.winstar.com.tw](http://www.winstar.com.tw)

## ГРАФІЧНИЙ ДИСПЛЕЙ З ДРУКОВАНОЮ ПЛАТОЮ

Компанія **Winstar** анонсувала WEA128128G — 1.12-дюймовий графічний COG OLED модуль з роздільною здатністю 128 × 128 пікселів, зроблений на базі мікрочипа IC SH1107 з підтримкою 4-жильного SPI інтерфейсу. Даний дисплей OLED є новою версією існуючої серії WEO128128G і має друковану плату. Дисплей має монтажні отвори на платі та залізни виводи для найбільш зручної фіксації. Напряга логіки модуля складає 3 В, 1/128 робочий цикл; значення струму при засвіченні 50% площі індикатора становить 65 мА@3 В для білого OLED світіння. Бустерну схему вже виведено на друковану плату дисплея, тому для підключення потрібно лише подати напругу  $V_{DD}$ . WEA128128G може працювати за температур від  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; температура зберігання — аналогічна.

Серія WEA128128G з друкованою платою ідеально підійде для таких застосувань, як: медичні, вимірювальні та портативні прилади, розумні пристрої, авто-

мобілебудування, комунікаційні системи тощо.

[www.winstar.com.tw](http://www.winstar.com.tw)

## НОВИЙ COG OLED МОДУЛЬ

Компанія **Winstar** анонсувала WEA009616B — 0.69-дюймовий графічний модуль COG OLED з роздільною здатністю  $96 \times 16$  пікселів зроблений на базі мікрочипа IC SSD1306 з підтримкою I<sup>2</sup>C інтерфейсу. Даний дисплей OLED є новою версією існуючої серії WEO009616B і має друковану плату. Дисплей має монтажні отвори на платі та залізни виводи для найбільш зручної фіксації. Напряга логіки модуля складає 3 В, 1/64 робочий цикл; значення струму при засвіченні 50% площі індикатора становить 5 мА за напруги 3 В для білого OLED світіння. Бустерна схема вже виведена на друковану плату дисплея, тому для підключення потрібно лише подати напругу  $V_{DD}$ . WEA009616B може працювати за температур від  $-30$  до  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; температура зберігання — аналогічна.

Версія WEA009616B з друкованою платою підійде для таких

застосувань, як: медичні прилади, вимірювальні прилади, розумні пристрої, автомобілебудування, комунікаційні системи тощо.

[www.winstar.com.tw](http://www.winstar.com.tw)

## НОВА ЛІНІЙКА 950-ВОЛЬТОВИХ MOSFET

Компанія **Infineon** анонсувала випуск CoolMOS PFD7 — нове сімейство 950-вольтових MOSFET, які можуть досягати  $450\text{ мОм } R_{ds(on)}$  у DPAK або  $60\text{ мОм}$  у TO247. Порогова напруга затвор-витік становить  $3 \pm 0.5\text{ В}$ .

Низька порогова напруга та допуски відхилення роботи в лінійному режимі дозволяють знизити напругу керування та зменшити втрати на холостому ході. Завдяки вбудованому швидкодіючому діоду з низьким зарядом зворотного відновлення вони забезпечують жорстку комутаційну стійкість і надійність. Крім того, інженери Infineon гарантують, що заряд затвора CoolMOS PFD7 на 60% кращий, ніж у попереднього сімейства MOSFET 900V C3, що сприяє зниженню температури MOSFET на  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  і покращенню ефектив-

ності PFC на 0.2% при відповідності ефективності LLC.

Ця нова серія високовольтних транзисторів CoolMOS PFD7 встановлює новий стандарт у технологіях суперпереходів (SJ) 950 В, сформованих більш ніж 20-річним досвідом компанії Infineon у інноваційних технологіях суперпереходів. Ця серія поєднує в собі найкращу в своєму класі продуктивність із найсучаснішою простотою використання та оснащена вбудованим швидкісним корпусним діодом, який забезпечує надійність пристрою та, у свою чергу, зменшує витрату матеріалів (BOM) для замовника.

Це сімейство продуктів розроблено для надвисокої густини потужності, а також для найвищої ефективності. Продукти в основному призначені для споживачів і промислових SMPS для топологій PFC і LLC/LCC. 950-V CoolMOS PFD7 забезпечує на 60% покращений  $Q_g$  порівняно з CoolMOS™ C3, що призводить до зменшення втрат при керуванні, покращеної ефективності та повного навантаження в застосуваннях.

[www.infineon.com](http://www.infineon.com)

## Продукція TE Connectivity Ltd. від офіційного дистриб'ютора



- роз'єми для друкованих плат, коаксіальні та силові роз'єми
- сигнальні роз'єми та роз'єми для передачі даних
- роз'єми CHAMP, промислові, надмініатюрні роз'єми
- слоти для карток пам'яті
- роз'єми, кабелі, адаптери, атенюатори
- перемикачі, інструменти для волоконно-оптичних систем
- затискні та гвинтові контактні ряди
- пристрої захисту від надструмів та перенапруги: запобіжники, варистори, розрядники
- силові фільтри, фільтри захисту від електромагнітних завад
- проводи та кабелі: коаксіальні, волоконно-оптичні
- компоненти для скручування, кожухи, фітинги, термозбіжні трубки
- резистори, дроселі, конденсатори, трансформатори
- комунікаційні сигнальні та часові реле
- датчики положення безконтактні, промислові
- програмовні логічні контролери
- магнітні та теплові вимикачі
- елементи та обладнання для маркування та етикетування.



**VD MAIS** - офіційний дистриб'ютор TE Connectivity в Україні  
емк@vdmαιs.ua, www.vdmαιs.ua



## ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ НА DIN-РЕЙКУ КЛАСУ HIGH END

Компанія **MORNSUN** розробила нову лінійку джерел живлення з кріпленням на DIN-рейку класу High End. Лінійка складається з двох сімейств однофазних джерел живлення, що відрізняються функціоналом (LIMF і LPHF) і одного сімейства на трифазну напругу (LITF). У всіх цих джерел живлення друкована плата з компонентами має лакове покриття, стійке до соляного туману, бризок і пилу.

Продукція працює в широкому температурному діапазоні –40...85 °С (для однофазних) і –30...70 °С (для трифазних). Крім того, однофазні джерела відповідають вимогам ATEX і можуть використовуватися у вибухонебезпечних зонах. Сімейство LIMF має стандартний функціонал (ККМ, сухий контакт реле, 150% перевантажувальна здатність), а сімейство LPHF — максимальний функціонал із додатковими функціями селективного захисту (SFB) і можливістю дистанційного керування (може замінити серію QUINT від Phoenix Contact). Сі-

мейство трифазних джерел LITF можна віднести до джерел зі стандартним функціоналом, але з можливістю дистанційного керування через інтерфейс RS485.

[www.mornsun-power.com](http://www.mornsun-power.com)

## КОМПАКТНІ КЛЕМИ ДЛЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

Компанія **Phoenix Contact** розширює асортимент клем для друкованої плати для паяння за технологією монтажу на поверхні й технологією наскрізного монтажу для провідників із попереднім перерізом до 0.5 мм<sup>2</sup>.

Нові клеми серії MPT з кроком 2.54 мм такі маленькі, що їх можна застосовувати саме у компактних роз'ємах для підключення пристрою. Система гвинтових з'єднань дозволяє підключати два провідники до однієї точки з'єднання. Висока сила контакту забезпечує зменшення опору, завдяки чому компоненти менше нагріваються.

Компактні клеми для друкованої плати розраховані на струм до 6 А та на напругу до 320 В і доступні у різних варіантах від двох

до дванадцяти полюсів. Для автоматизованого комплектування Phoenix Contact пропонує вироби у стрічковій упаковці.

[www.phoenixcontact.com](http://www.phoenixcontact.com)

## КОМУНІКАЦІЙНА СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ 24 В

Нова комунікаційна система живлення 24 В від **Phoenix Contact** забезпечує підвищення прозорості даних і високу експлуатаційну готовність. Джерело живлення, запобіжник та джерело безперебійного живлення передбачають можливість комбінування у загальну концепцію і пропонують користувачам переваги системної інтеграції. У галузях, де потрібна висока експлуатаційна готовність обладнання, неможливо обійтися без інформації про стани установки та робочі стани. На основі експлуатаційних даних можна виявляти, локалізувати та усувати критичні робочі стани, перш ніж вони призведуть до збиткових простоїв виробництва. Інтелектуальне рішення, що складається з Quint Power у поєднанні із системою автоматичних вими-

качів пристрою Caracot або інтелектуальним ДБЖ Quint DC, підвищує прозорість даних усього обладнання і надає інформацію про відповідні робочі та діагностичні дані. Контроль функціонування мінімізує періоди відмови, а різні інтерфейси забезпечують можливість зчитування даних. Повна цілісність даних від сторони змінного струму 400 В до сторони постійного струму 24 В подовжує час попередження про несправності, які виникають.

Безпосередньо джерело живлення може забезпечити високу точність технічного обслуговування та дистанційної діагностики обладнання, а також економію коштів завдяки перенесенню функцій моніторингу. Окрім даних, які можна збирати за допомогою системи, також доступна функція налаштування параметрів джерела живлення Quint Power через інтерфейси. Безпосереднє перенесення параметрів, наприклад вихідної напруги, після заміни пристрою або встановлення нового обладнання заощаджує час і запобігає помилкам користувача.

[www.phoenixcontact.com](http://www.phoenixcontact.com)



## Все для інфраструктури зарядки електричних транспортних засобів

Оснастіть свою зарядну станцію виробами CHARX від компанії Phoenix Contact. Наш широкий асортимент продукції сягає від зарядних кабелів CCS до систем керування навантаженням для потужних зарядних мереж для електромобілів.

За детальнішою інформацією,

звертайтеся:

ТОВ "Фенікс Контакт"

(044) 594 55 22

[https://phoe.co/E-mobility\\_Infrastructure](https://phoe.co/E-mobility_Infrastructure)



© PHOENIX CONTACT 2022



**ПРОМИСЛОВА  
МАТЕРИНЬСКА ПЛАТА  
ДЛЯ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ  
З ВИКОРИСТАННЯМ ШІ  
В СИСТЕМАХ  
АВТОМАТИЗАЦІЇ  
ТА ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ**

Компанія **Advantech** випускає плату Micro-ATX AIMB-522 із вбудованими процесорами AMD Ryzen™ серії 5000. AIMB-522 базується на першому процесорі AMD для настільних ПК Ryzen™ Embedded 5000 з 8 високопродуктивними ядрами Zen 3. Плата оснащена повним набором технологій, призначених для підвищення продуктивності програм, включаючи високу обчислювальну продуктивність і ефективність, широкі можливості, а також до 4 портів Gigabit Ethernet та 8 портів USB 3.2 — ідеальне рішення для автоматизації виробництва, інтелектуальної логістики та відеоспостереження.

AIMB-522 оснащена найновішим настільним процесором AMD Ryzen™ Embedded 5000 з продуктивністю «Zen 3», що досягає нового рівня обчислювальної та енергетичної ефективності. Кількість інструкцій на такт ядра

Zen 3 збільшується на 19% кожного МГц частоти в порівнянні з попереднім поколінням. Аналогічно архітектура Zen 3 переходить на новий дизайн, який об'єднує 8 ядер та 32 МБ кешу L3 в одну групу ресурсів. Додатки чутливі до затримок, такі як інтелектуальне виробництво, автоматизований візуальний контроль та інтелектуальне спостереження, особливо вигрвають від цієї зміни, оскільки завдання тепер мають прямий доступ до вдвічі більшого обсягу кешу L3 порівняно з «Zen 2». Вражає і те що прискорення продуктивності архітектури «Zen 3» забезпечується без збільшення енергоспоживання та TDP. Завдяки провідному в галузі 7-нм техпроцесу AMD Ryzen™ 5000 забезпечує підвищення енергоефективності на 24% порівняно з попереднім поколінням та приголомшливу перевагу в 2.8 рази над конкурентними архітектурами.

Щоб забезпечити простоту розгортання різних програм комп'ютерного зору і безперешкодного захоплення зображень необхідна інтеграція кількох високошвидкісних цифрових камер. AIMB-522 оснащений 4 портами

Gigabit Ethernet і 8 інтерфейсами USB 3.2 10 Гбіт/с, що забезпечує повну сумісність з новітніми високошвидкісними камерами з пропускну здатністю до 350 МБ/с і 60 кадр/с. Завдяки цьому в AIMB-522 можна інтегрувати понад 10 камер із високою якістю відео без додаткових периферійних карток. Додаткові можливості підключення забезпечують вбудовані слоти PCI-Express x4, що дозволяють підтримувати більше камер або промислових контролерів за допомогою додаткових карт.

Найближчими роками обробка зображень за допомогою глибокого навчання стане ключовою вимогою для автоматизованих виробничих додатків. AIMB-522 підтримує один PCI-Express x16 Gen4 для вимогливих до графіки додатків. Крім того, два слоти PCI-Express x4 забезпечують можливість розширення інтеграції плат контролерів роботів (маніпуляторів) на промисловому ринку. Вбудований роз'єм M.2 M-Key підтримує високошвидкісні твердотілі накопичувачі для роботи ОС в режимі реального часу. Простота адаптації AIMB-522 до промислових периферій-

них пристроїв допомагає клієнтам модернізувати контролер заводської автоматизації до рішення за обробки зображень за допомогою штучного інтелекту.

- Ключові особливості:
- AMD Ryzen™ Embedded серії 5000 із високопродуктивною архітектурою Zen 3;
  - високошвидкісне підключення — 4 Gigabit Ethernet та 8 USB 3.2;
  - висока розширюваність — один PCI-Express x16, два PCI-Express x4, один ключ M.2 M (PCI-Express x4);
  - Різноманітні входи/виходи для промислового застосування — один слот для карт Mini, 4x RS232, 2x RS232/422/485.

[www.advantech.com](http://www.advantech.com)

**ВИРОБНИЦТВО  
ПАМ'ЯТІ V-NAND  
ВОСЬМОГО ПОКОЛІННЯ  
З НАЙВИЩОЮ В ГАЛУЗІ  
ГУСТИНОЮ БІТІВ**

Компанія **Samsung Electronics** оголосила про початок масового виробництва 1-терабіт-

# ADVANTECH

## Інтелектуальні вбудовані комп'ютери Платформи для автоматизації на основі IoT

Роботизований/  
Автоматично  
керований  
транспортний засіб



Машинний автоматизований  
оптичний контроль



Керування рухом



Промислові порти  
введення-виведення  
з гальванічною  
розв'язкою



Широкий  
температурний  
діапазон  
від -20 до +60 °C



**Спрощення  
розгортання IoT  
для розумних  
фабрик**

Плати та камери  
для «машинного зору»



Граничні модулі AI

Плати контролю руху  
та карти відеозахоплення



[www.proxis.ua](http://www.proxis.ua)  
[sales@proxis.ua](mailto:sales@proxis.ua)

**Промислові комп'ютери та системи**  
+380 (44) 467-5977, 599-5977



ної (Тб) флеш-пам'яті восьмого покоління з трирівневими осередками, об'єднаними у вертикальні матриці NAND (V-NAND), з найвищою щільністю бітів у галузі. Нова пам'ять V-NAND ємністю 1 Тб також має найвищу на сьогодні ємність, що дасть змогу збільшити обсяг збережених даних у корпоративних серверних системах наступного покоління.

«Оскільки ринковий попит на щільніші та місткіші накопичувачі підштовхує до збільшення кількості шарів V-NAND, Samsung застосувала свою передову технологію тривимірного масштабування, щоб зменшити площу поверхні та висоту, не допускаючи водночас завад між осередками, що звичай виникають у разі зменшення масштабу, — сказав Сон Хой Хур (Sung Hoi Hur), виконавчий віцепрезидент із флеш-продуктів і технологій компанії Samsung Electronics. — Наша пам'ять V-NAND восьмого покоління допоможе задовольнити попит, що швидко зростає, і поліпшить наші ринкові позиції, даючи змогу пропонувати більш диференційовані продукти та рішення, які ляжуть в основу майбутніх інновацій у сфері зберігання даних».

Samsung вдалося досягти найвищої щільності бітів у галузі за рахунок підвищення кількості бітів на пластині. Пам'ять V-NAND восьмого покоління, заснована на інтерфейсі Toggle DDR 5.0 (новітньому стандарті флеш-пам'яті NAND) забезпечує швидкість вводу-виводу до 2.4 гігабіт на секунду, що в 1.2 рази більше, ніж у приладів попереднього покоління. Це дасть змогу новій пам'яті V-NAND відповідати вимогам стандарту PCIe 4.0 і пізніших версій PCIe 5.0.

Наразі очікується, що пам'ять V-NAND восьмого покоління стане наріжним каменем конфігурацій накопичувачів даних, які допоможуть збільшити місткість запам'ятовувальних пристроїв у корпоративних серверах наступного покоління, а також розширити використання флеш-пам'яті на автомобільному ринку, де надійність особливо важлива.

<https://news.samsung.com>

### РОЗШИРЕННЯ МОДЕЛЬНОГО РЯДУ ОСЦИЛОГРАФІВ

Компанія **GW Instek** анонсувала розширення модельного

ряду своїх осцилографів серії GDS-73000A випуском нових моделей («3 в 1») GDS-73352A і GDS-73652A з функцією вимірювань і аналізу в двох доменах (у тимчасовій/частотній сфері — Time «Осцилограф»/Frequency «Аналізатор спектра») та вмонтованим 2-канатним генератором сигналів довільної форми.

Нові модифікації є 2-канальними осцилографами зі смугами пропускання 350 МГц (GDS-73352A) і 650 МГц (GDS-73652A). Максимальна частота дискретизації досягає 5 ГГц (при об'єднанні) або 2.5 ГГц на канал. У новинках значно збільшено обсяг пам'яті з 20 М (у серії MDO-72000) до 200 М на кожен канал!

Використовується перевіреною часом технологія VPO — візуалізації аналогового осцилографа зі швидкістю оновлення екрана 200 000 осц./с. Осцилографи мають вхідний імпеданс, що перемикається: 50 Ом/1 МОм. Збір даних виконується в режимах: вибірка, піковий детектор (>400 пс), усереднення (2...256), висока роздільна здатність (Hi Res), інтерполяція Sin X/x. Внутрішня пам'ять має сегментовану структуру (490 000 сегментів),

даючи змогу реалізувати режим «Пошукова машина» (Search) для пошуку подій за заданими умовами на довгій пам'яті, функцію розтяжки вікна (Zoom), самописець і X-Y.

Новинки мають широкий перелік автовимірювань параметрів (38 видів), курсорні вимірювання (DU; DT; 1/DT), функції математики включають: додавання, віднімання, множення, ділення, вбудований редактор формул. Аналізатор спектра: 1 кГц~2.5 ГГц (вим. в дБм, дБВ з.к.з., лін.с.к.з.), перебудова фільтрів смуги пропуск. ПЧ 1 Гц~2.5 МГц, рівень власн. шумів (тип.): -80 дБм.

Генератор сигналів довільної форми (AWG): 2 канали, максимальна частота до 25 МГц (синус), 13 вбудованих форм сигналів, ЦАП 14 біт, дискретизація 200 МГц, пам'ять 16К точок.

Стандартні вимірювальні ресурси на борту включають: функцію аналізу частотних характеристик/FRA і побудову діаграм Боде (ЛАФЧХ). Цифрові фільтри (ВЧ/НЧ) з ручним регулюванням. Реєстратор вхідних даних (CSV logger): тривалість запису від 5 хв до 1 000 год (800 МБ, хв. інтервал вибірки 2 с).



## Офіційний дистриб'ютор

**BETTERFUSE**  
You build electronics, We safeguard them!





**Захист від перевантаження по струму**  
(серія запобіжників, запобіжники SMD, відновлювані запобіжники)



**Комплексний захист від перевантаження по струму і високій температурі**  
(серія BTU потужність 0.5, 1 і 2 Вт)



**Захист від високої температури**  
(серія запобіжників та серія термостатів)



**Акcesуари для запобіжників**  
(термінали, кліпси та тримачі запобіжників, утримачі панелей)



**Захист від перенапруги**  
(супресори обмежувачі електростатичного заряду та напруги)

**Altway Electronics, Inc.**  
5970 Unity Drive Suite E,  
Norcross, GA 30071, USA  
[www.altwaygroup.com](http://www.altwaygroup.com)

**Тел. 044-3-922-911**

**E-mail: [sales.int@altwaygroup.com](mailto:sales.int@altwaygroup.com)**

Опціонально доступний режим логічного аналізатора, який перетворює прилад на MSO-осцилограф для аналізу змішаних сигналів (аналогових і цифрових) з підтримкою функцій синхронізації та декодування шин I<sup>2</sup>C, SPI, UART (RS232/422/485), CAN/LIN.

Внутрішня пам'ять: 20 осцилограм, 20 профілів налаштувань. Інтерфейси: USB 2.0 (host/device), RS-232, LAN (з GPIB — як варіант виконання осцилографа із заводським встановленням та інтерфейсу IEEE-488).

Кольоровий TFT-дисплей (26 см, WVGA), технологія поділу екрана на 2 незалежних вікна (Split Window) у кожному з каналів для спостереження осцилограм і графіків спектра.

[www.gwinstek.com](http://www.gwinstek.com)

### СУПЕРКОМП'ЮТЕР ДЛЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЗІБРАНИЙ НА НАЙБІЛЬШИХ НА СЬОГОДНІ ЧИПАХ

Нещодавно представники компанії **Cerebras Systems** анонсували свій суперкомп'ютер

під назвою Andromeda AI, що має у своєму складі 13.5 мільйонів обчислювальних ядер, і призначений для вирішення завдань у галузі штучного інтелекту і глибокого машинного навчання. Згідно з наявною інформацією, Andromeda має продуктивність в 1 ексафлоп (1 квінтільйон операцій за секунду) під час розрахунків чисел із половиною 16-бітною точністю, які широко використовують під час побудови штучних нейронних мереж.

Andromeda AI являє собою кластер із 16 з'єднаних один з одним комп'ютерів Cerebras CS-2. Серцем кожного з комп'ютерів CS-2 є чип WSE-2 (Wafer Scale Engine), кристал якого є квадратом зі стороною 21.59 сантиметра (8.5 дюймів) і який є найбільшим у світі кремнієвим чипом на сьогодні. На поверхні цього чипа розташовані 2.6 трильйона транзисторів, організовані в 850 тисяч обчислювальних ядер.

Суперкомп'ютер Andromeda AI побудували в приміщенні датацентру в Санта-Кларі, Каліфорнія, його спорудження обійшлося в 25 мільйонів американських доларів. «Andromeda, за рахунок реалізації великомасштабного

паралелізму, являє собою ідеальну обчислювальну систему для великих мовних моделей GPT-класу, — пишуть представники компанії Cerebras. — Суперкомп'ютер ефективно працює з моделями GPT-3, GPT-J і GPT-NeoX, і вже використовується для розв'язання завдань з академічної та комерційної галузей».

Згідно з інформацією від представників компанії Cerebras Systems, підключення в загальну систему великої кількості одиниць комп'ютерів CS-2 забезпечує зменшення часу навчання нейронних мереж в «ідеальній зворотній пропорції». І в його нижній конфігурації суперкомп'ютер Andromeda AI здатний розв'язувати завдання, які не по зубах системам, побудованим на базі графічних процесорів.

«Можливості системи Andromeda AI були продемонстровані на розрахунках моделі GPT-J з 2.5 і 25 мільярдами параметрів, що використовують по 10240 довгих послідовностей (MSL). Отримані під час цих тестів результати були вельми близькі до ідеальних, а ось інша дослідницька група, яка намагалася повторити все це на системі Polaris з 2 тисячами

обчислювальних вузлів на базі Nvidia A100, зазнала невдачі через обмежену пропускну спроможність системи пам'яті та пам'яті графічних процесорів».

Звісно, суперкомп'ютер Andromeda AI виглядає не дуже порівняно з найшвидшими з традиційних суперкомп'ютерів. Найпотужніший суперкомп'ютер, Frontier, що знаходиться в Національній лабораторії Ок-Рідж, забезпечує 1.103 ексафлопса під час операцій з подвійною 64-бітною точністю. Однак, спорудження Frontier обійшлося в більш ніж у 20 разів більшу суму, в 600 мільйонів американських доларів, він займає набагато більшу площу і споживає значно більшу кількість енергії для роботи, ніж Andromeda AI.

Наразі зацікавлені організації можуть отримати віддалений доступ до системи Andromeda AI. І вже зараз до числа користувачів цього суперкомп'ютера входять фахівці з Кембриджського університету, Національної лабораторії Аргонна, компанії JasperAI і деяких інших організацій, що займаються проблемами штучного інтелекту.

<https://arstechnica.com>



**RADIODETAILI**

**ВЕЛИКИЙ ВИБІР**

**РАДІОДЕТАЛЕЙ!**

**Інтернет-магазин вул. Івана Світличного, 4  
(044) 392 22 71 (067) 462 22 71**

**«Радіоринок», Караваєві Дачі, вул. Ушинського, 4**

**Павільйон 9В  
(044) 242 20 79  
(067) 445 77 72**

**Павільйон 9В+  
(068) 599 56 99**

**Павільйон 17Б  
(063) 105 90 01  
(096) 303 90 01**

**RADIODETAILI.COM.UA**

# Мікроконтролери серії ARM32F405/415 з високою продуктивністю та високим рівнем безпеки

Компанія Geehy Semiconductor анонсувала нові високопродуктивні мікроконтролери ARM32F405/415 (рис. 1) промислового класу з високим рівнем безпеки на основі ядра Arm® Cortex®-M4, які відрізняються високою ємністю, широким температурним діапазоном, високою стабільністю, високою надійністю та високою інтеграцією. Два нові продукти поставляються з багатьма периферійними пристроями та можуть широко використовуватися в приладах і апаратах промислового контролю, медичному обладнанні, силовій електроніці тощо.

Geehy Semiconductor продовжує поглиблювати співпрацю з усіма відповідними виробниками щодо вимог до продукту, визначення, ітерації та оновлення, а також застосування. На даний момент MCU промислового класу серії ARM32 були визнані ТОП-клієнтами в галузі промислової автоматизації. Компанія Geehy Semiconductor, рекомендує серію ARM32F405/415, і надалі зосереджуватиметься на промисловому управлінні та нових енергетичних ринках, пропонуючи клієнтам більш економічно ефективний варіант.

Розглянемо більш детально сновні переваги мікроконтролерів серії ARM32F405/415.

## Більша ємність і швидке зберігання

Базований на ядрі Arm® Cortex®-M4, високопродуктивний ЦП, працює на частоті 168 МГц, підтримує одинарну точність

FPU і розширені інструкції DSP; є вбудована флеш-пам'ять 1024 КБ, SRAM 192+4 КБ, підтримується різноманітна зовнішня пам'ять, наприклад PSRAM, NORFlash, NANDFlash тощо.

## Висока стабільність

Завдяки високоякісній конструкції сигнального ланцюга нова серія відповідає вимогам точності АЦП у повному промисловому діапазоні температур від -40 до +105 °С, досягаючи динамічної високоточної дискретизації в реальному часі, високої ефективності та низької затримки, а також забезпечують стабільність роботи за складних температурних сценаріїв.

## Високий рівень безпеки

Серія ARM32F405/415 має вбудований справжній генератор випадкових чисел і алгоритм HASH. Серія ARM32F415 підтримує стандарти шифрування AES, DES і TDES, а також RNG, SHA-224, SHA-256, MD5 та інші безпечні хеш-алгоритми для ефективного забезпечення безпеки інформації продукту. Напруга живлення коливається від 1.8 до 3.6 В. Сигнал скидання під час увімкнення (POR), сигнал скидання під час викликання (PDR) і програмований детектор напруги (PVD) підвищують надійність керування живленням мікрросхеми.

## Багаті вбудовані ресурси

Вбудований 12-розрядний прецизійний АЦП із частотою дискретизації 2.4 MSPS, що підтримує до 24 зовнішніх каналів; з двома 12-бітними вихідними каналами ЦАП, кожен з декількох тригерами для запуску перетворення. Крім підтримки full-speed та high-speed USB, додано нову інтегровану PHY high-speed OTG HS2, щоб допомогти користувачам зоощадити на розробці апаратного забезпечення. Вбудований RTC підтримує календарний годинник і два програмовних переривання будильника для автоматичного пробудження в режимі низького енергоспоживання; до 114 входів/виходів, які можна відобразити на зовнішні вектори переривань.

## Низьке енергоспоживання

Три режими низького енергоспоживання: сплячий режим, зупинка та режим очікування мінімізують споживання енергії та підвищують ефективність, тому користувачі можуть вибирати відповідно до фактичних вимог застосувань, щоб максимально задовольнити потреби сценаріїв низького енергоспоживання.

**Додаткову інформацію щодо продукції компанії Geehy Semiconductor можна отримати у офіційного постачальника в Україні — компанії «Eurocom Components»:**

тел./факс: (044) 33-44-575,  
e-mail: info@eurocom-c.com,  
www.eurocom-c.com

CN

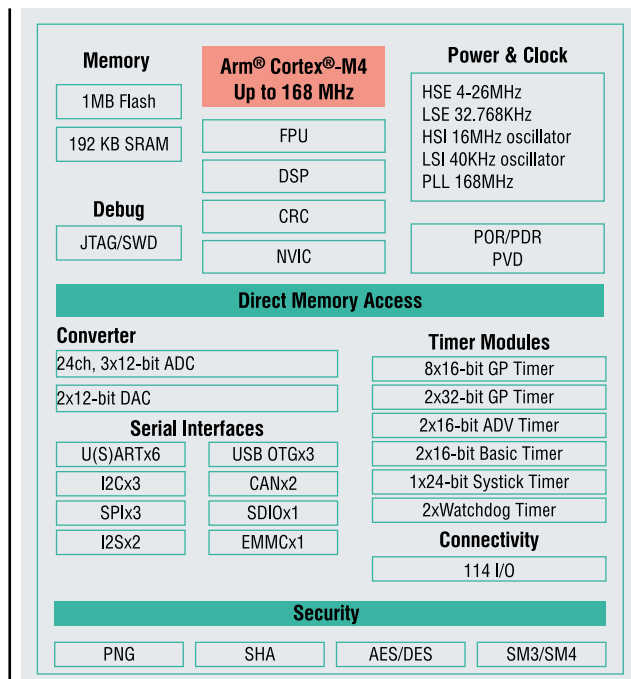


Рис. 1. Мікроконтролери ARM32F415



044 33 44 575  
info@eurocom-c.com  
www.eurocom-c.com



**ПОЄДНУЄМО ВАШІ ІДЕЇ  
З НОВІТНІМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ**

# Переваги використання мікроконтролерів RA2A1 у вимірювальних системах

**Вимірювальні системи в таких сферах застосування як автоматизація будівель, охорона здоров'я та промисловість відіграють важливу роль у зборі даних із датчиків, забезпеченні ефективності експлуатації та надійності обладнання, підтвердженні його безпечної роботи. У цій статті розглядається будова мікроконтролерів RA2A1, оснащених аналоговою схемою вхідного каскаду, що гнучко налаштовується. Ці МК сприяють зменшенню кількості монтажних вузлів, полегшенню проєктування та скороченню часу виходу нового виробу на ринок.**

## ВСТУП

Датчики, наприклад тиску, ваги, температури, відстані та біодатчики, зазвичай застосовуються в медичних пристроях, промислових системах та системах автоматизації будівель. Оскільки вихідні сигнали більшості датчиків є чутливими до заводських слабкими аналоговими сигналами, для збору даних з високою точністю необхідно надійно реєструвати, підсилити ці сигнали і перетворити їх у високоточний цифровий вигляд, що вимагає великого досвіду та високої кваліфікації. З іншого боку, зниження навантаження на складні проєкти — це один із основних способів подолання багатьох проблем розробки.

У статті описується, як мікрокомп'ютер із вбудованими високоточними аналоговими схемами для вимірювальних систем дозволяє скоротити кількість зовнішніх вузлів та спростити проєктування за рахунок високого ступеня інтеграції та універсальності. Мікроконтролери RA2A1 оснащені багатоцільовою аналоговою функцією з високою роздільною здатністю. Керуючи аналоговими блоками комутаторів, підключеними до кількох операційних підсилювачів (ОП) мікроконтролера, можна за допомогою програмного за-

безпечення та різних схем з'єднання ОП побудувати вхідні аналогові схеми, починаючи з базових і закінчуючи складними аналоговими блоками з мінімальною кількістю зовнішніх компонентів.

## КОНФІГУРАЦІЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Як показано на рисунку 1, у своїй базовій конфігурації вимірювальна система складається з трьох блоків: датчиків, формування та обробки сигналів. Блок датчика перетворює фізичні характеристики датчика (наприклад, силу дії на нього) в електричні сигнали (напруга, струм, ємність тощо). Блок формування сигналу перетворює зміну слабого сигналу на рівень напруги, придатний для обробки наступним блоком. Блок обробки перетворює аналогові сигнали на цифрові. Їх аналіз дозволяє вирішувати певні завдання та виконувати різні операції.

Блок формування сигналу є дуже важливим елементом, що визначає переваги чи недоліки вимірювальної системи. Оскільки через невисокий рівень вихідні сигнали датчиків дуже чутливі і сприйнятливі до заводських, на етапі регулювання потрібна ретельна обробка

сигналу. Завади деяких типів формує мікроконтролер, або вони обумовлені зовнішніми наведеннями, що спотворює вихідний сигнал датчика.

Електронні вузли, що застосовуються в блоці формування сигналу, повинні ретельно відбиратися, оскільки їх електричні характеристики можуть вплинути на якість формування сигналу. Ми коротко опишемо схему формування сигналу та вплив найважливіших електричних характеристик електронних компонентів, які зазвичай використовуються в подібних схемах.

Блок обробки сигналів є перетворювач, який зазвичай складається з АЦП і схеми лінеаризації. Точність і роздільна здатність АЦП особливо важливі, оскільки вони можуть вплинути на експлуатаційні якості всієї вимірювальної системи. Роздільна здатність визначається як різниця (похибка) між фактичним та вимірним значеннями. Занадто велика похибка може призвести до неправильної роботи або помилкової реакції усієї вимірювальної системи. Ми зупинимося на найпоширеніших елементах обробки сигналів та їх електричних характеристиках.

Оскільки МК RA2A1 оснащений високоефективною аналоговою функцією, яка дозволяє конфігурувати адаптовану і просту у використанні аналогову схему, блок формування сигналу та блок обробки сигналу можуть бути виконані в одному кристалі.

## ФОРМУВАННЯ СИГНАЛУ

Як правило, вихідний сигнал датчика слабкий, тому перед цифровою обробкою його необхідно відрегулювати. На рисунку 2 показані найпоширеніші схеми формування сигналів — посилення, фільтрації та імпедансного зв'язку.

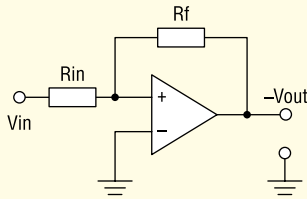
Зазвичай в аналогових модулях мікроконтролерів було дуже важко досягти високої якості формування аналогових сигналів і поєднати високу чутливість, мале зміщення вхідного сигналу, роботу в усьому діапазоні напруги живлення і низьку спектральну густину шуму. В результаті схема формування сигналу реа-



Рис. 1. Базова конфігурація вимірювальної системи

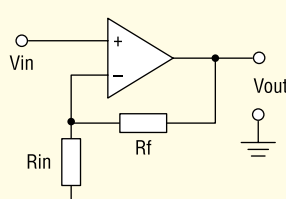
## Підсилення

Інвертуючий ОП



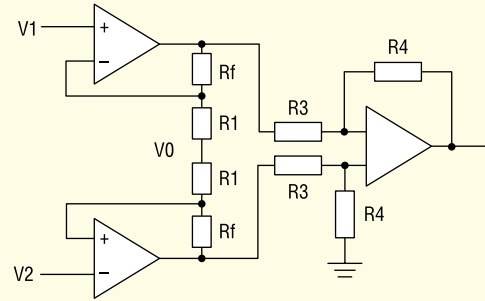
$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_{in}}$$

Неінвертуючий ОП



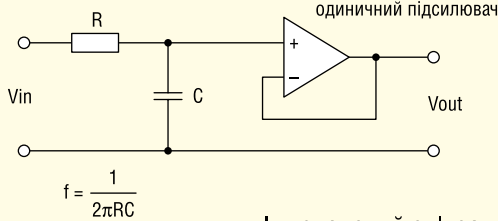
$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_f}{R_{in}}$$

Вимірювальний підсилювач



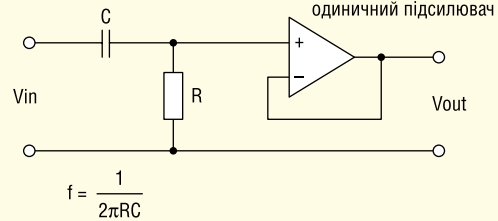
## Фільтри

Фільтр нижніх частот



$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

Фільтр високих частот



$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

## Імпедансний зв'язок

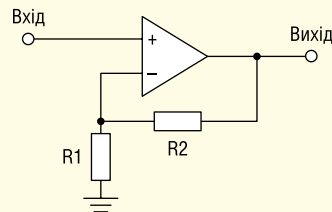


Рис. 2. Базова конфігурація вимірювальної системи

лізувалась з використанням зовнішніх дискретних вузлів (операційних підсилювачів). Однак досягнення в галузі технологій та проектування дозволяють вбудовувати в мікроконтролер ці схеми дуже високої якості та надійності.

Мікроконтролер RA2A1 містить три вбудовані ОП. Вхідні та вихідні сигнали кожного з них надходять в аналоговий блок комутаторів та перемикаються програмним способом, що дозволяє легко налаштувати схеми формування сигналу з мінімальним числом зовнішніх вузлів. На рисунку 3 показана конфігурація кожного операційного підсилювача та блоку аналогового комутатора.

Функції та режими роботи вбудованих ОП RA2A1 (AMP0~AMP2) дозволяють створювати широкий ряд аналогових схем вхідного каскаду. Крім того, внутрішні з'єднання, що містять аналогові комутатори, усувають необхідність у провідних з'єднаннях для зовнішніх вузлів та у складному розведенні друкованих плат.

- З трьох операційних підсилювачів AMP0 та AMP1 можуть використовуватись як входи для малопо-

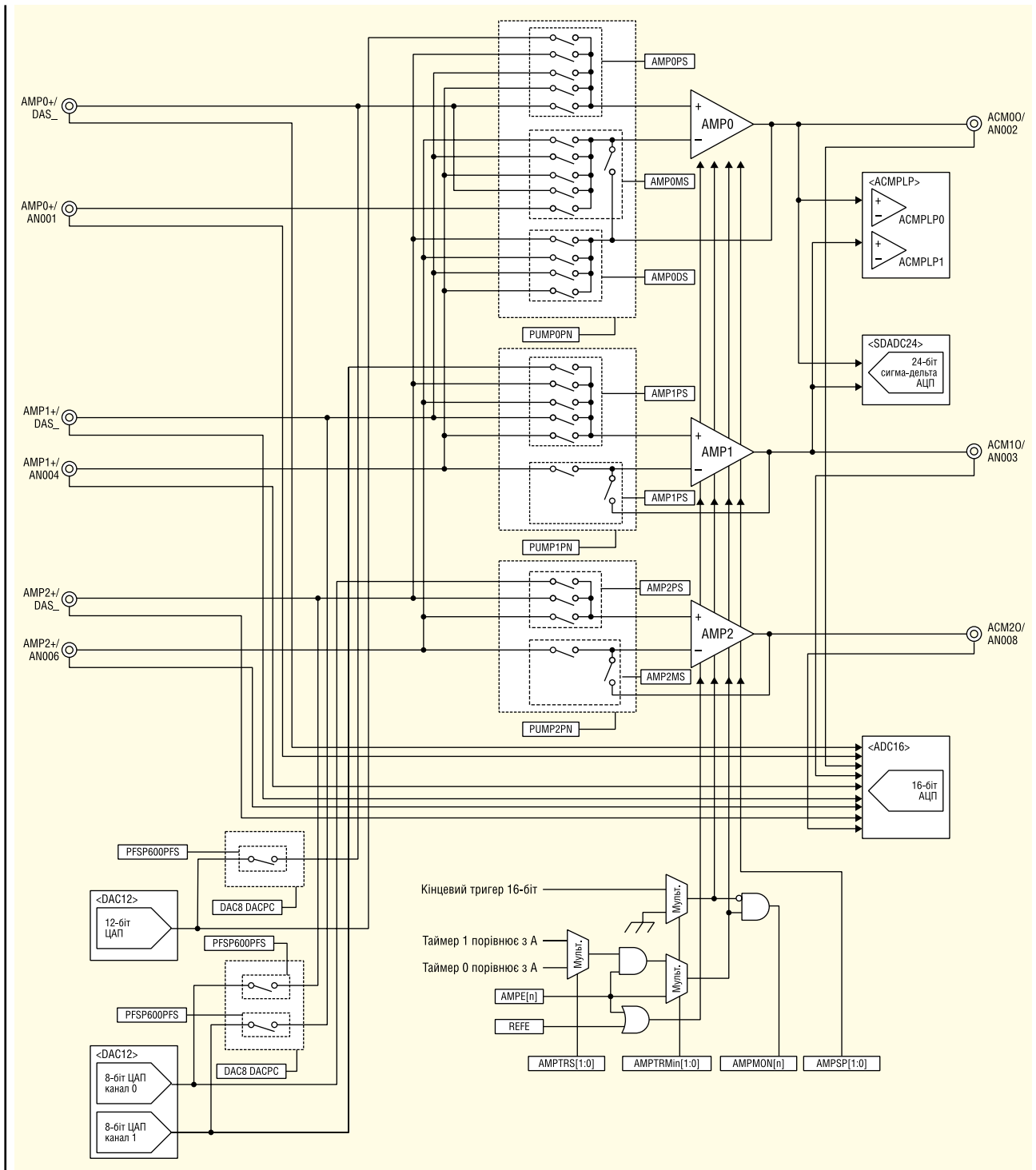
тужних аналогових компараторів (ACMPLP) та 24-біт перетворювачів сигма-дельта АЦП (SDADC24).

- Є такі режими роботи: з високою швидкістю (велике споживання струму); із середньою швидкістю (середнє споживання струму) та режим малої потужності (мала швидкість). Виходячи з умов експлуатації, вибирається такий режим, який забезпечує компроміс між швидкістю відгуку та споживанням струму.
- Операцію можна розпочати, запустивши багатофункціональний асинхронний таймер (AGT).
- Операцію можна зупинити сигналом про закінчення перетворення 16-біт АЦП.
- Подача вхідного сигналу на ОП перемикається комутатором. Крім того, вихідний сигнал AMP0 також можна подавати на вхід інших ОП.
- Вихідний сигнал операційного підсилювача AMP0~AMP2 може надходити з виводу контакту AMP0O на контакт AMP2O, минаючи перемикач.
- 8 сигнальних виходів 8-біт ЦАП (DAC8) і 12-біт ЦАП (DAC12) можна

використовувати як позитивні вхідні сигнали для відповідних ОП.

- Виводи всіх ОП можуть використовуватись для подачі вхідних сигналів на 16-біт АЦП (ADC16).
- Схему повторювача напруги можна конфігурувати шляхом зворотного зв'язку вхідного сигналу кожного ОП як власний негативний вхідний сигнал. На рисунку 4 показано загальну схему формування сигналу. Ці схеми легко регулюються за допомогою програмного забезпечення шляхом налаштування аналогових блоків комутації МК RA2A1.

Інші конфігурації підсилювачів, наприклад вимірювальні підсилювачі та буферні цифро-аналогові підсилювачі, легко реалізуються за допомогою регульованих параметрів аналогового блоку комутації. Оскільки його можна регулювати та налаштувати програмним способом, деякі конфігурації підсилювачів також реалізуються під час роботи мікроконтролера. ОП RA2A1 не тільки дозволяють гнучко налаштувати конфігурацію підсилювачів, а й здійснювати необхідну корекцію.



**Рис. 3. Схема формування сигналів з операційним підсилювачем RA2A1**

**ОБРОБКА СИГНАЛІВ**

Однією з основних функцій блоку обробки сигналів є перетворення зовнішніх аналогових сигналів на цифрові за допомогою АЦП, які обробляються мікроконтролером.

Відомі АЦП різних типів: наприклад, АЦП послідовного наближення (SAR) та сигма-дельта перетворювачі. Як правило, тип АЦП вибирається в залежності від потреб програми. Кожен тип має однакову основну функцію і перетворює сигнал вхідної напруги у відповідну кількість бітів. На рисунку 5

пояснюється основний принцип роботи АЦП послідовного наближення та сигма-дельта АЦП.

**АЦП ПОСЛІДОВОГО НАБЛИЖЕННЯ**

Технологія аналого-цифрового перетворення з послідовним наближенням широко застосовується у разі 10 або 12-біт АЦП, вбудованих у стандартні мікроконтролери. АЦП послідовного наближення з N-біт роздільною здатні-



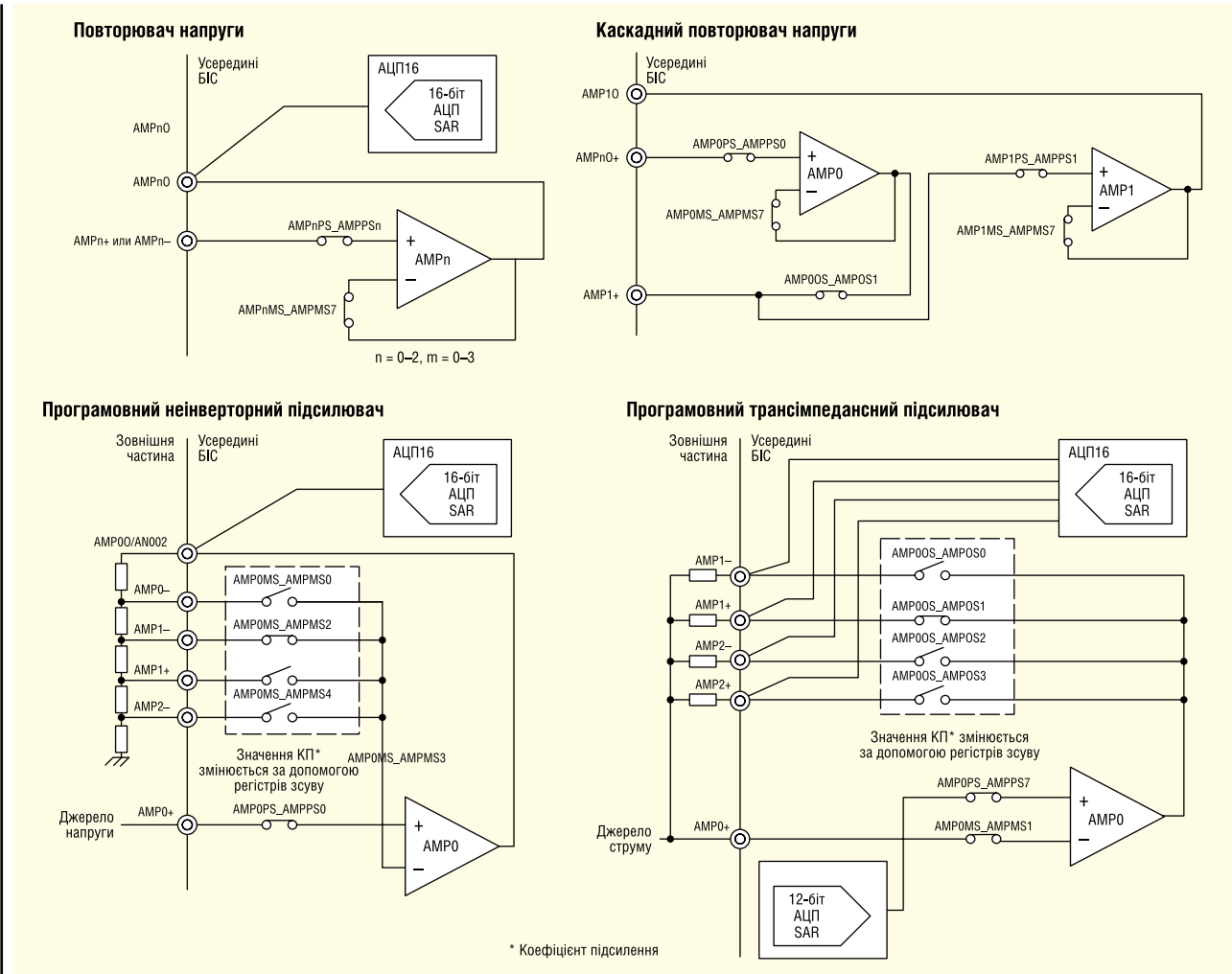


Рис. 4. Реалізація схеми формування сигналів з допомогою виводу ОП RA2A1

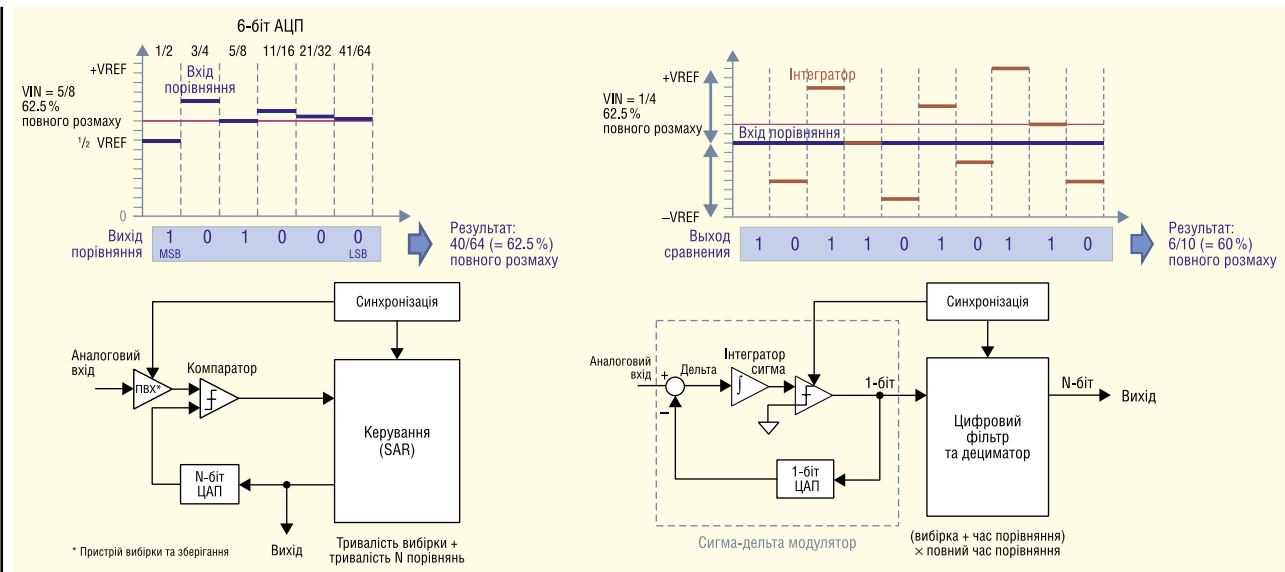
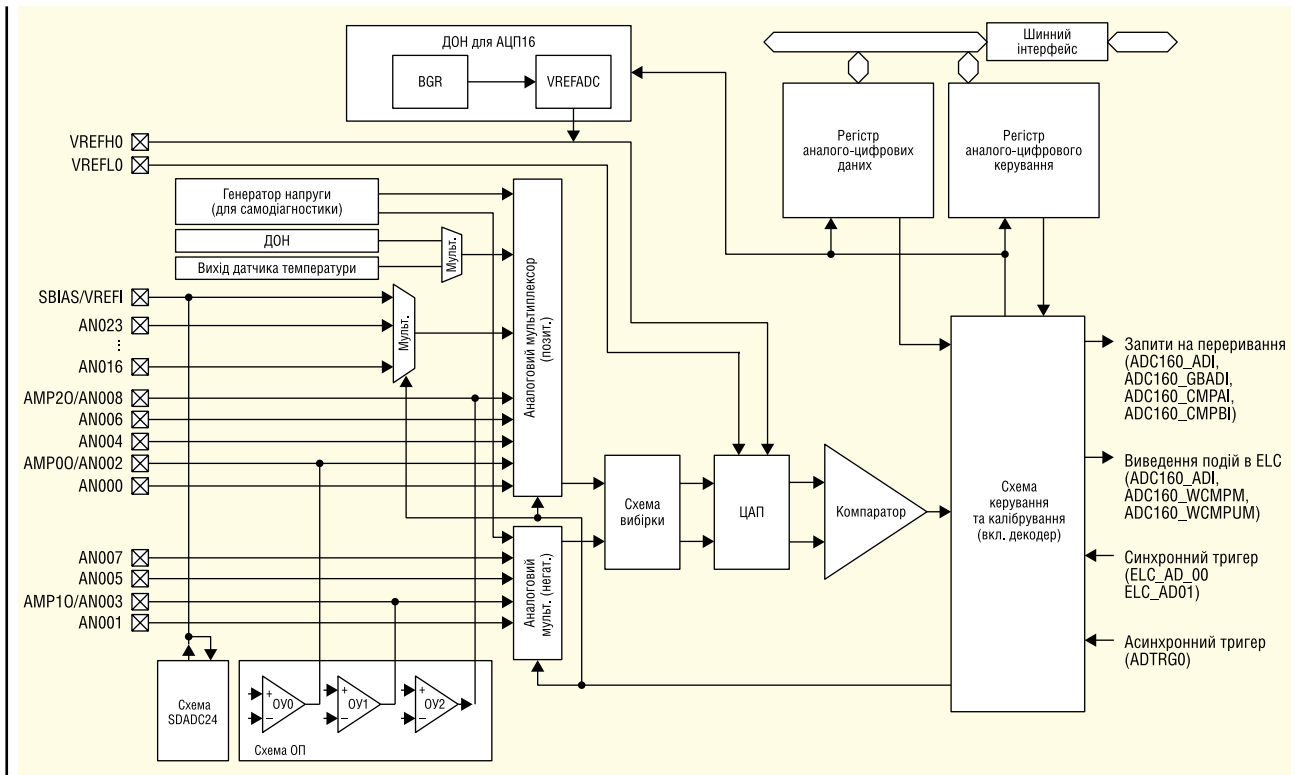


Рис. 5. Основні принципи роботи АЦП послідовного наближення та сигма-дельта АЦП

стю містить N-біт ЦАП, який порівнює аналоговий вхідний сигнал з вихідним сигналом ЦАП, починаючи з половини рівня аналогової опорної напруги до

тих пір, поки не буде досягнутий най-молодший розряд. Як правило, загальний час перетворення розраховується шляхом додавання часу вибірки до по-

рівняння. Порядок цього часу зазвичай становить кілька мікросекунд. Перевага такого перетворення в тому, що воно швидше, ніж описано нижче за допомо-



**Рис. 6. Структурна схема 16-біт АЦП послідовного наближення RA2A1**

Таблиця 1*. Основні характеристики АЦП послідовного наближення RA2A1		
Назва	Еталонне значення	Од. вимір.
Роздільна здатність	16	біт
Інтегральна помилка нелінійності	±4	найменший значущий біт (LSB)
Диференційна помилка нелінійності	-1...2	найменший значущий біт
Ефективне число двійкових розрядів	13.2	біт
Час перетворення	0.82	мкс (на канал)

\* Уточнені дані див. у посібнику користувача.

гою сигма-дельта АЦП. З іншого боку, непросто забезпечити аналого-цифрове перетворення послідовного наближення з високою роздільною здатністю, оскільки роздільна здатність АЦП SAR обмежена роздільною здатністю ЦАП.

### СИГМА-ДЕЛЬТА АЦП

Сигма-дельта АЦП спочатку захоплює аналоговий вхідний сигнал, використовує інтегратор для утримання аналогової вхідної напруги, а потім порівнює його з опорною напругою. Якщо напруга на виході інтегратора нижче опорної, сигнал на виході компаратора відповідає 0, приймається результуючий сигнал, і 1-розрядний ЦАП виводить негативну складову опорної напруги. По ланцюгу зворотного зв'язку вона надходить назад на аналоговий вхід, де відбувається віднімання. Потім цей аналоговий вхідний сигнал додається до попереднього значення напруги, що зберігається в інтеграторі, і знову порівнюється з опорним. Якщо рівень аналогової напруги вищий за опорний, сигнал на виході компаратора відповідає 1, а 1-біт ЦАП виводить позитивну складову опорної напруги. Потім по ланцюгу зворотного зв'язку вона знову надходить на аналоговий вхід, де відбувається віднімання.

При такому перетворенні використовується лише 1-біт ЦАП для забезпечення роздільної здатності та хорошої лінійності. З іншого боку, для цього перетворення зазвичай потрібно більше часу, ніж для аналого-цифрового перетворення послідовного наближення, оскільки для забезпечення високої роздільної здатності і малого шуму необхідно більше вибірок або передискретизація.

### 16-БІТ АЦП ПОСЛІДОВОГО НАБЛИЖЕННЯ RA2A1

RA2A1 містить 16-біт АЦП послідовного наближення (ADC16). На рисунку 6 наведено структурну схему ADC16, а в таблиці 1 — основні технічні характеристики.

У складі блоку АЦП16 — до 17 несиметричних входів чи до 4 диференціальних входів. Мікроконтролер здатний генерувати опорну напругу. Величину цієї напруги можна вибрати рівною 1.5; 2 і 2.5 В. Опорні напруги в мікроконтролері вибираються в широкому діапазоні значень, завдяки чому виключається необхідність зовнішньої схеми формування цієї напруги. До складу RA2A1 також входить ОП, який з'єднується з аналоговими комутаторами, дозволяючи налаштувати гнучку схему формування сигналів усередині МК. Завдяки цьому виключається необхідність використання зовнішньої електропроводки, яка може порушити цілісність сигналу. Крім того, скорочується кількість зовнішніх вузлів та спрощується топологія друкованих плат.

### 24-БІТ СИГМА-ДЕЛЬТА АЦП RA2A1

RA2A1 містить до 10 несиметричних входів або 24-біт сигма-дельта АЦП, що підтримує до 5 диференціальних входів. Величину внутрішньої опорної напруги можна вибрати в ін-

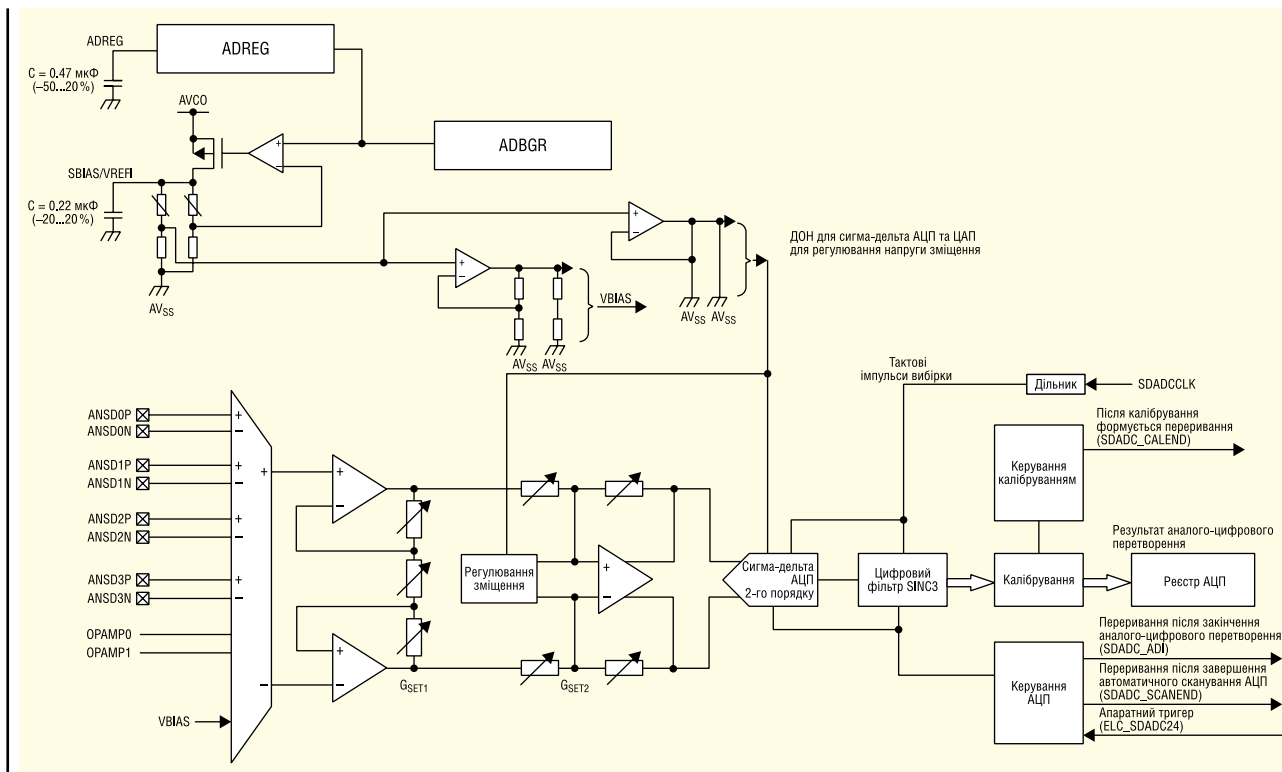


Рис. 7. Структурна схема 24-біт сигма-дельта АЦП у мікроконтролері RA2A1

Таблиця 2*. Основні характеристики сигма-дельта АЦП RA2A1		
Назва	Еталонне значення	Од. вимір.
Роздільна здатність	24	біт
Частота дискретизації	1 (норм. режим)	МГц
Швидкість передачі вихідних даних	0.48828–15.625	Квиб/с
Похибка підсилення	-0.5...0.5	%
Дрейф підсилення	6	ppm/°C
Похибка зміщення	-1...1	мВ
Відхід напруги зміщення	2	мкК/°C

\* Уточнені дані див. у посібнику користувача.

тервалі 0.8–2.4 В з кроком 0.2 В, що забезпечує пристосованість до різних умов експлуатації. Крім того, тактові імпульси АЦП генеруються периферійним джерелом мікроконтролера, завдяки чому зникає потреба у зовнішньому тактовому генераторі та знижуються витрати при одночасному підвищенні надійності системи. Як правило, інтегральній схемі дискретного сигма-дельта АЦП потрібна зовнішня високочастотна схема опорної напруги та зовнішній тактовий генератор. Ці зовнішні вузли ускладнюють схеми та збільшують витрати на її проектування, однак до складу МК RA2A1 входять ДОН (джерело опорної напруги) та джерела тактових імпульсів, що спрощує конструкцію схеми та знижує витрати.

Виробам з обмеженим енергопостачанням, наприклад, пристроям з живленням від батарейок, необхідна мала споживана потужність. Вбудований в мікроконтролер RA2A1 сигма-дельта АЦП може працювати і в режимі малої потужності перетворення, використовуючи опорні тактові імпульси з частотою проходження в діапазоні 125–500 кГц. Оскільки живлення тактового генератора може здійснюватися за допомогою дільника в мікроконтролері, немає необхідності подавати на його вхід зовнішні тактові низькочастотні імпульси, завдяки чому забезпечується більш гнучка і компактна конструкція схеми.

На рисунку 7 показана структурна схема сигма-дельта АЦП RA2A1, а в таблиці 2 наводяться основні технічні характеристики.

Крім розглянутих вище аналогових функцій, мікроконтролери RA2A1 також містять комунікаційні інтерфейси, наприклад USB і CAN, та оснащені такими периферійними засобами, як, наприклад, функція забезпечення безпеки та високочутливі сенсорні датчики з високою стійкістю до завад. Комбінуючи ці функції з аналоговими, можна підвищити безпеку програми, додавши, наприклад, вимірювальні IoT-пристрої, можливість оновлення вбудованого програмного забезпечення, інтуїтивно зрозумілий людино-машинний інтерфейс для побудови системи вимірювань із високою доданою вартістю.

## ВИСНОВКИ

Досягнення в галузі технологій виробництва та проектування дозволяють інтегрувати ті аналогові функції в мікроконтролери, які раніше можна було реалізувати лише за допомогою зовнішніх схем з окремими компонентами. Мікроконтролери RA2A1 є високоінтегрованими пристроями з вбудованими багатофункціональними прецизійними аналоговими модулями, до яких відносяться операційні підсилювачі, 16-біт АЦП послідовного наближення і 24-біт сигма-дельта АЦП. Завдяки такій інтеграції можна відмовитися від низки зовнішніх компонентів для спрощення конструкції, що підвищує ефективність розробки вимірювальних систем. Інтеграція багатофункціонального високочастотного аналогового модуля в мікроконтролер дозволяє створити абсолютно нове рішення, що поєднує в собі аналогові та цифрові пристрої, що динамічно керуються користувачем.

За матеріалами компанії Renesas

СН

# Зменшення впливу радіочастотних заваг для покращення продуктивності GNSS

Бернд Гайдтманн (Bernd Heidtmann), u-blox

Приймачі GNSS знаходять своє застосування в постійно зростаючому різноманітті пристроїв, від підключених пристроїв, що носяться, будинків і транспортних засобів до засобів відстеження людей, транспортних засобів і трекерів (датчиків) руху. Часто вони тісно пов'язані зі стільниковими модемами і модемами ближньої дії, які через бездротовий зв'язок передають дані про місцезнаходження, що отримані за допомогою приймача глобальної навігаційної супутникової системи (Global Navigation Satellite Systems, GNSS), в хмару для обробки, зберігання і візуалізації. Такі конструкції складні для приймачів GNSS, продуктивність яких може погіршитися через радіочастотні сигнали, що випромінюються бездротовим модемом під час передачі. У цій статті ми представимо стратегії зменшення впливу радіочастотних завад з метою підвищення продуктивності GNSS.

## НАЙВАЖЛИВІША РОЛЬ GNSS У ВІДСТЕЖЕННІ ТА ТЕЛЕМАТИЦІ

Оскільки приймачі GNSS для визначення свого розташування залежать від надзвичайно слабких супутникових сигналів, вони потенційно схильні до завад від найближчих радіочастотних (РЧ) передавачів. Радіочастотні завади можуть знизити чутливість та точність приймачів GNSS, що може призвести до перебоїв у роботі та безпосередньо вплинути на вимоги до їх живлення, що є життєво важливим фактором для пристроїв із батарейним живленням.

Зменшення впливу радіочастотних завад особливо важливе для відстеження транспортних засобів і телематики — так як це одна з галузей, яка сильно трансформувалась завдяки повсюдному впровадженню технології Інтернету речей. Завдяки бездротовому обміну

даними по стільникових мережах дані щодо транспортних засобів можуть бути передані безпосередньо в хмару і бути доступними операторам автопарку практично в режимі реального часу. Це дає менеджерам автопарку безліч переваг для оптимізації їх операцій (рис. 1).

Радіочастотні завади, викликані близькістю антен GNSS та стільникового зв'язку, а також обмежена свобода вибору оптимального розміщення антен, створюють серйозні проблеми для програм, що потребують надійної та енергоефективної роботи GNSS. У цій статті ми представимо стратегії, що використовуються приймачами u-blox GNSS для послаблення впливу радіочастотних завад для підвищення продуктивності GNSS, а також загальні стратегії проектування, які розробники пристроїв можуть використовувати для оптимізації своїх продуктів.

## ЗАГАЛЬНІ ЗАГРОЗИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТОЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ЧАС ТА МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ

На точність положення приймача GNSS може впливати багато факторів (рис. 2). Деякі з них викликані затримками поширення сигналів GNSS від орбітальних супутників до приймача. Інші викликані якістю сигналів, що надсилаються супутниками. Інші, як і раніше, зводяться до того, як саме реалізовані рішення щодо позиціонування.

Найпоширенішим джерелом затримки сигналу GNSS є несприятливі метеорологічні умови в іоносфері та тропосфері.

Ближче до землі ефекти багатопроменевого поширення стають більш відчутними, оскільки супутникові сигнали відбиваються від твердих структур, таких як скелі та будівлі.

Неправильний вибір супутників може становити додаткову загрозу для GNSS, оскільки не всі супутникові системи, і не всі супутники в кожній системі забезпечують однаковий рівень якості сигналу в будь-якому місці.

Доступність супутника безпосередньо залежить від кількості систем GNSS, які може відстежувати приймач. А продуктивність приймача GNSS може додатково залежати від якості алгоритмів вибору супутників, які він використовує.

Погана конструкція та розміщення антени є ще однією поширеною причиною поганого позиціонування. Антени повинні бути точно налаштовані на частоту, які відстежуються приймачем GNSS, що залишається особливо складним для багатодіапазонних приймачів GNSS. Розташування антени впливає на її діаграму спрямованості, тобто на кутову залежність потужності вхідних сигналів. За умови слабого сигналу антени з неоднорідною діаграмою спрямованості, спричиненою, наприклад, розташованими поблизу металевих

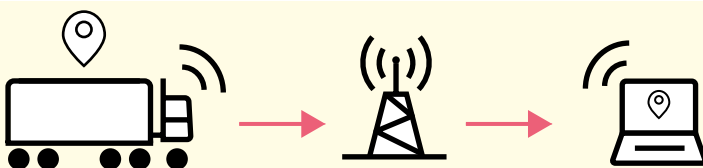
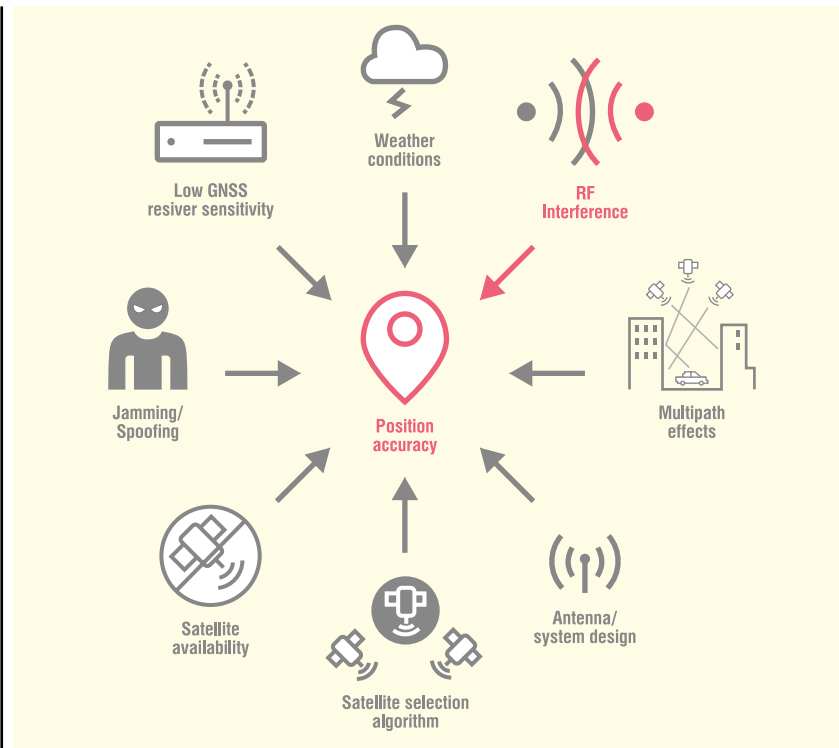


Рис. 1. Інтернет речей змінює управління автопарком, відстеження транспортних засобів та телематику



**Рис. 2.** Радіочастотні завади є одним із багатьох факторів, що впливають на роботу приймачів GNSS

вими частинами, можуть взагалі втратити приймання сигналу GNSS.

Подібним чином низька чутливість приймача GNSS означає, що приймачі мають менший запас для роботи з низьким рівнем сигналу, викликаним поганою погодою або поганими антенами.

Джамінг (jamming) та спуфінг (spoofing) — це два підходи, які використовуються для навмисного переривання приймача GNSS або захоплення його роботи. Хоча технічно вони також є формою радіочастотних завад, вони не розглядаються в цій статті.

І, нарешті, ненавмисні радіочастотні завади можуть обмежити роботу приймача GNSS, погіршивши якість сигналу, погіршуючи якість отриманого сигналу.

## ЯК РАДІОЧАСТОТНІ ЗАВАДИ ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ GNSS

Основними винуватцями ненавмисних радіочастотних завад є комбіновані радіочастотні приймачі, такі як стільникові модеми, що використовуються в поєднанні з приймачами GNSS у рішеннях для відстеження та телематики. Тим не менш, будь-які радіочастотні приймачі, що знаходяться поруч та передають у діапазонах частот, близьких до тих, що використовуються

спутниками GNSS, можуть погіршити характеристики позиціонування приймача GNSS. Існує дві категорії радіочастотних завад: внутрішньосмугові завади, спектр яких перекривається чи співпадає зі спектром сигналів GNSS, що ускладнює, а то й унеможливає придушення самих завад, а також позасмугові завади, спектри яких не перекриваються спектром сигналів GNSS.

Радіочастотні завади впливають на продуктивність GNSS кількома способами (рис. 3). Погіршуючи якість сигналів GNSS, радіочастотні завади подовжують час отримання сигналу, змушуючи приймачі GNSS витратити більше часу на встановлення позиції. У деяких випадках неможливість отримати фіксовану позицію протягом зазначеного часу може підірвати економічні аргументи для рішень на основі GNSS. Наприклад, додатки — «плати, коли їдеш», схеми ціноутворення яких залежать від пересування на дорогах, і які покладаються на відстеження GNSS для моніторингу споживання, залежать від даних, зібраних приймачем для визначення ціни. У таких типах рішень затримки в придбанні (оплаті) безпосередньо призводять до втрати прибутку.

Подовження фази отримання сигналу негативно впливає на енергоспоживання. Оскільки захоплення сигналу споживає значно більше енергії, ніж

## НОВИЙ АВТОМОБІЛЬНИЙ БАГАТОДІАПАЗОННИЙ GNSS-МОДУЛЬ

Компанія **u-blox**, яка є глобальним постачальником провідних технологій і послуг в області позиціонування і бездротового зв'язку, наразі оголосила про випуск ZED-F9K-01A, нового високоточного GNSS-модуля з вбудованим передовим обладнанням, програмним забезпеченням і IMU (Inertial Measurement Unit) останнього покоління для забезпечення передового, автономного рішення для позиціонування.

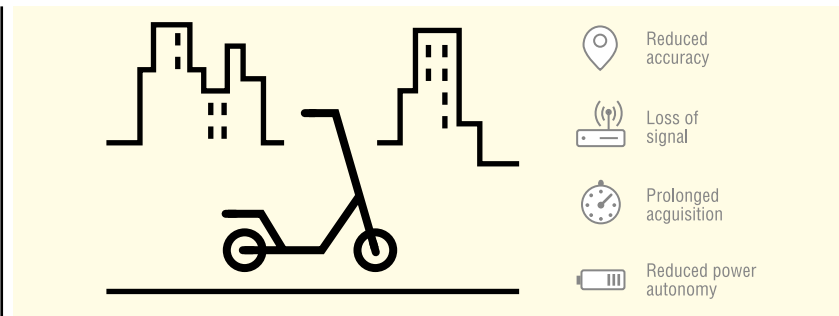
Модуль підтримує діапазони L1/L2/E5B та L1/L5 для забезпечення максимальної гнучкості, доступності супутників та безпеки. Він поєднує в собі багатодіапазонну та багатосупутникову технологію глобальної навігаційної супутникової системи (GNSS) з високоточною кінематичною системою RTK (кінематикою в реальному часі), що забезпечує точність на рівні дециметрів.

u-blox ZED-F9K-01A підтримує послугу доповнення GNSS u-blox PointPerfect. Він забезпечує паралельну передачу декількох виходів GNSS і IMU для підтримки всіх можливих архітектур, включаючи рішення з об'єднаними датчиками 50 Гц з дуже низькою затримкою. Це дозволяє використовувати передові додатки в реальному часі, а оптимізована багатодіапазонна і багатосупутникова можливість максимізує кількість видимих супутників навіть в міських умовах.

ZED-F9K-01A має надійний вихідний рівень захисту і розширені функції безпеки, включаючи захист від спуфінгу і глушіння. Робота за температури до 105 °C дає можливість інтегрувати виріб в будь-яке місце автомобіля без обмежень по дизайну.

«u-blox ZED-F9K-01A в першу чергу націлений на додатки ADAS, прокладаючи шлях до повної автономії автомобіля. Будучи повністю інтегрованим рішенням, яке використовує новітні технології u-blox R&D для автомобілебудування, воно допомагає виробникам значно скоротити зусилля по розробці і час виходу на ринок», — підкреслює Мартін Валлебор (Martin Wallebohr), старший менеджер з продуктів автомобільних GNSS в u-blox.

[www.u-blox.com](http://www.u-blox.com)



**Рис. 3. Як радіочастотні завади впливають на продуктивність GNSS у реальних сценаріях**

відстеження після встановлення місця розташування, радіочастотні завади можуть призвести до стрибка споживання електроенергії, що зрештою скорочує автономність живлення рішень з живленням від батареї. Тому послаблення впливу радіочастотних завад є особливо актуальним у застосуваннях з обмеженим енергоспоживанням, таких як засоби відстеження руху, які не можна підключити до зовнішнього джерела живлення.

У деяких випадках радіочастотні завади можуть спричинити втрату сигналів GNSS. Хоча сучасні приймачі GNSS одночасно відстежують багато супутників із кількох систем GNSS, тимчасова втрата деяких відстежуваних сигналів може призвести до зниження точності позиціонування. У гіршому випадку на-

слідком може бути повна втрата місця розташування. Наслідки такі ж, як описано вище, включаючи перерву в обслуговуванні та підвищене енергоспоживання, приймач GNSS знову отримує втрачені сигнали та встановлює нове визначення положення.

### СТРАТЕГІЇ ПОСЛАБЛЕННЯ ВПЛИВУ РАДІОЧАСТОТНИХ ЗАВАД

Радіочастотні завади мають різні види. Ось чому будь-яке успішне рішення для послаблення впливу радіочастотних завад має поєднувати кілька стратегій (рис. 4). Перше, що слід розглянути, це те, чи радіочастотні завади накладаються на сигнал GNSS, оскільки послаблен-

ня впливу внутрішньосмугових і позасмугових завад потребує окремих підходів.

Завади за межами діапазону можуть потрапити в частотний спектр, на який налаштовано приймач GNSS. Як наслідок, їх вплив можна послабити за допомогою смугових фільтрів, призначених для мінімізації амплітуди сигналів за межами потрібної смуги частот.

Придушити внутрішньосмугові завади набагато складніше, оскільки будь-які маніпуляції з радіочастотними сигналами в смузі частот спектра впливатимуть не лише на радіочастотні сигнали, що заважають, але й на потрібні. Наприклад, одним із способів придушення завад, що мають місце в стільниковому мобільному зв'язку, є чередування між прийомом GNSS і передачею стільникових даних.

Іншим підходом до зменшення внутрішньосмугових радіочастотних завад є використання програмного фільтра. Цей метод є найбільш перспективним, коли радіочастотна завада є імпульсним сигналом, що надходить, наприклад, від тактового генератора або перетворювача DC/DC.

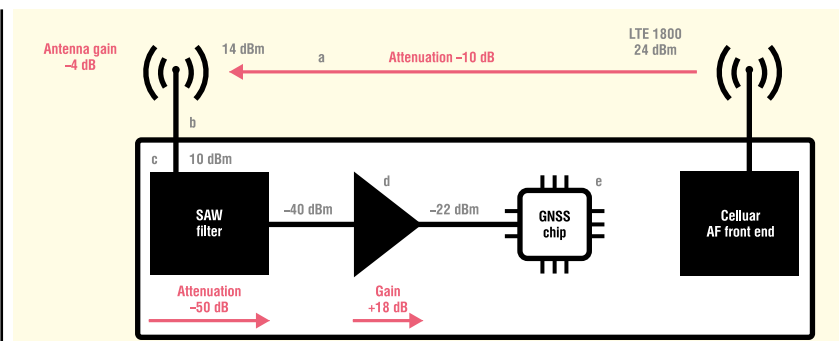
### СПЕЦИФІЧНИЙ ВПЛИВ ЧАСТОТНИХ ДІАПАЗОНІВ LTE 1800/1900 МГЦ

Пристрої, які поєднують приймач GNSS і стільниковий модем, особливо схильні до радіочастотних завад через близькість верхнього діапазону L (1559–1610 МГц) до діапазонів частот 1800/1900 МГц, які є найбільш використовуваними діапазонами для мереж стільникового зв'язку. Проблема ускладнюється нещодавно представленим діапазоном LTE700, який створює внутрішньосмугові завади поблизу діапазону GNSS — 1574 МГц.

Ефективність ослаблення позасмугових завад залежить від характеристик використовуваного SAW-фільтра. На рисунку 5 порівнюється здатність двох приймачів GNSS послаблювати завади за межами діапазону. Крутий нахил червоної кривої потужності завад досягається завдяки використанню високоякісного SAW-фільтра.

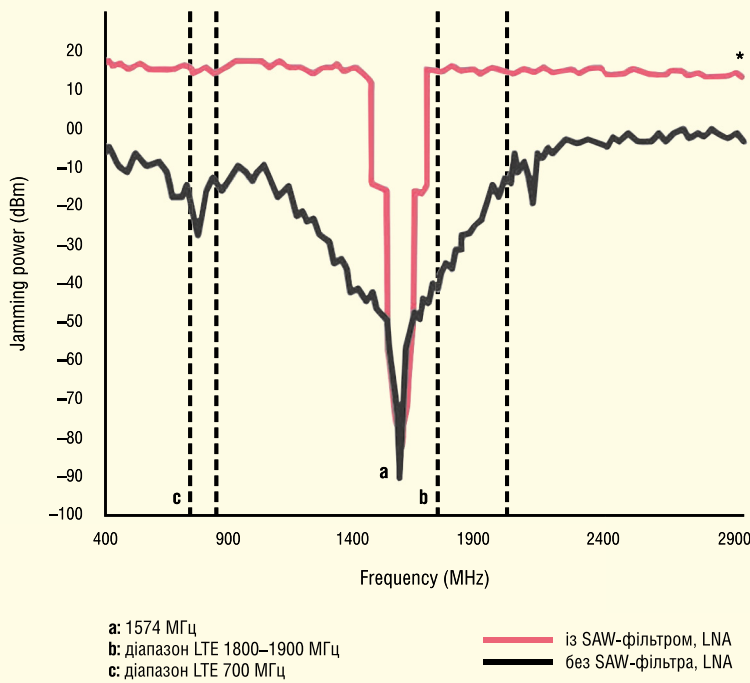
### НАЙКРАЩІ ПРАКТИКИ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ РАДІОЧАСТОТНИХ ЗАВАД НА РОБОТУ ПРИЙМАЧА GNSS

На закінчення слід зазначити, що вплив радіочастотних завад на ро-



- a:** Розділення антен для прийому сигналу GNSS і бездротової передачі даних усуває першопричину радіочастотних завад, що надходять через радіочастотний тракт, оскільки потужність радіочастотного сигналу значно слабшає в повітрі.
- b:** Вузкосмугові антени утворюють першу лінію захисту від радіочастотних завад уздовж радіочастотного тракту. Вибіркове налаштування антен на смуги частот, які вони відстежують, є ключовим для фільтрації будь-яких небажаних шумів і сигналів завад.
- c:** Смугові фільтри, такі як фільтри поверхневих акустичних хвиль (SAW), можна застосувати для придушення позасмугових завад, які сприймає антена.
- d:** Малошумні підсилювачі (LNA) нарешті підсилюють отриманий сигнал із мінімальним додатковим шумом, збільшуючи чутливість приймача GNSS. Оскільки LNA може бути перенасиченим сильними вхідними сигналами, що призводить до порушення нормальної роботи приймача GNSS, радіочастотний тракт перед LNA є критичним для оптимальної роботи приймача GNSS.
- e:** Програмні фільтри в мікропрограмі приймача GNSS видаляють небажані внутрішньосмугові сигнали на основі попередньої інформації. Ефективне налаштування програмного фільтра вимагає глибокого розуміння радіочастотних завад, яким піддається пристрій.

**Рис. 4. Стратегії послаблення впливу ненавмисних радіочастотних завад на приймачі GNSS на прикладі стільникової передачі 24 дБм на частоті 1800 МГц. Величини, виділені червоним кольором, ілюструють можливе посилення та ослаблення на шляху радіочастотного сигналу**



\* Вимірювання максимальної потужності завад обмежено тестовим стендом.

**Рис. 5. Максимальний рівень потужності, який можна застосувати на кожній частоті без впливу на продуктивність приймача GNSS**

боту приймача GNSS можна значно зменшити, дотримуючись наступних рекомендацій:

- Збільште відстань між антенами GNSS-приймача та бездротового передавача, щоб зменшити потужність сигналу, що передається, який приймає GNSS-антена.
- Виберіть високоселективну вузькосмугову антену GNSS, щоб запобігти проникненню позасмугових

радіочастотних завад у радіочастотний тракт.

- Розробіть свою плату з мікросхемою GNSS та з використанням SAW-фільтра для послаблення позасмугових радіочастотних завад у очікуваному діапазоні частот. В якості альтернативи використовуйте модуль GNSS із вбудованим фільтром SAW.
- Обчисліть очікувану потужність, що надходить на радіочастотний вхід



**Рис. 6. Модуль u-blox NEO-M9N**

приймача GNSS, і порівняйте з рекомендованими даними в технічному паспорті (datasheet), щоб переконатися, що потужність сигналу не перевищує цю межу.

- Перевірте джерела радіочастотних завад на платі за допомогою аналізатора спектру та змініть її конструкцію, щоб усунути їх. Вибір модулів приймача GNSS, розроблених спеціально для зменшення завад GNSS, є життєво важливим для досягнення цільових показників продуктивності та надійності.

З загальною пропозицією понад півмільярда приймачів GNSS u-blox є головним гравцем на ринку.

Модуль u-blox NEO-M9N (рис. 6) забезпечує точність на рівні метра з відмінними можливостями для придушення радіочастотних завад. Він стійкий до радіочастотних завад стільникового передавача до рівня 15 дБм.

Щоб дізнатися більше про повний асортимент приймачів GNSS і стільникових модемів u-blox, відвідайте веб-сайт за адресою: <https://www.u-blox.com/en/positioning-chips-and-modules>. **CN**

**MICRODIS**  
[www.microdis.net](http://www.microdis.net)

Мікродіс Електронікс ГмБХ —  
 офіційний дистриб'ютор  
 u-blox в Україні

**Роман Прокопець**  
 Менеджер з продажу

Microdis Electronics GmbH  
 Rheinauer Straße 1  
 68766 Hockenheim  
 Germany

M +380 67 475 81 86  
 Roman.Prokopets@microdis.net

**u-blox**

# Cincoze GM-1000 забезпечує роботу автономних роботів-кур'єрів

**Симбіоз вбудованої комп'ютерної системи Cincoze та штучного інтелекту дозволив відомій китайській компанії з електронної комерції розробити власного автономного робота-кур'єра, призначеного для підвищення ефективності доставки від дверей до дверей.**

**Компактна система GM-1000 має широкі можливості вводу/виводу та розширення, а також ідеально інтегрується в обмежений простір усередині роботів. Система також може виконувати складні обчислення та досягати рівня керування L4 завдяки графічному процесору NVIDIA® Quadro® P2000 MXM. Очікується, що в майбутньому автономні роботи працюватимуть незалежно.**

Автономні роботи-кур'єри їздять тротуарами, піднімаються і спускаються сходами, ухиляються від натовпу людей і навіть відкривають коробки, щоб покупці могли виїняти товар при доставці (рис. 1). Важко не звернути увагу на ці ультрасучасні коробки на колесах. Нещодавня пандемія COVID-19 призвела до масового зростання електронної комерції та розробки безконтактних методів доставки, покликаних вирішити проблему глобальної нестачі робочої сили. Великі логістичні компанії продовжують інвестувати значні кошти у дослідження та розробку автономних роботів-кур'єрів, прискорюючи створення «розумної» системи доставки. В основі технології автономних роботів лежать самокеровані автомобілі, що працюють, користуючись інформацією, зібраною в режимі реального часу датчиками та інтелектуальними алгоритмами штучного інтелекту (ШІ). Крім того, технологія машинного навчання дозволяє цим інтелектуальним системам точно планувати та дотримуватись точних маршрутів руху. Наразі такі автономні роботи в основному доставляють

продукти харчування та напої в університетських містечках (кампусах коледжів) Великобританії та США.

## ВИМОГИ КЛІЄНТА

### Високопродуктивні CPU та GPU

Використовуючи поєднання передових технологій, таких як машинний зір, штучний інтелект (ШІ), Інтернет речей (IoT), хмарні обчислення та big data, автоматизовані роботи-кур'єри можуть сприймати навколишнє середовище в режимі реального часу, динамічно приймати рішення та автономно керувати рухом. Щоб упоратися з таким складним набором обчислень, роботи мають бути оснащені складним комп'ютером у самому «серці». Крім вимог до високої продуктивності ЦП, алгоритми ШІ вимагають великої потужності графічного процесора для глибокого навчання, що дозволяє роботам точно орієнтуватися на дорогах та пішохідних доріжках, переїжджати вулиці, підніматися на бордюри, працювати в дощ і сніг — все це підвищує загальну ефективність роботи. Високопродуктивні обчислювальні блоки повинні мати низьке енергоспоживання та тривалий час автономної роботи для досягнення мети більш широкого комерційного використання.

### Підключення датчиків та компонентів

Автономні роботи-кур'єри використовують різні датчики та компоненти, які підключаються до центральної комп'ютерної системи. Такі компоненти керування машиною включають передній та задній LiDAR, багатолінзову камеру об'ємного зображення, завдяки яким робот може безпечно переміщатися жвавими міськими тротуарами, не стикаючись з пішоходами або предметами, має можливість відкриття коробки та відображення сигналу на дисплеї. Дуже важливо, щоб комп'ютерний модуль міг з'єднуватись та інтегруватись з цими компонентами для забезпечення максимальної ефективності роботи.

### Противударна термостійка система

Автономні роботи-кур'єри проводять довгий час, виконуючи завдання у складних умовах зовнішнього середовища, далеких від комфортної обстановки в приміщенні. Вони повинні витримувати вібрацію, викликану нерівними дорогами, багатогодинне перебування на сонці або працювати за низьких температур. Тому надійна та стабільна комп'ютерна система є однією з основних вимог.

## ЧОМУ CINCOZE?

### Процесор Intel® Xeon®/Core™ CPU + MXM GPU

Вбудоване обчислювальне рішення MXM GPU GM-1000 підтримує процесор Intel® Xeon®/Core™ 8/9-го покоління,



Рис. 1. Робота автономних роботів-кур'єрів





Рис. 2. Оснащення GM-1000

до 64 Гб вбудованої пам'яті DDR4 та модулі GPU MXM 3.1 Type A/B щоб відповідати розширеним вимогам машинного навчання, штучного інтелекту, висококласної обробки зображень та автоматизованого контролю. Рішення на базі GPU MXM промислового класу відрізняється високою продуктивністю та низьким енергоспоживанням у порівнянні з іншими системами з аналогічною потужністю GPU. У той же час CPU та GPU оснащені спеціально розробленими незалежними системами охолодження для забезпечення стабільності, необхідної для суворих умов експлуатації, досягаючи ефективного розсіювання тепла через мідні канали та екструдований алюмінієвий корпус. Система також може використовуватись із додатковим комплектом ультратонких зовнішніх вентиляторів.

### Широкі можливості вводу/виводу та гнучке розширення

Камери та датчики вимагають швидкого підключення для надшвидкої передачі даних, обробки та аналізу зображень. Для виконання цих вимог GM-1000 оснащений високошвидкісними інтерфейсами вводу/виводу, в тому числі 2 порти GbE LAN і 8 портів USB. Він також оснащений традиційними промисловими рознімачами вводу/виводу та дисплеями, такими як 4x COM, 1x HDMI, 1x DisplayPort та 1x DVI-I (рис. 2).

Також є 3 повнорозмірні слоти Mini-PCIe для бездротового підключення до хмари. Крім того, завдяки ексклюзивним модулям Cincoze CMI та CFM доступний ряд гнучких варіантів розширення, в т.ч. 2x 10GbE LAN, 4x GbE LAN, рознімачі M12, 16x оптично ізольованих DIO (8 входів/8 виходів), PoE та функція визначення запалювання. Такий широкий асортимент портів вводу/виводу підключається до різних датчиків, контролерів та компонентів машин, підтримуючи підключення до Інтернету для граничних обчислень.

### Міцна конструкція

GM-1000 має переваги міцної конструкції, такі як широкий діапазон робочої температури (від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $70^{\circ}\text{C}$ ), стійкість до ударів і вібрації (50G/5G), широкий діапазон вхідної напруги від 9 до 48 В постійного струму, а також захист від перенапруги, перевантаження струмом та ESP. Він також сертифікований за такими стандартами: EN62368-1 щодо безпеки, EN 50121-3-2 для залізничного транспорту та E-Mark для автотранспорту.

Все це допомагає створити потужне та стабільне рішення для граничних обчислень на базі GPU.

Матеріал надано ПРОКСИС™  
www.proxis.ua



ADVANTECH

## Бездротовий сенсорний вузол WISE-4000 IoT

Інтелектуальний модуль бездротового вводу-виводу і датчик для збору великих даних і інтегрування у хмару

З розвитком бездротових і хмарних технологій все більше додатків віддаленого моніторингу використовують хмарний сервіс для глобальних систем керування. Щоб скоротити розрив між даними об'єкта та хмарою, Advantech пропонує бездротові модулі вводу-виводу і сенсорні модулі, що здатні отримувати і передавати дані безпосередньо в хмару, використовуючи технології бездротового зв'язку, такі як Wi-Fi, 3G, LoRa / LoRaWAN, NB-IoT / eMTC і пропрієтарні протоколи LPWAN, IoT MQTT, CoAP и LWM2M



ADVANTECH Industrial IoT

Channel Partner



www.proxis.ua  
sales@proxis.ua

Промислові комп'ютери та системи  
+380 (44) 467-5977, 599-5977

# Архітектура RISC-V в оборонній та авіакосмічній промисловості

Кен О'Ніл (Ken O'Neil), Microchip Technology

**У статті наводяться переконливі аргументи на користь застосування архітектури RISC-V в оборонній та авіакосмічній промисловості: збільшення продуктивності, зниження енергоспоживання, підвищення надійності та спрощення сертифікації.**

Вироби оборонної та авіакосмічної промисловості мають безліч конструктивних виконань та областей застосування: портативні, переносні, мобільні, стаціонарні, морські, бортові, космічні пілотовані, безпілотні апарати тощо. Тим не менш, у цих виробках багато спільного — вони повинні мати підвищену надійність, зберігати робочий стан у жорстких умовах експлуатації та у розширеному температурному діапазоні. Крім того, непоодинокі випадки, коли вироби повинні бути радіаційно-стійкими. У ряді застосувань зустрічаються обмеження за розміром виробу або енергоспоживання.

Постачальники компонентів для таких систем повинні мати відповідні сертифікати, які є не у всіх компаній і отримати які не так просто. З цих причин коло постачальників обмежене і, отже, обмежена номенклатура виробів, що використовуються. Не менш актуальним є питання інтелектуальної власності (ІП).

Багато з перерахованих завдань вирішуються за рахунок використання ПЛІС. Вони добре підходять для високошвидкісної обробки сигналів, апаратного прискорення, розширення вводу/виводу та інших подібних завдань. Одна з головних переваг ПЛІС полягає в тому, що вони дозволяють використовувати процесорні ядра, що конфігуруються (soft IP processor cores). В силу своєї гнучкості та адаптивності до конкретного завдання подібні ядра в ряді рішень мають очевидні переваги в порівнянні з традиційними жорсткими апаратними рішеннями в мікроконтролерах.

Ядра, що конфігуруються, описуються зрозумілою мовою HDL для апаратного забезпечення, дозволяючи переконатися, що в них містяться всі необхідні складові

і відсутні зайві компоненти. Це означає, що ПЛІС можна використовувати з максимальною ефективністю та підвищити надійність рішень. Однак, як відомо, кожна палиця має два кінці, і в даному випадку переваги конфігурованих ядер стають причиною високої вартості ІП-рішення.

Архітектура RISC-V з відкритим набором команд (ISA) надає розробникам більше можливостей для оптимізації та дозволяє встановити конфігурацію, що максимально відповідає вимогам проекту. RISC-V є набір команд, доступний за ліцензією Berkeley Software Distribution (BSD). Розробник може створювати будь-які ІП, які можна реалізувати за допомогою команд RISC-V; при цьому не доведеться платити роялті або купляти ліцензію на ці ІП.

Відкритий код дозволяє доповнювати його відповідно до потреб конкретного проекту. Іншими словами, розробник може змінювати архітектуру процесора з метою збільшити його продуктивність для вирішення конкретного завдання або зменшити споживання енергії. До появи RISC-V подібні модифікації програмного забезпечення могли здійснювати тільки власники ліцензії і ці ліцензії, як правило, обходилися дуже недешево.

Оскільки багато оборонних програм вимагають використання лише довіреного коду від надійних постачальників, дуже корисним є доступне для перевірки ІП у формі HDL, що дозволяє переконатися у відсутності незадекларованих можливостей. Крім того, воно гарантує кінцевому споживачеві безпеку для застосування у оборонній промисловості. Можливість перевірки коду HDL також корисна для забезпечення безпеки критично важливих програм, наприклад

комерційної авіації, залізничного транспорту та аналогічних застосувань.

Екосистема RISC-V постійно розширюється. Як приклад можна навести архітектуру Mi-V компанії Microchip (див. рис. 1). Ця архітектура призначена для розширення використання сімейства програмних продуктів RISC-V та майбутнього сімейства продуктів CHK PolarFire.

Одним із прикладів, що демонструють розширення екосистеми RISC-V, є додавання можливості компіляції мов Ada та SPARK. Вони з того ж покоління, що й C++, але призначені для забезпечення високої надійності. По суті ці мови стали стандартами в оборонній промисловості. За час існування було розроблено безліч кодів, які портувалися в архітектуру різних поколінь. Тепер і RISC-V доповнила цей ланцюжок надійних довірених рішень.

В даний час мова Ada набула поширення не тільки в оборонній промисловості. Нею зацікавилися розробники автомобільної електроніки та медичних систем. Так сталося після перегляду мови Ada (Ada 2012) та запровадження четвертої версії SPARK 2014. Результатом змін стало скорочення витрат на 40% порівняно з C++.

Після змін мова Ada містить менше невизначеностей, ніж C, що робить суворішим компілювання програмного коду і дозволяє програмісту точніше висловити свої наміри, що зрештою зменшує кількість помилок і спрощує сертифікацію ПЗ.

Дистриб'ютори Ada надають ядро реального часу Ravenscar, яке може працювати на «голому залізі». Ця обставина дозволяє демонструвати безпеку коду, відсутність зависань та інверсій пріоритетів. Ядро можна використовувати для обмежених середовищ, де небажано застосування повнофункціональної операційної системи. Комбінація Ada та RISC-V створює гарну платформу для високонадійного програмного забезпечення в авіакосмічній та оборонній промисловості.

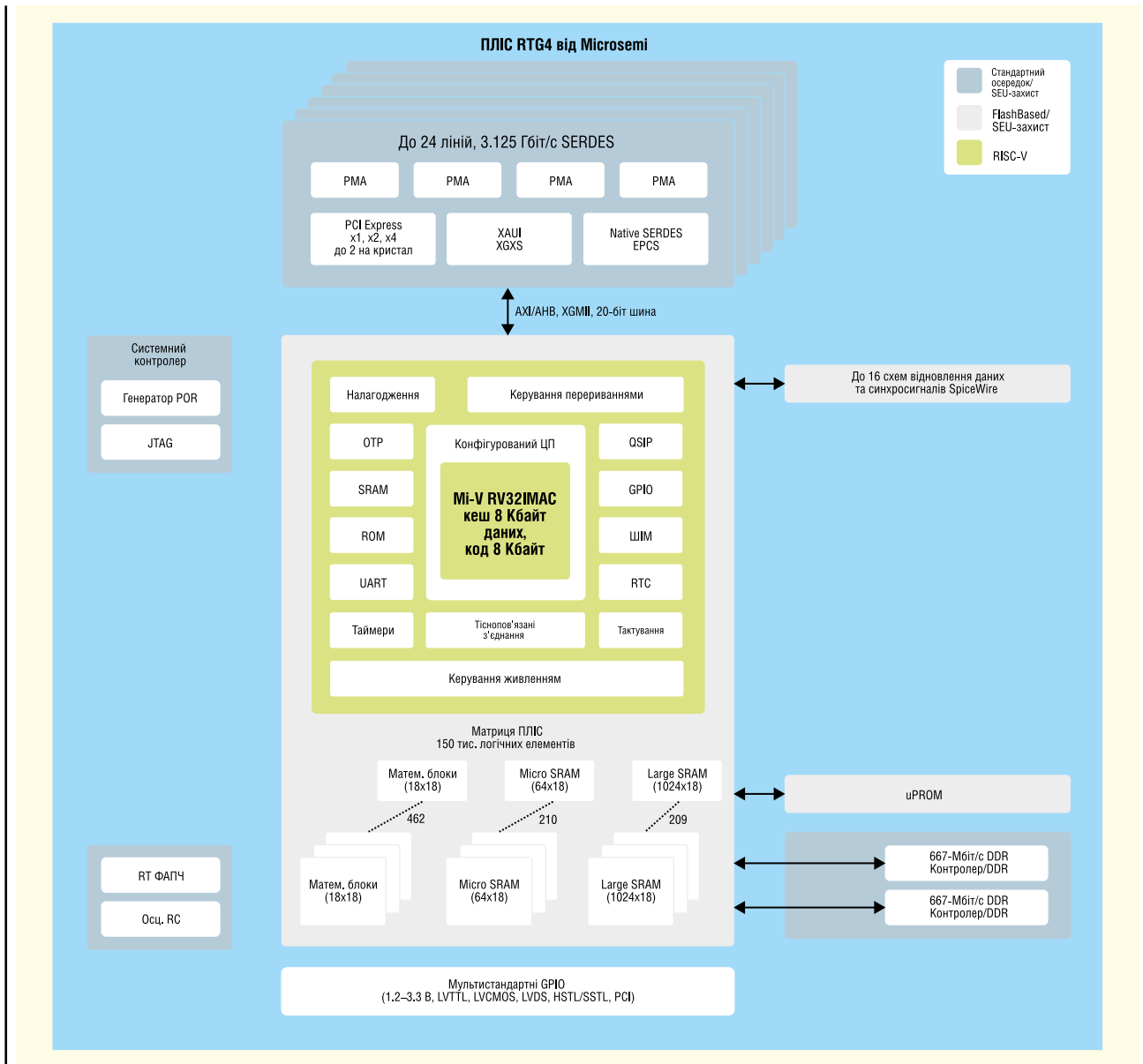


Рис. 1. Приклад використання програмного ядра Mi-V в ПЛІС RTG4 від Microchip

### НОВІ ПРОМИСЛОВІ ПРИЙМАЧІ GIGABIT ETHERNET

Розробники систем промислової автоматизації прагнуть відійти від використання власних рішень для синхронізації процесів до рішень на основі стандартів, які пропонують більш широкую сумісність і знижують витрати на проектування. Для забезпечення синхронізації критично важливих процесів компанія **Microchip Technology Inc.** оголосила про випуск гігабітних Ethernet-приймачів LAN8840 і LAN8841, які відповідають стандартам IEEE® 1588v2 для протоколу точної синхронізації (Precision Timing Protocol). Ethernet-пристрої LAN8840/41 працюють з драйверами Linux® і забезпечують гнучкі можливості вибору швидкості Ethernet, включаючи 10BASE-T, 10BASE-Te, 100BASE-TX і 1000BASE-T.

Пристрої LAN8840/41 можуть полегшити пріоритетизацію критично важливих пакетів, забезпечуючи високошвидкісну мітку часу, яка потім передається між різними компонентами для визначення мережних затримок, адаптації до цих затримок і синхронізації часу між усіма підключеними пристроями. Ця функціональність є ключовою для додатків автоматизації процесів, які вимагають точного управління виробничими системами, такими як робототехніка, розподілені датчики і системи охолодження і змішування. Пристрої LAN8840/41, розроблені з урахуванням надійних додатків, можуть витримувати тривалу експлуатацію за промислових температур від -40 до +105 °C.

Щоб допомогти компаніям досягти цілей сталого розвитку за рахунок зниження енергоспоживання мережі, LAN8840/41 пропонує такі функції, як Wake-on-LAN (WoL) і режим відключення живлення з виявленням енергоспоживання. Крім того, енергоефективний Ethernet (EEE) забезпечує режими холостого ходу і зупинки тактової частоти з низьким енергоспоживанням для оптимального енергоспоживання.

[www.microchip.com](http://www.microchip.com)

# Розкрийте можливості цифрового управління енергією з рішеннями SIMCom IoT

**Цієї зими, через повномасштабну збройну агресію росії, Україна, а разом з нею і вся цивілізована Європа, стикається з безпрецедентною енергетичною кризою. Близько 40 відсотків природного газу, який використовується у різних сферах промисловості, а також для генерації електроенергії та опалення житлових будинків, постачається в Європу країною-окупантом. Складно не помітити, що росія використовує газове питання як зброю та шантажує ним Європу, тому єдиним рішенням енергетичної кризи є розумне використання енергетичних носіїв.**

Вочевидь, обмежена пропозиція енергії вимагає набагато більш ефективного управління її розподілом та споживанням. Цю проблему можна вирішити завдяки потужним можливостям передачі даних та дистанційному керуванню, тому технологія Інтернету речей може зіграти вирішальну роль в управлінні енергоспоживанням. Як професійний постачальник модулів бездротового зв'язку для Інтернету речей, SIMCom надає різноманітні рішення для забезпечення надійного зв'язку, таким чином Ви зможете максимізувати ефективність використання енергії в житловому, комерційному і муніципальних секторах та недопустити зайвих витрат.

## РОЗУМНІ ЛІЧИЛЬНИКИ

Модуль NB-IoT SIM7022 (рис. 1), нещодавно представлений компанією SIMCom, має високочутливий радіоприймач сигналу та низьке енергоспоживання, що особливо підходить для застосування в «розумних» лічильниках як у районах із щільною

забудовою, так і у малонаселених районах, де щільність споживачів досить мала. Інтелектуальні лічильники електроенергії та газу, побудовані з використанням модуля SIM7022, можуть передавати інформацію в потоковому режимі від користувача до терміналів управління, надаючи якісну статистику з використання енергоносіїв, що надає безмежні можливості системам управління. Традиційні лічильники вимірюють лише загальне споживання, передаючи статистику раз на місяць, або раз на тиждень, в той час як розумні лічильники можуть відстежувати споживання в режимі реального часу або динамічні зміни споживання й автоматично передавати цю інформацію комунальним службам.

З одного боку це значно підвищить ефективність зняття показань лічильників, а з іншого надає можливість енергетичним/газовим підприємствам прогнозувати попит споживачів, аналізуючи дані з розумних лічильників для балансування постачання електроенергії або газу та реалізувати взаємодію між постачальником електроенергії та споживачами. У той же час користувачі можуть розумно регулювати пікові та непікові періоди споживання електроенергії або газу відповідно до інформації, наданої розумними лічильниками та розробляти набір розумних планів споживання електроенергії та газу. З розвитком технології розумних лічильників споживачі зможуть регулювати та планувати свої витрати за допомогою NB-IoT та Wi-Fi розеток та отримувати сповіщення через додаток на своєму смартфоні про те, що, наприклад, вони залишили обігрівач увімкненим або що кавоварка не перейшла в режим низького енергоспоживання. Зараз ці функції виконують сторонні пристрої, але з розвитком розумних лічильників вони можуть перейняти на себе ці функції.

## ВИДАЛЕНИЙ МОНИТОРИНГ HVAC

HVAC (скорочення від Heating, Ventilation & Air Conditioning) — це енергоємна система, яка безпосередньо впли-

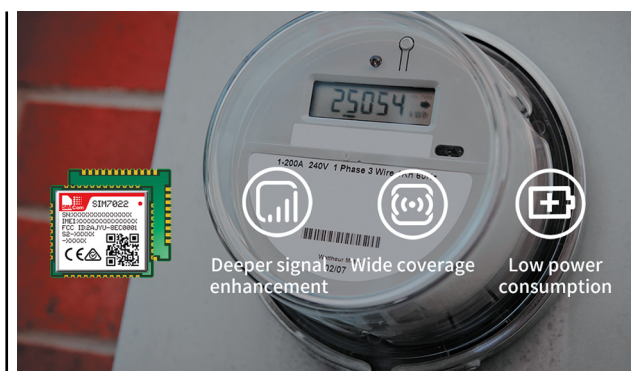


Рис. 1. Модуль NB-IoT SIM7022



Рис. 2. Модулі SIMCom LTE Cat.1

ває на енергоспоживання міських будівель. На типову систему HVAC припадає близько 40% загального споживання енергії комерційною нерухомістю. Аналогічні показники спостерігаються також і у сфері житлових та промислових будівель.

За допомогою модулів SIMCom LTE Cat.1 (рис. 2) можливо здійснювати дистанційне керування системами HVAC, а також проводити примусове вимкнення систем, наприклад, на вихідні або свята, що дозволить уникати нераціонального використання електроенергії. Модулі SIMCom LTE Cat.1, такі як серія SIM76xx, мають відносно компактні розміри (30×30 мм), надійну елементну базу, велику кількість комунікаційних інтерфейсів та глобальне покриття (тобто в лінійці є версії «Global»). Наразі модулі SIMCom LTE Cat.1 мають досить довгий список міжнародних сертифікатів від відповідних сертифікаційних органів а також отримали внутрішні сертифікати від багатьох мобільних операторів. Це дає змогу нашим клієнтам швидко масштабувати ринок збуту та виходити на міжнародний ринок систем автоматизації будівель. Завдяки широкому розповсюдженню технології LTE Cat1 та наявності різних частотних діапазонів системи HVAC, побудовані на базі SIM76xx, можуть передавати телеметрію в режимі реального часу майже з кожного куточка будівлі.

Модулі HVAC також можуть проводити статистичний аналіз даних, зібраних за допомогою стільникових технологій, вивчати звички користувачів і автоматично встановлювати ліміти енергоспоживання для формування обізнаності користувачів про енергозбереження.

## РОЗУМНА СИСТЕМА МІСЬКОГО ОСВІТЛЕННЯ

За даними ACEEE (скорочення від American Council for an Energy-Efficient Economy), вуличне освітлення зазвичай є найбільш великою статтею енерговитрат місцевих органів влади, на яку зазвичай припадає 25–50% витрат електроенергії. В наші часи немає ніяких технологічних перешкод для встановлення датчиків моніторингу руху транспорту та пасажиропотоку майже на кожній дорозі. Таким чином, стара практика вмикання та вимкнення освітлення в регіоні у фіксований час може бути проаналізована та змінена.

Нещодавно всі ми стали свідками народження нового виду транспорту — електромобілів. Наразі електромобілі здаються досить розумною альтернативою звичайним автомобілям, що мають такі невід’ємні проблеми, як викиди вуглецю та споживання енергії з невідновлюваних джерел (в першу чергу з нафти).

Інформація з відкритих джерел свідчить, що продажі електромобілів зросли на 108% в 2021 році, досягнувши 6.5 млн одиниць, і цей ріст навіть пришвидшився в 2022 році. Наразі багато європейських країн декларує бажання відмовитись від автомобілів з двигуном внутрішнього згорання до 2030 року. Немає жодних сумнівів, що майбутнє суспільства за електротранспортом. Відмова від нафти й перехід на відновлювані джерела енергії, такі як енергія сонця та енергія вітру, виглядає досить привабливою як для споживачів, так і для екології.

Звісно, що електротранспорт має й суттєвий недолік, який має бути ліквідований в наступні декілька років — це доступність станцій заряджання електромобілів.

В 2022 році в світі налічується 2.35 млн станцій підзарядки, а в 2027 році їх має бути приблизно 14.62 мільйони.



Рис. 3. Розумна система міського освітлення на базі модуля NB-IoT SIM7022

Зокрема, через мережу NB-IoT на спільну платформу управління освітленням можуть передаватися інформація щодо щільності трафіка на головних та другорядних вулицях міста в режимі реального часу, а система, виходячи з навантаження, може приймати рішення про доцільний рівень освітлення тих чи інших фрагментів доріг. Таким чином за рахунок зменшення рівня освітлення районів з низькою інтенсивністю руху можна досягти значної економії енергії або перенаправити цю енергію для освітлення потенційно-небезпечних ділянок доріг, таких як зони пішохідних переходів та перехресть з круговим рухом транспорту (рис. 3).

Таким чином глобальні та локальні інформаційні центри за допомогою сучасних стільникових мереж, зокрема NB-IoT, можуть здійснювати управління яскравістю вуличних ліхтарів у певних зонах, виходячи з безпосереднього рівня трафіку, пори року та погодних умов в конкретній точці міста, що зменшить втрати електроенергії.

Енергозбереження є нагальною потребою не тільки в Україні, але й в усьому світі (в Європі). Ми бачимо, що це є довгостроковим завданням для урядів багатьох країн й нагальним соціальним запитом цивілізованого суспільства. SIMCom прагне ділитися своїми технологічними дослідженнями та інноваціями, постійно просуваючи технології Інтернету речей в енергопостачання, енергоспоживання та в нове, розумне управління енергією. Наша мета — енергетична безпека та вуглецева нейтральність. **CN**

Для своєї роботи зарядна станція потребує двох ресурсів — електроенергію та інформацію. Зарядна станція (стан зарядної станції — вільна, використовується, потребує обслуговування і таке інше) має бути доступною 24/7, що може бути досягнуто лише за умови підключення до LTE мереж мобільних операторів. Таким чином, у нагоді стануть безпроводні модулі SIM76xx, які працюють в стандарті LTE Cat.1, а також NB-IoT модулі, наприклад SIM7022.



# Як програмно-конфігуроване обладнання допомагає підвищити гнучкість промислових модулів вводу/виводу

Хакан Уенлу (Hakan Uenlue)

Переклад та доповнення: Володимир Рентюк

**У статті розглядається нова інтегральна схема компанії Analog Devices, що є пристроєм з програмно-конфігурованими портами вводу/виводу. Мікросхема призначена для керування процесами, автоматизації виробництва чи керування будинками. Пропонована стаття присвячена індустріальним та су-путнім рішенням.**

## ВСТУП

Модулі вводу/виводу, або периферійна розподільна коробка, незалежно від того, чи використовуються вони як частина окремої установки керування технологічним процесом або в системі промислової автоматизації, протягом усього свого життєвого циклу стикаються з цілим рядом непростиких проблем. Спочатку ланка команди управління з випуску того чи іншого продукту (воно у структурі підприємства відповідає за розробку, виробництво та реалізацію виробу) приймає рішення про те, скільки каналів та які комбінації будуть потрібні для кожного продукту. Розробники електроніки повинні вирішити, як реалізувати у своїх проєктах найбільш ефективну та економічну систему для різних аналогових чи цифрових сигналів. Як підсумок — фахівці з інсталяції та обслуговування обладнан-

ня можуть зазнати справжнього шоку від усієї різноманітності численних схем підключення супутньої продукції, яку випускає підприємство. Хіба життя не було б простіше, якби ми могли розробити систему з максимальною гнучкістю, і не мати постійного головного болю від перерахованих складнощів? Нове сімейство програмно-конфігурованих інтегральних схем вводу/виводу (software configurable input/output, SWIO) від компанії Analog Devices досягає цієї мети, підтримуючи буквально будь-яку функцію і будь-яку комбінацію на будь-якому вході/виході, причому в будь-який час.

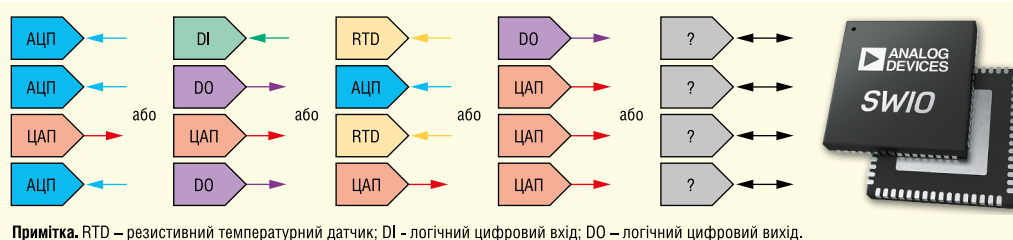
## ПРОБЛЕМИ

Якщо дивитися на проблему в цілому, вона полягає в тому, що кінцеві споживачі висувають різні вимоги до промислового програмового логічно-

го контролера (ПЛК) або розподіленої системи керування (РСК) в управлінні технологічним процесом або в системі автоматизації виробництва.

Для менеджерів із продукції важливо визначити правильний продукт, стратегію його продажу та оптимізацію витрат на виготовлення, і це досить складне завдання [1]. Одній кінцевій ланці в цьому ланцюжку, що відповідає за виготовлення продукту, в одному випадку може знадобитися більше аналогових вихідних каналів, наприклад у вигляді стандартної струмової петлі 4–20 мА, тоді як інша вимагатиме більше цифрових входів. Або один і той же кінцевий користувач може запросити більше аналогових каналів для однієї платформи, тоді як для іншої платформи потрібно більше цифрових каналів. Приклади цієї дилеми показано на рисунку 1. У міру входження до четвертої промислової революції — «Індустрію 4.0», — а це, як відомо, прогнозована подія, пов'язана з масовим впровадженням кіберфізичних систем у виробництво, тут виробникам знадобляться гнучкі системи, здатні швидко і легко адаптуватися до вимог, що змінюються.

Крім того, все це обумовлено і змінами у поведінці споживачів та попиті. В результаті виробники більше не можуть покладатися на фіксовані великомасш-



**Рис. 1.** Номер каналу та можливості конфігурації

Примітка. RTD – резистивний температурний датчик; DI – логічний цифровий вхід; DO – логічний цифровий вихід.

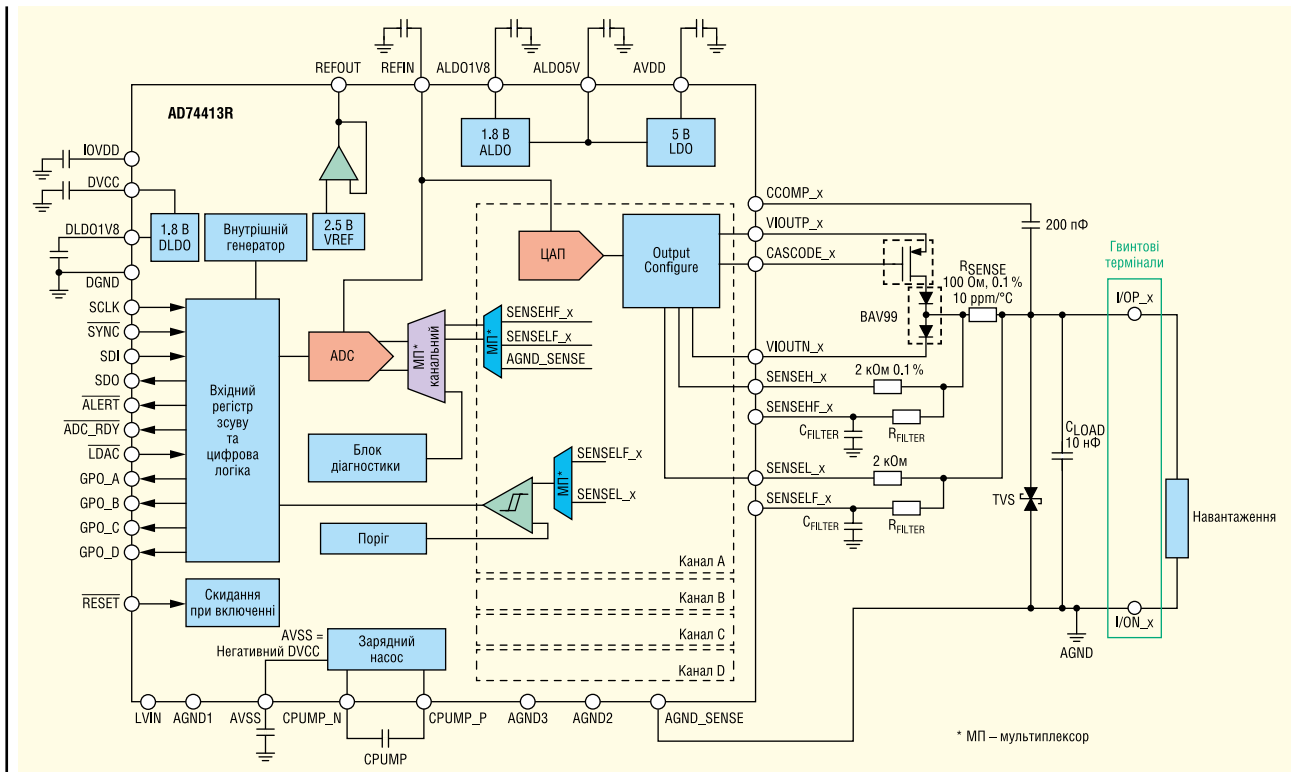


Рис. 2. Мікросхема з програмно-конфігурованими портами вводу/виводу та типовий приклад програми

табні системи, розроблені для продуктів масового споживання та передбачуваного багаторічного попиту. Натомість потрібні гнучкі системи, які можна швидко реконфігурувати, причому, що важливо, з мінімальним часом простою та невисокими капіталовкладеннями.

Компоненти SWIO дозволяють програмувати їх канали не лише як логічні вхідні чи вихідні (DI та DO), а й як аналогові чи цифрові. Крім того, їх можна ефективно налаштувати для зчитування показань 2 або 3-провідних резистивних датчиків температури (resistance temperature detector, RTD) або термопар.

## РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ

Вирішити проблему можна за допомогою програмно-конфігурованого вводу/виводу. З його використанням виробники можуть розробити платформу, яка замінює кілька застарілих модулів вводу/виводу з жорстко визначеними функціями або може застосовуватися в декількох програмах, де динаміка вводу/виводу змінюється від однієї установки до іншої.

Для систем, що традиційно залежать від стійок керування з кількома модулями вводу/виводу та певним підключенням для кожного типу каналу, зменшується кількість та номенклатура необхідного обладнання, оскільки тепер користувачі

можуть встановлювати один тип модуля, програмовний на місці. Програмно-конфігуровані входи/виходи також виконують функцію мосту до керуючих мереж на основі Ethernet, оскільки можуть бути впроваджені в діючі установки, що вимагають оновлення до рівня промислових систем Ethernet 10BASE-T11 [3]. Це дозволяє розробляти стандартизовані модулі вводу/виводу, що конфігуруються, здатні здійснювати трансляцію між раніше встановленими датчиками і виконавчими пристроями, що підтримують протокол HART 4–20 mA, і оптоволоконними транспортними мережами 10BASE-T11 або 100M.

На рисунку 2 показана блок-схема SWIO, що представлена у вигляді чотириканальної мікросхеми з програмно-конфігурованими портами вводу/виводу AD74413R [4]. Мікросхема призначена для керування процесами, автоматизації виробництва чи управління будинками. Пристрій є повністю інтегрованим інтегральним рішенням для промислового вводу і виводу.

Чотириканальна мікросхема з програмно-конфігурованими портами вводу/виводу AD74413R має наступні особливості:

- Захист портів вводу/виводу від перенапруги до  $\pm 40$  В.
- Захист ліній від протікання напруги від портів вводу/виводу до джерел живлення.

- Режими, що настроюються користувачем:

- вхід за напругою;
- вхід за струмом;
- вихід за напругою;
- вихід за струмом;
- цифровий вхід;
- вхід для резистивного датчика температури (RTD).

Мікросхема має вбудований 16-розрядний DS-АЦП з додатковим фільтром придушення частоти мережі 50 і 60 Гц і чотири 13-розрядні ЦАП з монотонним виходом. Для забезпечення справжньої нульової напруги на виході є блок наочучування заряду. Кожен із чотирьох каналів AD74413R налаштовується через послідовний периферійний інтерфейс SPI шляхом запису конфігурації в регістри, тактова частота якої може досягати 24 МГц. Також передбачено сумісність із інтерфейсом HART. При цьому користувачі можуть уточнити стандартні конфігурації для кожного режиму роботи за допомогою карти регістрів AD74413R. Вбудований датчик температури (точність  $\pm 5$  °C) та вбудовані діагностичні функції, у тому числі функції виявлення розриву ланцюга та короткого замикання, забезпечують високу надійність функціонування керуваного за її допомогою обладнання. Мікросхема AD74413R виконана у 64-вивідному корпусі LFCSP розміром

9×9 мм і підтримує діапазон робочих температур  $-40...+105\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що повністю вписується у сферу застосування.

Власний 16-розрядний SD-АЦП AD74413R може вимірювати струм або напругу на одному або декількох з чотирьох каналів і чотирьох діагностичних входів за допомогою одного запиту перетворення. Швидкість перетворення досягає 4.8 kSPS, також доступні додаткові режекторні фільтри на придушення завад з частотою електромережі 50 і 60 Гц. Поканальні 13-бітові ЦАП типу R (R-string) за своєю природою монотонні та лінійні. Ці ЦАП підтримують струмові виходи до 25 мА і для діагностики несправностей мають можливість виявлення обриву кола. Так само вони можуть забезпечувати вихідну напругу з істинним діапазоном 0–11 В.

Для керування ЦАП і АЦП у чутливих до вартості застосуваннях мікросхема AD74413R має надійну архітектуру, високу точність внутрішнього джерела опорної напруги, а для рішень, що потребують більш високої продуктивності, можна використовувати зовнішнє опорне джерело.

## ДОСТУПНІ ФУНКЦІЇ ТА РЕЖИМИ РОБОТИ

Огляд функцій кожного каналу наведено в таблиці 1. Кожен канал мікросхеми AD74413R може підтримувати вихід по напрузі, вихід по струму, вхід по напрузі, вхід по струму (із зовнішнім живленням), токовий вхід (з живленням від струмової петлі), вимірювання зовнішнього RTD, логіку цифрового входу та цифровий вхід з живленням від струмової петлі. Існує також режим високого опору як функція за замовчуванням після увімкнення живлення або скидання пристрою.

У режимі струмового виходу ЦАП забезпечує струмовий вихід (зазвичай 0–25 мА), який регулюється вимірюванням диференціальної напруги на резисторі датчика (виводи SENSEL<sub>x</sub> та SENSEH<sub>x</sub>). Щоб зменшити розсіювання потужності на кристалі у випадках, коли є низькоомне навантаження, для передачі вихідного струму 0–25 мА можна підключити зовнішній р-канальний МОН-транзистор.

Режим струмового входу може підтримувати конфігурації із зовнішнім живленням та живленням від струмової петлі. При цьому 16-бітний SD-АЦП автоматично вимірює струм через резистор, що виконує роль датчика струму. Для цієї мети використовуються сенсорні входи, що

Таблиця 1. Можливий вибір функцій для мікросхеми AD74413R

Функція каналу (програмується через регістри CH_FUnC_SeTUPx)	Приклад функції
Високий імпеданс	Підтяжка вниз (pull down), опційно
Вихід за напругою	Захист від короткого замикання
Вихід за струмом	Виявлення обриву ланцюга
Вхід за напругою	Режим вимірювання термопар, з підтяжкою вниз, опційно
Вхід за струмом (з зовнішнім живленням)	Захист від короткого замикання, HART-сумісний режим
Вхід за струмом (живлення від струмової петлі)	Захист від короткого замикання, HART-сумісний режим
Вимірювання опору	Ратіометричні вимірювання температури, 2- або 3-провідні RTD
Логічний цифровий вхід	Вимірювання напруги з фільтрацією або без фільтрації, з функцією усунення брязкоту
Цифровий вхід з живленням від струмової петлі	Вимірювання напруги з фільтром або без фільтра, функція усунення брязкоту

фільтруються (SENSEHF<sub>x</sub> і SENSELF<sub>x</sub>). Крім того, обидва типи функцій струмового входу мають додатковий режим сумісності з HART з мінімальним гарантованим вхідним опором 230 Ом [2].

У режимі входу за напругою вхідна напруга вимірюється щодо «землі» датчика за допомогою АЦП через один із фільтрованих портів (SENSELF<sub>x</sub>). Можна також вибрати додаткові варіанти, наприклад підтяжку входу вниз (pull-down) для виключення плаваючої напруги. У режимі входу за напругою завдяки налаштуванню спеціального діапазону АЦП можуть бути отримані вимірювання від термопари.

У режимі вимірювання опору на зовнішній двопровідний RTD подається напруга, отримана від зміщення 2.5 В. Для напруги зміщення за допомогою підтягуючих вгору резисторів, буде забезпечено точне ратіометричне вимірювання. Ратіометричний сигнал означає, що аналоговий вихід датчика пов'язаний з напругою живлення, тобто якщо напруга живлення падає на 10%, вихідна напруга також падає на 10%. При цьому низький струм, що протікає зводить до мінімуму розсіювання потужності, зменшуючи самонагрів RTD і викликану цим похибку.

Режим цифрового вводу підтримує пристрої IEC 61131-2 типу 1, 2 та 3. Порогові значення напруги програмуються через спеціальний регістр. Кожен канал має виділений вихід загального призначення (general-purpose output, GPO) та програмовну користувачем фільтрацію для придушення завад електромережі.

## СТІЙКІСТЬ ДО ЗОВНІШНІХ ВПЛИВІВ, НАДІЙНІСТЬ ТА ДІАГНОСТИКА

У зв'язку з особливостями середовища індустріальної експлуатації мікросхема AD74413R розроблена таким

чином, щоб функціонувати в умовах сильних електромагнітних завад (EM3) та витримувати такі дії, як перенапруга, неправильне підключення та стрибки напруги. Завдяки вбудованим у мікросхему захисним пристроям на входи мікросхеми не надходять високі рівні напруги, якщо вхідні клеми (гвинтові термінали) підключені до більш високого потенціалу, ніж AVDD. Додатково для захисту від високих стрибків напруги на вхідних/вихідних клеммах можуть використовуватись відповідні зовнішні елементи захисту, наприклад TVS-діоди [5]. Крім того, для підвищення надійності вимірювань AD74413R в інтерфейс SPI вбудований контроль надлишковим циклічним кодом (cyclic redundancy check, CRC).

Належне функціонування мікросхеми AD74413R забезпечує цілий ряд діагностичних функцій, що визначають готовність до роботи та попереджають про найбільш поширені причини її відмови. Вбудована діагностика може контролювати напругу джерела живлення, еталонне значення, температуру кристала (як попередження чи відключення) та гвинтові клеми. Діагностика останнього фактора може допомогти при виявленні неправильного приєднання, коли на клеммах є небезпечна для мікросхеми напруга, що перевищує значення AVDD або знаходиться нижче 0 В. Зовнішній вимірювальний резистор також допомагає як при діагностиці, так і при нормальній роботі. Наприклад, він забезпечує виявлення короткого замикання для режиму входу за напругою або допомагає регулювати режим струмового виходу. Оскільки AD74413R може форсувати напруги або струми і зчитувати відгуки струму або напруги з польового пристрою, користувачі також можуть запрограмувати власні діагностичні програми для тестування підключених датчиків і виконавчих механізмів — актуаторів.

Якщо виникає стан попередження, то сигнал попередження про аварійну ситуа-



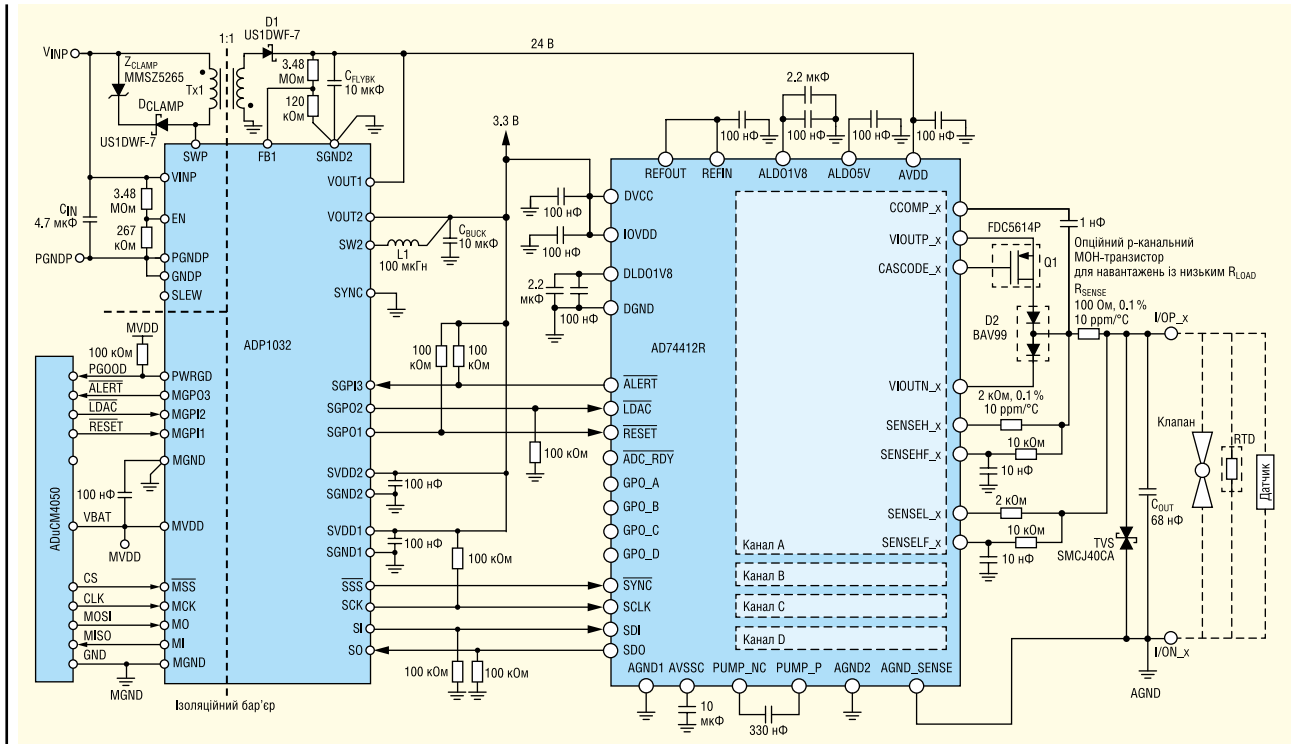


Рис. 3. Типова схема застосування AD7441xR з блоком керування живленням ADP1032

цію — ALERT. У цьому джерело (причину) збою визначає регістр ALERT\_STATUS.

## СУПУТНІ РІШЕННЯ

Одним із найпоширеніших запитів для рішень є те, щоб модулі вводу/виводу або ПЛК мали ізоляцію мікропроцесора або електронний блок керування з боку шини. У цьому випадку всі лінії даних та джерела живлення повинні бути розділені гальванічно. Для обох цілей компанія Analog Devices для сімейства SWiO розробила спеціальну мікросхему.

Мікросхема ADP1032 від Analog Devices [6] призначена для рішень, де потрібна мала розсіювана потужність і невеликий розмір. Вона поєднує багатоканальний цифровий ізолятор та два перетворювачі живлення з гальванічною ізоляцією. Сигнальний тракт включає чотири високошвидкісні ізольовані канали SPI і три ізолятори загального призначення (рис. 3).

Звороттоходовий перетворювач працює від вхідної напруги в межах 4.5–60 В і містить вбудований силовий транзистор. Зовнішній трансформатор має коефіцієнт трансформації 1:1, що полегшує його конструкцію. Залежно від версії мікросхеми вихідна стабілізована напруга по виходу VOUT1 може дорівнювати 24 В або регульованою в діа-

пазоні 6–28 В. Знижувальний перетворювач, підключений до виходу VOUT1, може мати одну з фіксованих напруг VOUT2, що дорівнює 15, 5 або 3.3 В.

Звороттоходовий перетворювач працює на частоті 250 кГц, а знижуючий вдвічі нижче на 125 кГц. Частоти регуляторів мають фазовий зсув між собою для зменшення рівня ЕМЗ. Для полегшення фільтрації шумів у чутливих програмах ADP1032 підтримує зовнішню синхронізацію в діапазоні 350–750 кГц.

Цифрові ізолятори, інтегровані в ADP1032, використовують технологію трансформаторної розв'язки iCoupler [7], оптимізовану для зниження споживаної потужності та електромагнітного випромінювання. ADP1032 випускаються в корпусах LFCSP розміром 9×7 мм і можуть працювати за температури переходу –40...+125 °С. Для полегшення освоєння двоканального ізольованого блоку керування живленням із цифровими ізоляторами ADP1032 компанії Analog Devices пропонується оцінна плата [12].

Ще одна типова потреба у модулях вводу/виводу — керування реле або лампами. У мікросхемі AD74413R, як було зазначено, є порти загального призначення GPO, які також можуть бути запрограмовані як спеціальні цифрові виходи (digital output, DO). З зовнішнім р-канальним МОН-транзистором і контролером обмеження струму ADM1270 [8] цей ви-

хід може видавати кілька сотень міліампер для керування реле або лампами. У цьому рішенні мікросхема ADM1270 забезпечує обмеження пускового струму та захист від перевантаження струму для індуктивних або нелінійних резистивних навантажень. Типовий приклад застосування можна знайти на оцінній платі EVAL-AD74413R [9].

Коли потрібна модуляція HART, то для систем на базі AD74413R необхідну функціональність може забезпечити мікросхема малоспоживаючого HART-модему AD5700 [10].

Оскільки в статті розглядаються промислові рішення, то в ній переважно обговорюється застосування мікросхеми AD74413R. Для менш критичних застосувань в портфолію компанії Analog Devices є її спрощена версія AD74412R [11], призначена для керування будівлею. Цей варіант мікросхеми з програмно-конфігурованими портами вводу/виводу має зменшений діапазон робочих температур –40...+85 °С, нижчу точність формування вхідного та вихідного струму і напругу живлення до 26.4 В.

## ВИСНОВОК

Традиційні системи керування формуються з окремих модулів, аналогових та цифрових перетворювачів сигналів

**EVAL-AD74413R — ОЦІНОЧНА ПЛАТА AD74413R**

*EV-AD74413RSDZ* [9] являє собою повнофункціональну оціночну плату, яку можна використовувати для оцінки роботи чотириканальної мікросхеми з програмно-конфігурованими портами вводу/виводу AD74413R. Порти AD74413R можуть налаштовуватися як аналогові виходи, аналогові входи, цифрові входи та входи для резистивного датчика температури (RTD), при цьому мікросхема сумісна з інтерфейсом SPI. Платою *EV-AD74413RSDZ* можна керувати за допомогою системної демонстраційної платформи через *EVAL-SDP-CS1Z (SDP-S)* [13]. Плата *SDP-S* дозволяє керувати *EV-AD74413RSDZ* через USB-порт ПК за допомогою програмного забезпечення оцінки AD74413R. Для живлення *EVAL-AD74413RSDZ* на лінію AVDD слід подавати напругу 14–28,8 В. При підключенні *EV-AD74413RSDZ* до ПК комп'ютер забезпечує живленням плату *SDP-S*.

Особливості та переваги *EVAL-AD74413R*:

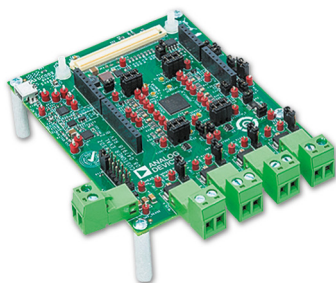
- повнофункціональна оціночна плата для оцінки роботи AD74413R;
- вбудоване джерело опорної напруги ADR4525 на 2,5 В;
- інтерфейс SPI;
- програмне забезпечення, що встановлюється на ПК, для керування платою.

Особливості та переваги *EVAL-SDP-CS1Z*:

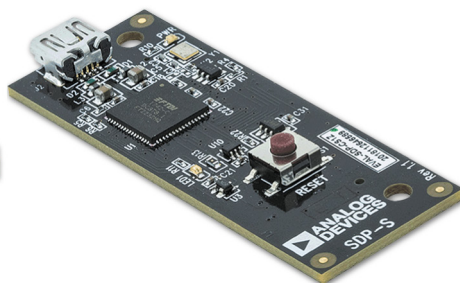
- USB для організації послідовного інтерфейсу;
- один невеликий 120-контактний рознімач;
- інтерфейс, що настроюється (SPI, I2C, GPIO);
- USB 2.0 інтерфейс для ПК.

Системні вимоги:

- Windows XP SP2, Windows Vista 32-розрядна та 64-розрядна версії, Windows 7 Business/Enterprise/Ultimate 32-розрядна та 64-розрядна версії або Windows 10 32-розрядна та 64-розрядна версії;
- процесор Intel Pentium (сумісний із x86), 1 ГГц або вище;
- 512 Мбайт ОЗП та 2 Гбайт вільного місця на жорсткому диску;
- NET 3.5 Framework.



Оціночна плата EVAL-AD74413R



Плата керування EVAL-SDP-CS1Z

та одноканалних провідних входів/виходів для зв'язку з машинами, приладами та датчиками. Така система не дешева і вимагає трудомісткого ручного конфігурування, до всього іншого, її конфігурація набирається з модулів з фіксованими функціями, більшість змін потребують додаткового налаштування, а іноді й зміни складу модулів та конфігурації провідних підключень. Для таких систем, які традиційно залежать від стійок керування з кількома модулями вводу/виводу та певним підключенням для кожного типу каналу, використання запропонованих мікросхем сімейства SWIO відкриває можливість розробити платформу, яка замінює кілька застарілих модулів вводу/виводу з фіксова-

ними функціями. Більше того, можна використовувати цю технологію в декількох кінцевих рішеннях, де введення/виведення динамічно змінюються при кожній установці.

Це зменшує кількість та номенклатуру необхідного обладнання, оскільки тепер кінцеві користувачі можуть встановлювати один тип модуля, що програмується з диспетчерської, що допомагає скоротити витрати на управління продуктом, логістику та виробництво, а також витрати на підтримку системи управління. Крім того, технологія SWIO діє як міст до мереж управління на базі Ethernet, оскільки її можна застосовувати до вже наявних промислових установок, оскільки можуть бути впровад-

жені в діючі установки, що потребують оновлення рівня промислових систем Ethernet 10BASE-T11.

Література:

1. Liptak B. G. *Instrument Engineers Handbook, Volume II: Process Control and Optimization*. CRC Press, September 2005. [www.routledge.com/Instrument-Engineers-Handbook-Volume-Two-Process-Control-and-Optimization/Liptak/p/book/9781315219028](http://www.routledge.com/Instrument-Engineers-Handbook-Volume-Two-Process-Control-and-Optimization/Liptak/p/book/9781315219028)
2. HART Communication Protocol. FieldComm Group. [www.fieldcommgroup.org/hart-specifications](http://www.fieldcommgroup.org/hart-specifications)
3. О'Брайєн М., Голлер Ф. Возможности 10BASE-T11 для бесшовного подключения сети промышленного Ethernet // CHIP NEWS Україна. 2020. № 9.
4. AD74413R Чотириканальна мікросхема з програмно-конфігурованими портами вводу/виводу. [www.analog.com/ru/products/ad74413r.html#product-overview](http://www.analog.com/ru/products/ad74413r.html#product-overview)
5. Рентюк В. Элементы BOURNS для защиты от статического электричества и переходных процессов // Компоненты и технологии. 2019. № 6.
6. ADP1032 Two-Channel, Isolated Micropower Management Unit with Seven Digital Isolators. [www.analog.com/ru/products/adp1032.html](http://www.analog.com/ru/products/adp1032.html)
7. Уоттерсон К. Цифровые изоляторы iCoupler со встроенной технологией isoPower: простое решение для промышленных приложений // Компоненты и технологии. 2016. № 7.
8. ADM1270 High Voltage Input Protection Device. [www.analog.com/ru/products/adm1270.html](http://www.analog.com/ru/products/adm1270.html)
9. EVAL-AD74413R Оцінювальна плата AD74413R. [www.analog.com/ru/design-center/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/EVAL-AD74413R.html](http://www.analog.com/ru/design-center/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/EVAL-AD74413R.html)
10. AD5700. Малоспоживаючий HART-модем. [www.analog.com/ru/products/ad5700.html](http://www.analog.com/ru/products/ad5700.html)
11. AD74412R. Чотириканальна мікросхема з програмно-конфігурованими портами вводу/виводу. [www.analog.com/ru/products/ad74412r.html](http://www.analog.com/ru/products/ad74412r.html)
12. ADP1032CP-EVALZ Evaluating the ADP1032 Two-Channel, Isolated Micropower Management Unit. [www.analog.com/ru/design-center/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/ADP1032CP-EVALZ.html](http://www.analog.com/ru/design-center/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/ADP1032CP-EVALZ.html)
13. SDP-S, SDP-S Controller Board. [www.analog.com/ru/design-center/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/sdp-s.html](http://www.analog.com/ru/design-center/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/sdp-s.html)

# Друковані плати із вбудованими компонентами: новий рубіж друкованих схем

**Алессандро Бейлетті (Alessandro Beiletti),  
Семен Блутштейн**

**Сучасний світ друкованих плат зазнав глибоких змін порівняно з 90-ми роками ХХ століття. Сьогодні друковані схеми стали складнішими і містять десятки тонких шарів та тисячі контактних майданчиків. Прагнучи все більшої мініатюризації пристроїв, виробники почали інтегрувати в шари як пасивні, так і активні компоненти, мікроконтролери, стабілізатори напруги і навіть пристрої живлення, в тому числі на МОН-транзисторах.**

Для виготовлення друкованих плат із вбудованими компонентами дуже важливим є вибір базового матеріалу. Необхідно використовувати матеріал, який з часом не буде схильний до деградації і відповідатиме робочій температурі. Тому при виробництві друкованих плат даного типу дуже часто використовується кераміка, як у побутовій електроніці, так і в автомобільній промисловості.

Таким чином, у світлі широкого технологічного прогресу можна констатувати, що друкована схема більше не є пасивним місцем, на якому згодом збираються компоненти, а скоріше стає невід'ємною частиною схемотехніки готового продукту, для тестування якої потрібні новаторські підходи та методи. Це ставить нові завдання та відкриває нові горизонти для електричного контролю друкованої плати.

Оскільки друкована плата є обов'язковою частиною схеми, необхідно провести таке електричне тестування, яке дозволяє гарантувати правильну роботу та запобігти пошкодженню компонентів.

Контроль друкованої схеми (рис. 1) із вбудованими компонентами вимагає підходу, що поєднує електричне тестування доріжок з іншими тестами, які зазвичай використовуються для зібраних плат. Електричне тестування друкованої схеми із вбудованими компонентами має передбачати тести на таке:

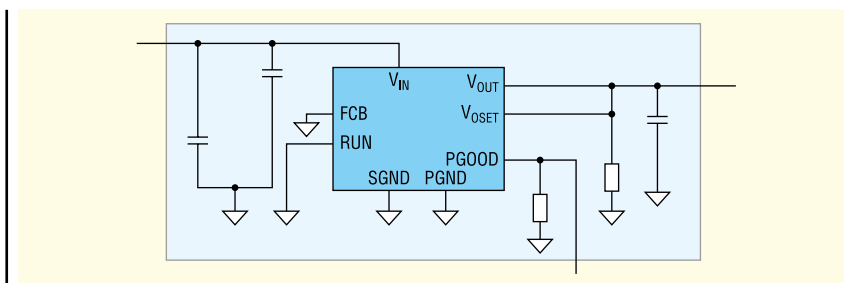
- обриви;
- коротке замикання;
- відхилення розмірів доріжки від заданих (Кельвін-тест);
- втрата ізоляції між доріжками (мікрокороткі замикання);
- номінал пасивних компонентів;
- функціональний тест активних компонентів.

Крім того, в тестування можуть бути включені додаткові вимоги, спрямовані на забезпечення відстеження плат, наприклад зчитування електричного штрих-коду, вбудованого в друковану плату.

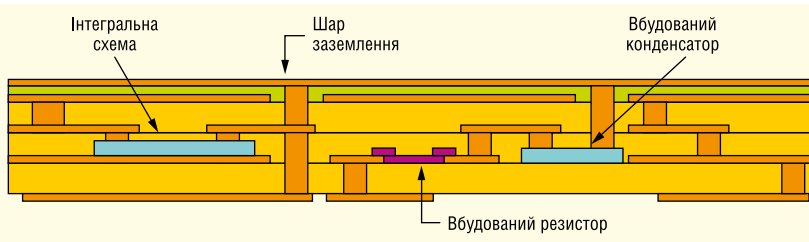
Можливість виконувати всі ці тести за одночасного забезпечення цілісності друкованої плати передбачає підвищений рівень складності електричного тесту. Неможливо застосувати одні й ті ж методи до всіх ланцюгів, та їх слід розрізняти залежно від зміни схеми. Наприклад, у разі коротких замикань високу напругу (HV) не можна «без розбору» застосовувати до всіх доріжок через наявність вбудованих компонентів між шарами. Отже, має бути доступна можливість проведення «низковольтних» тестів на ланцюгах із вбудованими компонентами та «високовольтних» тестів на інших ланцюгах.

Зважаючи на ці підвищені вимоги до тестування у поєднанні з високим рівнем гнучкості, можна відзначити, що сьогодні найкращим і найефективнішим підходом для тестування друкованих плат із вбудованими компонентами (рис. 2) є «літаючі» щупи. Щоб забезпечити можливість всебічного та функціонального тестування друкованої схеми, тестер повинен бути орієнтований на певні цілі та технологію тестованих ланцюгів, включаючи:

- точність та акуратність вимірювань;
- несприйнятливості до перешкод;
- різноманітності випробувальних сигналів інструментів/вимірювальних пристроїв;
- точну механіку;
- повну свободу щупів у тестовій зоні;
- потужне програмне забезпечення обробки даних, здатне автоматично створювати повну програму тестів без ручного втручання.



**Рис. 1.** Приклад електричної схеми, вбудованої у друковану плату



**Рис. 2.** Приклад компонентів, вбудованих у друковану схему



**Рис. 3.** Приклад керамічної друкованої плати із вбудованими компонентами

Еволюція інтеграції активних компонентів у друковану плату, що триває, поставила нові завдання перед «літаючими» щупами, призначеними для тестування друкованих плат. Для пасивних тестів компонентів (зазвичай двоконтактних) архітектура цих систем підходить, але може стати кордоном при тестуванні активних компонентів, які мають до чотирьох контактів для одночасного підключення. Ця різниця робить доступність архітектури системи вільною від механічних обмежень при позиціонуванні щупа і дозволяє виконувати функціональні тестування вбудованого компонента без будь-яких механічних або електричних обмежень.

Що стосується тестової системи, важливо, щоб програмний пакет міг автоматично керувати генерацією будь-яких тестів, необхідних для доступних відповідних параметрів. Це особливо важливо для друкованих плат із вбудованою

схемою, що має вищий рівень складності (рис. 3).

Програма тестування, створена на основі списку точок контролю, що надходить від станції САМ, повинна тестувати всю друковану плату, включаючи вбудовані компоненти, у тому числі пасивні резистивні, індуктивні та ємнісні компоненти, а також активні компоненти, зокрема стабілізатори напруги, МОН-транзистори/транзистори, діоди/стабілітрони та реальні інтегральні схеми (рис. 4).

Перевірка пасивних компонентів виконується вимірюванням їх теоретичного значення, у той час як перевірка активних компонентів, таких як МОН-транзистори/транзистори, діоди, стабілітрони та стабілізатори напруги, здійснюється шляхом керування їх входом та зчитування їх виходу. Тестування вбудованих інтегральних схем може бути набагато складнішим. Фактично, крім перевірки цілісності ланцюгів, може знадобитися функціональна перевірка.

Щоб перевірити, що інтегральна схема з'єднана з відповідними мережами, необхідно виміряти внутрішній діод, підключений до виводу компонента і загального виводу самого компонента. Щоб виконати функціональну перевірку, необхідно подати живлення на компонент, потім керувати входами та контролювати виходи.

Для всього цього система має бути оснащена відповідними програмними та апаратними ресурсами, необхідними

для живлення логічного елемента та виконання його таблиці істинності. Ще краще, щоб було доступне повністю кероване графічне середовище для проведення тесту відповідно до функціональних специфікацій, заявлених виробником.

Безперечно, ми можемо констатувати, що світ друкованих плат значно змінився, як і вимоги до електричних тестів.

Наявність «літаючого» щупа для друкованих плат є одночасно важливим і стратегічним фактором, що відповідає новим вимогам електричних тестів і технологічно орієнтованим на вимоги ринку, що постійно розвивається.

### RAPID NEXT

Усі сучасні вимоги можна реалізувати на електротестерах серії Rapid Next, які виготовляє компанія Seica (Італія).

Серія Rapid Next (рис. 5) — нове покоління рішень «літаючих» щупів компанії Seica для друкованих плат, кераміки та субстратних технологій.

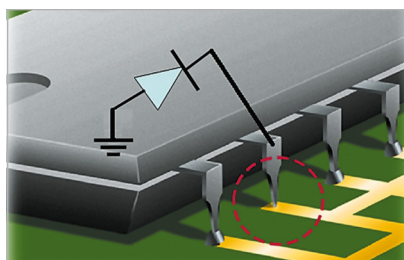
Лінійка тестуючих систем Rapid Next з «літаючими» щупами — це універсальне рішення, яке усуває необхідність виготовлення спеціального пристрою для кожного типу плати, значно скорочуючи час і витрати, необхідні для налаштування тестування. Такі рішення є оптимальними для тестування прототипів, а також малих і великих партій продукції, типових для багатьох сьгоднішніх виробничих сценаріїв.

Модифікації або варіації дизайну можуть бути реалізовані негайно, і оскільки немає обмежень для конкретного компонування друкованої плати, система може тестувати будь-яку геометрію сучасних підкладок та мати можливість адаптуватись до майбутніх вимог.

Щоб краще відповідати вимогам різних операційних та виробничих процесів, Rapid Next виготовляється з горизонтальним або вертикальним розташуванням друкованої плати:

- Системи з горизонтальним розташуванням плати, що тестується, орієнтовані на потокове тестування, повністю автоматизований процес, що не вимагає участі оператора.
- Тестери з вертикальним розташуванням плати мають дуже ергономічну конфігурацію з точки зору доступу оператора і простоти використання, займають менше місця, оптимізують використання простору.

Лінійка систем Rapid Next з «літаючими» щупами заснована на інтегрова-



**Рис. 4.** Приклад внутрішнього діода, підключеного між виводом та «землею»

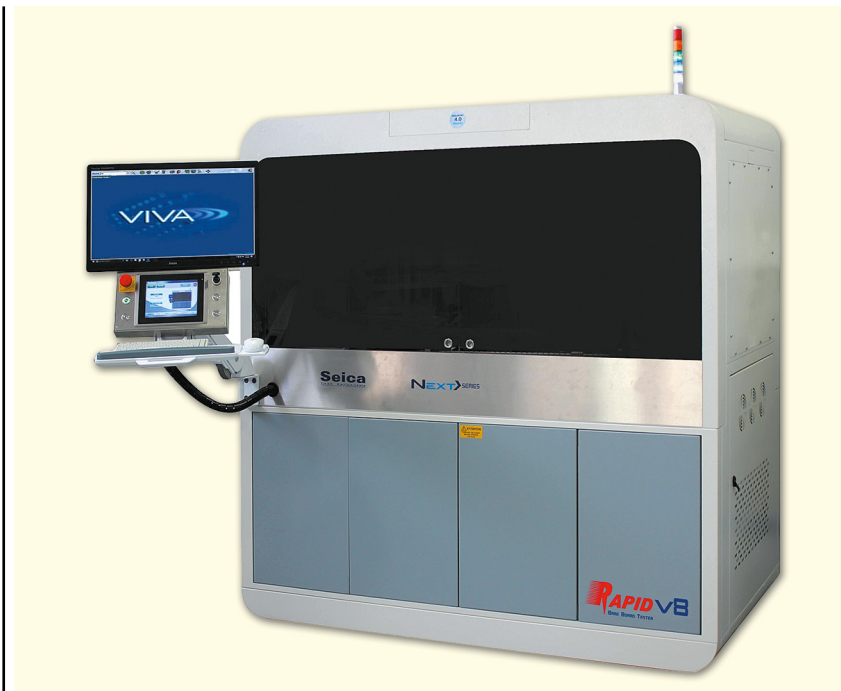


Рис. 5. Rapid Next

ній платформі VIVA (VIP), спільній апаратній та програмній платформі Seica, яка включає повний набір високопродуктивних автоматизованих інструментів та інструментів для розробки та виконання програм тестування.

Програмне забезпечення VIVA організує просту розробку тестової програми у три етапи, що передбачають підготовку, перевірку і сам тест, і направляє користувача через серію автоматизованих операцій в інтуїтивно зрозумілому середовищі. Це помітно скорочує час програмування та практично виключає можливість помилок та упущень, отже, забезпечує якість остаточної програми тестування.

Уся лінійка системи Rapid Next оснащена кольоровими рухомими камерами

високої роздільної здатності, по одній з кожної сторони, що дозволяє виконувати автоматичне оптичне центрування друкованої плати та візуальний огляд щупів під час тесту (рис. 6, 7). Крім спрощення операцій з виконання та налагодження тестових програм, програмне забезпечення VIVA має можливість використання камер для автоматичного зчитування штрих-кодів.

Маючи двадцятирічний досвід роботи в технології тестування як зібраних, так і не змонтованих друкованих плат з використанням тестерів з «літаючими» щупами, Seica має ноу-хау та можливості для оснащення ліній Rapid надійною, точною конструкцією. В осях X-Y використовуються лінійні напрямні

та кульково-гвинтові пари останнього покоління, керовані безщітковими двигунами: вони розташовані таким чином, щоб мінімізувати габаритні розміри при оптимізації руху та точності позиціонування. Осі Z рухаються лінійними двигунами і розраховані на максимальну точність і керовану динаміку датчиків. Керування рухом досягається за допомогою цифрових драйверів Seica нового покоління, підключених через оптоволоконні цифрові канали, для роботи без електричних завод.

### Інструменти для тестування субстратів

Здатність кожного щупа точно контактувати з будь-якою точкою друкованої плати незалежно від розташування дозволяє навіть у найскладніших тестах перевірити ланцюг.

- Тест параметрів трасування: перевіряє цілісність та ізоляцію між доріжками друкованої плати за допомогою резистивного тесту.
- Micro Short Identify MSI (мікрокороткий ідентифікатор): перевіряє наявність короткого замикання між доріжками, що виникли через виробничий брак.
- Ізоляція 100 ГОм: випробування ізоляції до 100 ГОм, використання 1000 В (опція).
- Trace Capacitance Test (ємнісний тест доріжки): автоматично визначає та перевіряє ємність між доріжками та заземлюючими поверхнями друкованої плати (для швидкісного тестування).
- Тест Кельвіна: завдяки своїй архітектурі Seica може виконувати вимірювання Кельвіна з використанням стандартних щупів та розміщувати по два щупи на одному майданчику.

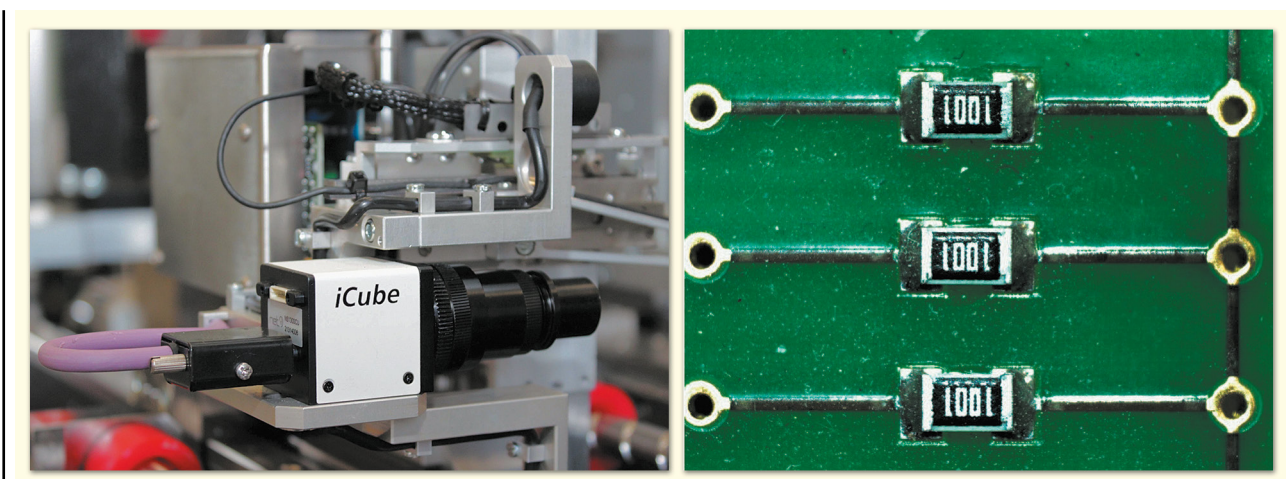
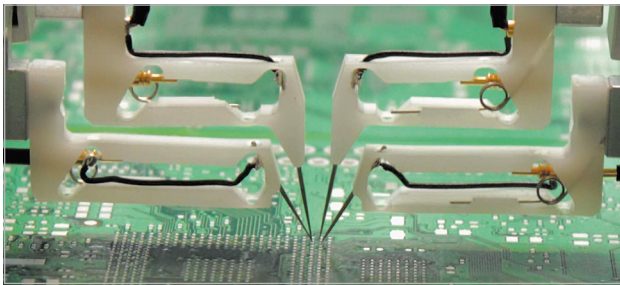
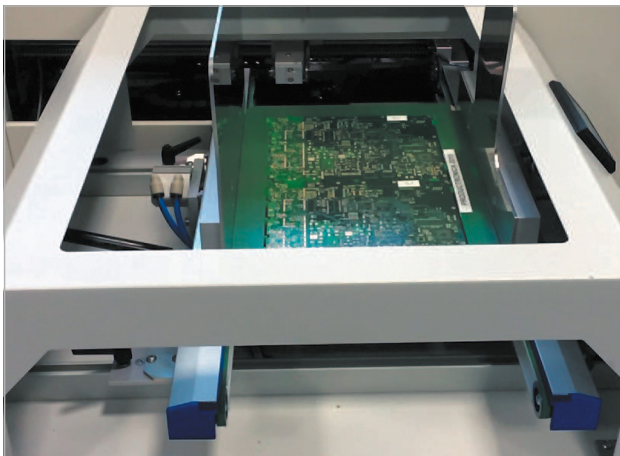


Рис. 6. Вся лінійка системи Rapid Next оснащена кольоровими рухомими камерами високої роздільної здатності



**Рис. 7. Rapid Next оснащена тестовими щупами, спеціально розробленими для швидкого та точного тестування всіх типів та макетів плат**



**Рис. 8. Лінійка Rapid Next забезпечує автоматизацію як горизонтальних, так і вертикальних тестерів**

- Barrel Test: перевіряє цілісність та параметричний тест перехідних отворів на друкованій платі, одночасно розміщуючи по два щупи з кожної сторони плати на одному контактному майданчику.
- Тест компонентів: системи Rapid Next можуть генерувати та виконувати всі параметричні та функціональні тести пасивних та активних компонентів, що вбудовуються завдяки багаторічному досвіду та технологіям Seica, розробленим для тестів змонтованих плат.
- Link to Grid Test (тест на підключення до мережі): дозволяє повторно тестувати плати або ділянки плат, які раніше були протестовані на адаптерній тестовій системі «ложе цвяхів».
- Flexible Circuits (Гнучкі схеми): Seica розробила нову механічну систему кріплення для гнучких схем та внутрішніх шарів з унікальним затискним пристроєм для мінімізації короблення плати, а для тестування надзвичайно тонких гнучких схем доступний вакуумний стіл, який можна вставити в зону випробувань, щоб спростити тестування.

### Щупи

Тестова система Rapid Next оснащена тестовими щупами (рис. 7), спеціально розробленими для швидкого та точного тестування всіх типів плат: навіть найскладніші плати та контактні майданчики мінімального розміру можуть бути перевірені завдяки геометрії, точності та відтворюваності систем Seica. Інноваційна конструкція нових голок щупів гарантує тривалий термін служби без обслуговування (понад 8 млн дотиків). Особлива увага була приділена мінімізації електричного шуму, здатного вплинути на вимірювання, тому можна постійно перевіряти навіть дуже малі параметри на доріжках. Нове покоління датчиків Soft Touch Probes (щупи

м'якого торкання) дозволяє тестувати друковану плату майже не залишаючи слідів на поверхні контактної майданчика.

### Автоматичне завантаження

Лінійка Rapid Next забезпечує автоматизацію як горизонтальних, так і вертикальних тестерів (рис. 8). Це абсолютна інновація на ринку щупів для друкованих плат. Горизонтальна система Seica Automation може працювати у поєднанні зі штабелеукладачами та розкладачами, а просте меню використовується для вибору послідовності тестів, щоб при завантаженні вибраної програми система тестів автоматично регулювала ширину притискних планок. Наприкінці тесту друкована плата вивантажується та перенаправляється на наступний рівень відповідно до результату тесту (пройшов/не пройшов).

Вертикальна система може бути об'єднана з одностійковим або багатостійковим завантажувачем, здатним одночасно утримувати до 50 друкованих плат; всі вони можуть бути однаковими чи різними. Система автоматично вибирає правильну програму тестування та регулює затискні планки, а друковані плати автоматично поділяються відповідно до результату тесту.

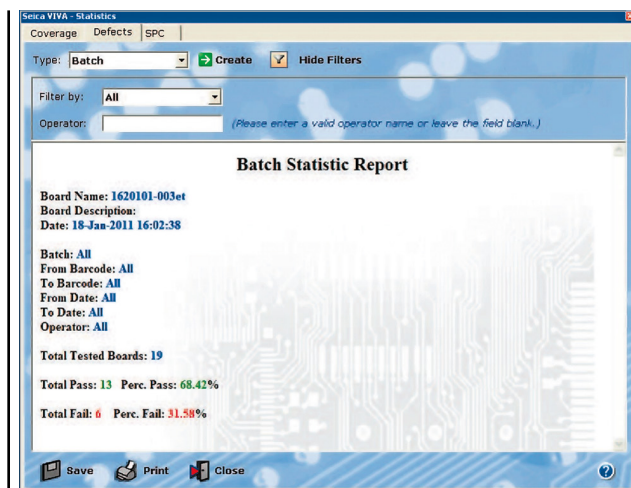
Обидві системи надають можливість встановити модуль маркування для нанесення етикетки зі штрих-кодом на плати, які не пройшли тестування для роботи з ними на ремонтній станції.

### Інструменти статистичного моніторингу

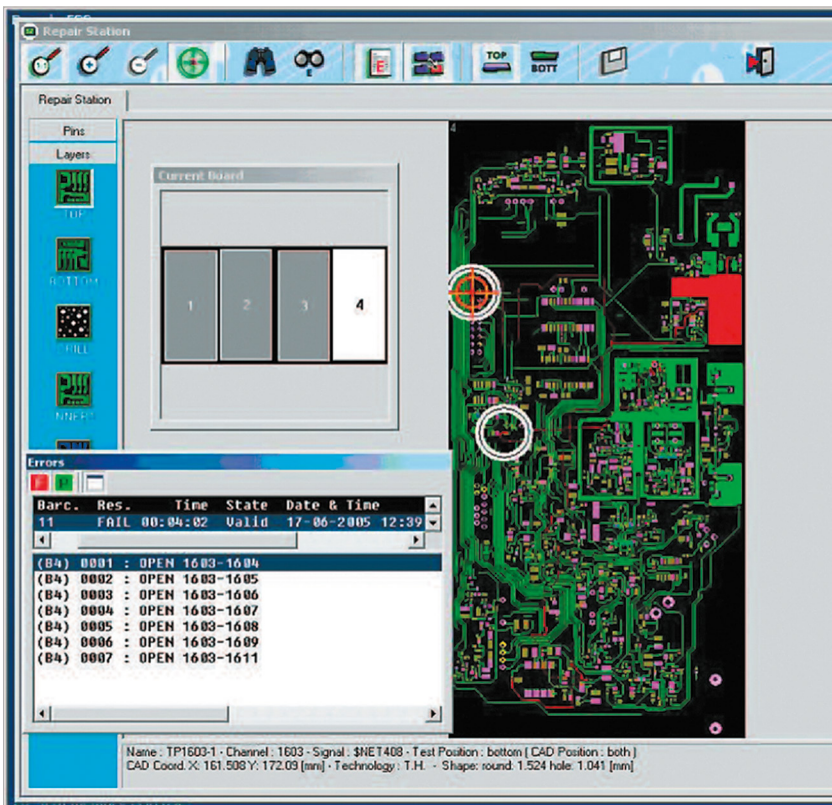
Інструменти статистичного моніторингу призначені для аналізу якості та звітів про дефекти. Системи Rapid Next надають користувачеві різні функції, необхідні для збору даних про дефекти партії, і самостійно формують звіти, що відображають статистичну інформацію як у графічному, так і текстовому вигляді (рис. 9).

### Багатопанельний та паралельний тести

Програма тестування легко працює з мультипанельними форматами, пропонуючи численні можливості для керування будь-яким проектом у простому у використанні візуальному середовищі. Тести, визначені для однієї друкованої схеми, множаться та застосовуються до всієї панелі одним клацанням по екрану, зі звітом про тестування та наданням результату кожної окремої схеми.



**Рис. 9. Інструменти статистичного моніторингу призначені для аналізу якості та звітів про дефекти**



**Рис. 10.** Графічне середовище відновлення: допомагає знаходити та переглядати частини друкованої плати, показуючи дефекти, виявлені під час тесту, що спрощує ремонтні операції

Використання системи з вісьма щупами дає можливість тестувати мультипліковані друковані плати, проводячи одночасний паралельний тест на двох окремих платах по чотири щупи на кожній схемі, що дозволяє значно збільшити продуктивність процесу тестування.

#### Ремонтна станція

Програмне забезпечення VIVA дозволяє або на комп'ютері, що окремо стоїть, або безпосередньо на самому тестері знаходити і проводити перегляд області друкованої плати, показуючи виявлені під час тесту дефекти, що спрощує ремонтні операції (рис. 10).

#### Станція попереднього програмування

Опція «Станція попереднього програмування» дозволяє, не завантажуючи електротестер, розробляти тестові програми в автономному режимі і тим самим оптимізує доступність системи для тестування друкованих плат як на одному, так і одночасно на кількох електротестерах.

#### Маркер для плат

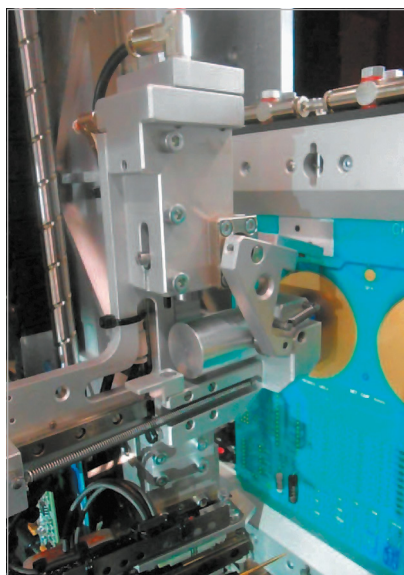
У виробничих умовах все частіше потрібно після електричного тестування «позначити» плати міткою «Придатний». Для цього в тестерах від компанії Seica є пристрій автоматичного маркування (рис. 11). Для маркування друкованої плати в місці, яке визначається за допомогою керованої спеціальної програми, інтегрованої в програмне забезпечення VIVA, використовується маркер у вигляді штампуги.



ТОВ «АДС ТІМ» —  
ВЛАСНЕ ВИРОБНИЦТВО  
В УКРАЇНІ МОТОЧНИХ ВИРОБІВ  
ЗГІДНО ДОКУМЕНТАЦІЇ  
АБО ЗА ТЕХНІЧНИМ ЗАВДАННЯМ

[www.adcgr.com](http://www.adcgr.com)  
[www.adc-team.com](http://www.adc-team.com)

тел. +38 044 206 22 52  
моб. +38 067 249 77 58  
+38 050 464 22 52



**Рис. 11.** Пристрій автоматичного маркування

CN

# Трасування під довільним кутом — коли його потрібно використовувати?

Закарайа Петерсон (Zachariah Peterson)

**Інструменти автоматизації проєктування електроніки пройшли довгий шлях від моменту появи персональних комп'ютерів. Сучасні засоби трасування, такі як автотрасувальники, інтерактивне трасування, підстроювання довжини та еквівалентна заміна виводів, допомагають проєктувальникам зберегти свою продуктивність, особливо при збільшенні щільності розміщення компонентів та трас на друкованих платах. У традиційних засобах конструювання плат трасування обмежене зламами під кутом 45 і 90 градусів, але ефективніші засоби дозволяють трасувати під будь-яким кутом.**

Отже, який стиль трасування слід використовувати та які переваги трасування під довільним кутом? Як і в багатьох інших інженерних проблемах, перехід від стандартної геометрії трас до трасування під довільним кутом тягне за собою безліч компромісів, але в деяких проєктах трасування під довільним кутом є кращим рішенням, ніж інші (рис. 1). Сподіваємося, що зібрані в цій статті рекомендації допоможуть вам вирішити, чи слід використовувати трасування під довільним кутом у ваших друкованих платах.

## ЩО ТАКЕ ТРАСУВАННЯ ПІД ДОВІЛЬНИМ КУТОМ?

Як впливає з назви, трасування під довільним кутом дозволяє проєктувальнику вести трасу під будь-яким кутом, навіть уздовж складної кривої. Засоби інтерактивного тра-

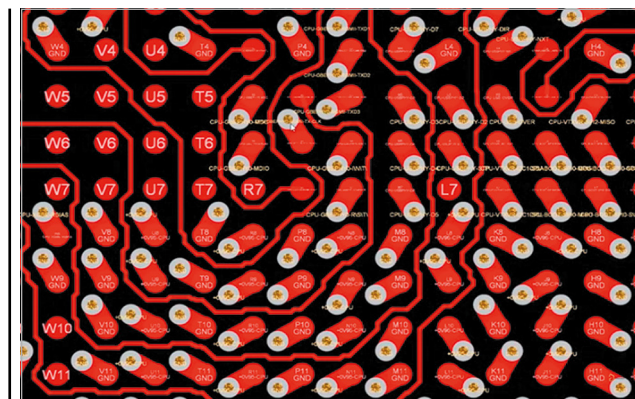


Рис. 1. На що схоже трасування під довільним кутом

сування в передових засобах проєктування друкованих плат включатимуть можливість, яка дозволить визначити дугу для трасування кривої або просто перетягнути кінцеву точку траси вздовж потрібного напрямку. Це позбавить умовного обмеження, при якому траси велися під кутом 45 і 90 градусів.

Хоча траси під кутами 45 і 90 градусів допомагають зберегти організованість трасування і такі траси мають гарний вигляд, це не єдиний спосіб трасування. Головною перевагою трасування під довільним кутом є можливість зменшити неузгодженість довжини між групами одиночних трас, що дозволяє заощадити простір на платі та зменшити рівень звивистості трас, необхідного узгодження довжини.

У деяких випадках можливість трасування вздовж відносно прямої лінії може позбавити необхідності в двох або більше перехідних отворах для траси. Цю можливість, відому як заклепування (clinch), також можна використати, щоб вирішити проблему, яка може виникнути під час використання автотрасувальника. Творче використання перехідних отворів та трасування під довільним кутом дозволяє уникнути трасування вздовж іншої групи трас та переходів. Натомість, ви можете трасувати безпосередньо між двома точками на зовнішньому шарі або з мінімальною кількістю переходів між шарами.

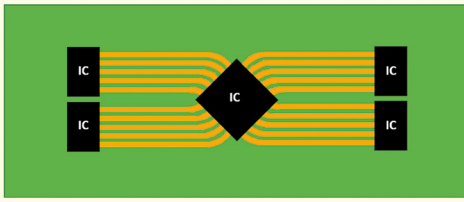
## ТРАСУВАННЯ НА КРИВИХ — РОЗМІЩЕННЯ ДУГИ ПРИ ТРАСУВАННІ ПІД ДОВІЛЬНИМ КУТОМ

Одним із цікавих способів трасування є розміщення трас із дугами, що має переваги для деяких конструкцій плат. Наприклад, у круглих платах трасування вздовж кривої дозволяє заощадити простір при розміщенні траси вздовж краю плати. Це краще рішення в порівнянні з восьмикутним трасуванням, оскільки ви можете зменшити загальний розмір плати, розмістити більше трас на заданому просторі або вмістити більше компонентів.

Вам не потрібно вибирати чи використовувати трасування під довільним кутом або дугами. Ви можете використовувати прямі сегменти трас разом із дугами на одній трасі, якщо це дозволяють ваші інструменти проєктування. Це може допомогти вирішити деякі проблеми трасування, крім простого трасування вздовж круглої плати. Розглянемо два невеликі приклади.

Перший випадок — коли у вас є квадратна чи прямокутна плата, і під кутом 45 градусів щодо краю плати на ній розташований великий квадратний чи прямокутний компонент. Тут використання трасування під довільним кутом для виведення трас із контактних майданчиків компонента дозволяє провести трасування до прямих ділянок на меншій площі та/або з більшою щільністю трас порівняно з використанням стандартного трасування під кутом 45 градусів.





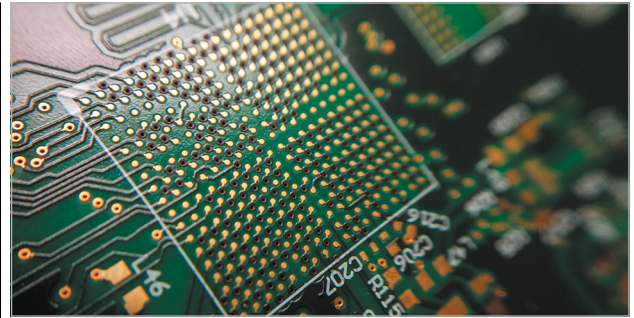
**Рис. 2.** Трасування під довільним кутом між мікросхемами

Існує ще одна перевага, яка може бути не зовсім очевидною при погляді на зображення вище. Припустимо, що потрібно узгодити довжину п'яти сигнальних трас, що виходять із центральної мікросхеми. Якби у прикладі вище ми використовували злами під кутом 45 градусів, між паралельними трасами була б більша неузгодженість по довжині, тому для вирівнювання довжини трас знадобилося б більше меандрів. Трасування дугою між прямою ділянкою траси та ділянкою під кутом 45 градусів коротше, ніж трасування прямими, тому неузгодженість між п'ятьма трасами буде меншою (рис. 2). Якщо час наростання сигналу досить великий, може відпасти необхідність в узгодженні довжини.

## СТВОРЕННЯ ФЕНАУТІВ BGA ТА ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ ПАРИ

При конструюванні плат з компонентами BGA ви також можете використовувати трасування під довільним кутом під час виведення трас із контактних майданчиків під компонентом. Це може зробити трасування гнучкішим у порівнянні з простими фенаутами у вигляді гантелі. У поєднанні з трасуванням дугами та повернутим компонентом, як показано на рисунку 3, ви можете розвести BGA будь-яким бажаним способом.

Якщо ви трасуєте диференціальні пари відповідно до певного стандарту, ви також можете використовувати трасування



**Рис. 3.** Трасування під довільним кутом забезпечує відмінну альтернативу традиційним фенаутам

під довільним кутом, проте вам буде необхідно підтримувати узгоджену симетричну зв'язність уздовж пари, щоб забезпечити відповідність вимогам до диференційного хвильового опору. Тим не менш, з урахуванням розглянутих вище переваг трасування дугами, ви зможете зменшити неузгодженість довжини при трасуванні групи диференціальних пар на платі.

Як і інші засоби трасування, трасування під довільним кутом може підійти не у всіх випадках, але воно надає більше гнучкості при виборі схеми трасування для різних плат. Можливості інтерактивного трасування Altium Designer® ідеально підходять для реалізації трасування під довільним кутом. Інструменти трасування Altium Designer автоматично перевіряють ваші плати на відповідність правилам у процесі конструювання.

Ви можете завантажити безкоштовну пробну версію Altium Designer і дізнатися більше про найкращі в галузі засоби конструювання, аналізу та планування виробництва плат. Поговоріть з експертом Altium, щоб дізнатися більше.

**ТОВ «Софтпром Солюшинз» — дистриб'ютор компанії Altium в Україні:**

**e-mail: [altium@softprom.com](mailto:altium@softprom.com)**

**<https://softprom.com/ua/vendor/altium>**

CN

# SOFTPROM

Дистриб'ютор Altium в Україні  
[softprom.com/ua/vendor/altium](https://softprom.com/ua/vendor/altium)  
[altium@softprom.com](mailto:altium@softprom.com)

ТОВ "Софтпром Солюшинз"

# Altium Designer

# Компактне ізольоване джерело живлення драйверів затворів SiC MOSFET з додатковим каналом

У статті розглянуто оптимальну схему допоміжного ізольованого джерела живлення, що забезпечує живлення драйверів SiC MOSFET.

## ВСТУП

У міру подальшого поширення високовольтних силових напівпровідникових компонентів, побудованих за карбідокремнієвою (SiC) технологією та працюючими на частотах перемикання вище 100 кГц, посилюються вимоги до керування їх затворами. Окрім вимог забезпечити біполярну, позитивну та негативну керуючі напруги для драйверів затвора та вимог до ЕМС, необхідно враховувати додаткові обмеження

щодо захисної ізоляції між стороною високої напруги та стороною безпечної дуже низької напруги (SELV).

Крім того, від багатьох рішень потрібні невеликі масогабаритні показники за невисокої вартості. Оптимальна конструкція ізольованого допоміжного джерела живлення, що забезпечує напругу та струм для керування SiC MOSFET, має вирішальне значення у тому, щоб повноцінна система драйверів затвора задовольняла вимоги сучасних SiC-рішень.

## ВИМОГИ ДО КЕРУВАННЯ ЗАТВОРОМ SiC MOSFET

Для повного включення SiC MOSFET зазвичай потрібно, щоб напруга на затворі дорівнювала 15 В і  $-4$  В — для надійного вимикання. Ці величини можуть відрізнитися в залежності від виробника пристрою. На рисунку 1 показано конфігурацію напівмосту. Кожному SiC MOSFET потрібен незалежний каскад драйвера затвора із власним ізольованим джерелом допоміжної напруги. Ці каскади не тільки забезпечують незалежне керування кожним SiC MOSFET, але й зберігають невелику площу контуру струму затвора, зводячи до мінімуму несприятливі ефекти паразитної індуктивності контуру і завад заземлення, викликані дуже високими значеннями  $dI/dt$  при комутації. В іншому випадку ці порушення можуть призвести до неконтрольованого вмикання та вимикання SiC-приладу, а також збільшення комутаційних втрат, що негативно позначиться на робочих характеристиках і надійності програми.

## ВИМОГИ ДО ІЗОЛЬОВАНОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДРАЙВЕРА ЗАТВОРА ДЛЯ SiC MOSFET

У високовольтних застосуваннях, що використовують SiC MOSFET у режимі жорсткої комутації, гальванічна розв'язка є стандартною вимогою з міркувань безпеки та функціональності. Залежно від сфери застосування використовується розв'язка базового або посиленого виду. Традиційні ізольовані схеми драйвера затвора є ізолюючим бар'єром («мостом»), забезпечуючи гальванічну розв'язку. У деяких найновіших високопотужних SiC-приладів або модулів живлення сумарний заряд затвора досягає 3 000 нКл. При збільшенні частоти комутації або потужності навантаження очікується, що система драйвера забезпечить потужність 6–10 Вт у найвибагливіших сучасних та майбутніх приладах.

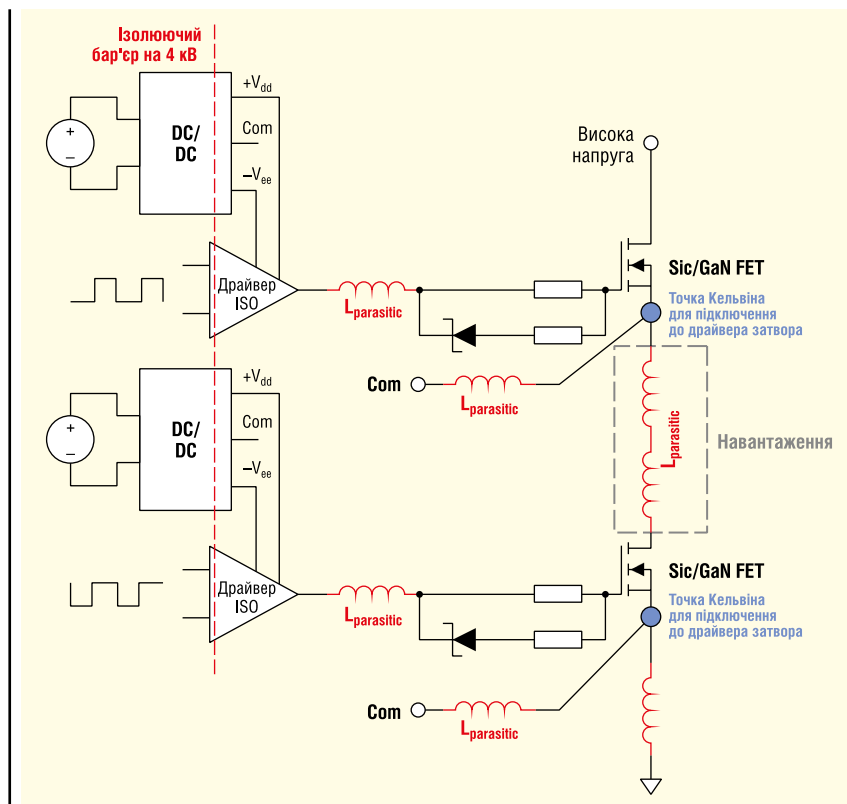


Рис. 1. Напівмостова топологія SiC MOSFET з виділеними паразитними індуктивностями

Критичним параметром ізолюваного DC/DC-перетворювача є паразитна ємність  $C_p$  між двома сторонами. Вона виникає, головним чином, через ізолюваний драйвер затвора та допоміжний силовий трансформатор. У допоміжному джерелі живлення паразитна ємність, в основному, визначається ємністю між первинною та вторинною обмотками трансформатора (тобто міжобмотувальною ємністю). Оскільки при перемиканні найновіших SiC MOSFET швидкість наростання  $\Delta U/\Delta t$  становить 100 кВ/мкс, паразитна ємність бар'єра величиною 10 пФ викликає піковий струм зміщення 1 А відповідно до рівняння (1):

$$I_p = C_p \cdot \Delta U/\Delta t, \quad (1)$$

де  $I_p$  — струм зміщення;  $C_p$  — паразитна ємність зв'язку.

При збільшенні  $I_p$  спотворення керуючих сигналів, а також синфазні струми завад, які впливають на електромагнітну сумісність (EMC), можуть стати значимими. Паразитну ємність ізолюючого бар'єру мінімізують, щоб зменшити ці несприятливі ефекти, дозволити SiC MOSFET швидко перемикатися, підвищити за його допомоги ефективність, покращити теплові характеристики та скоротити розміри рішення. Рекомендується, щоб величина  $C_p$  у джерелі допоміжної напруги не перевищувала 10 пФ.

## РІШЕННЯ WÜRTH ELEKTRONIK ПУТЮЖНІСТЮ ДО 6 ВТ

Вихідний проект високопродуктивного ізолюваного допоміжного джерела живлення RD001 від Würth Elektronik (див. рис. 2) відповідає вказаним вище вимогам. Перерахуємо його основні характеристики:

- діапазон вхідної напруги: 9–18 В;
- вихідна напруга становить: біполярна 15 В/–4 В або уніполярна 15–20 В;
- потужність: до 6 Вт;
- ефективність (п.к.): до 86% (83% при 6 Вт);
- паразитна ємність зв'язку: менше 7 пФ;
- розміри більш ніж на 50% менше, ніж у конкуруючих аналогів (Д×Ш×В): 27×14×14 мм;
- вага: менше 4 г;
- базова ізоляція для  $V_{Bus}$ : 800 В;
- діелектрична міцність ізоляції первинної/вторинної обмоток: 4000 В (СКЗ).

Крім зворотного контролера від Analog Devices, що здійснює регу-

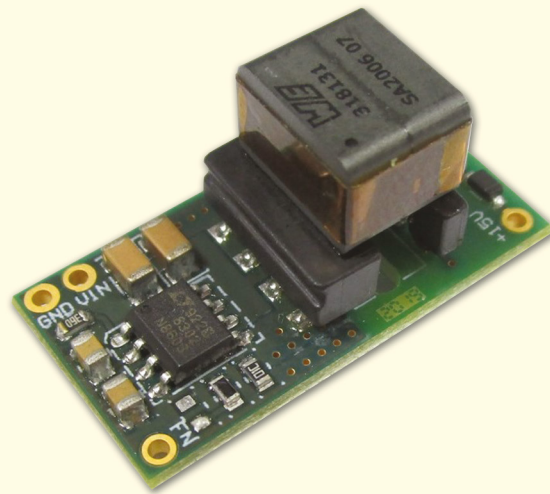


Рис. 2. Плата вихідного проекту Würth Electronics для компактного ізолюваного DC/DC-перетворювача драйверів затворів SiC MOSFET

лювання по первинній стороні (PSR), ключовим компонентом цього вихідного проекту є новий силовий трансформатор WE-AGDT-750318131. У ньому використовується компактне осердя EP7 зі спеціальним каркасом, оптимізованим відповідно до таких вимог:

- широкий діапазон вхідної напруги: 9–36 В;
- високий струм насичення: 4.5 А;

- дуже низька міжобмотувальна ємність (тип.): 6.8 пФ;
- дуже низька індуктивність розсіювання за максимальної ефективності (тип.): 270 нГн;
- готовність до SMD-монтажу Pick&Place;
- шлях струму витoku та повітряний зазор (мінім.): 5 мм;
- стандарти безпеки: IEC-62368-1, IEC-61558-2-16;

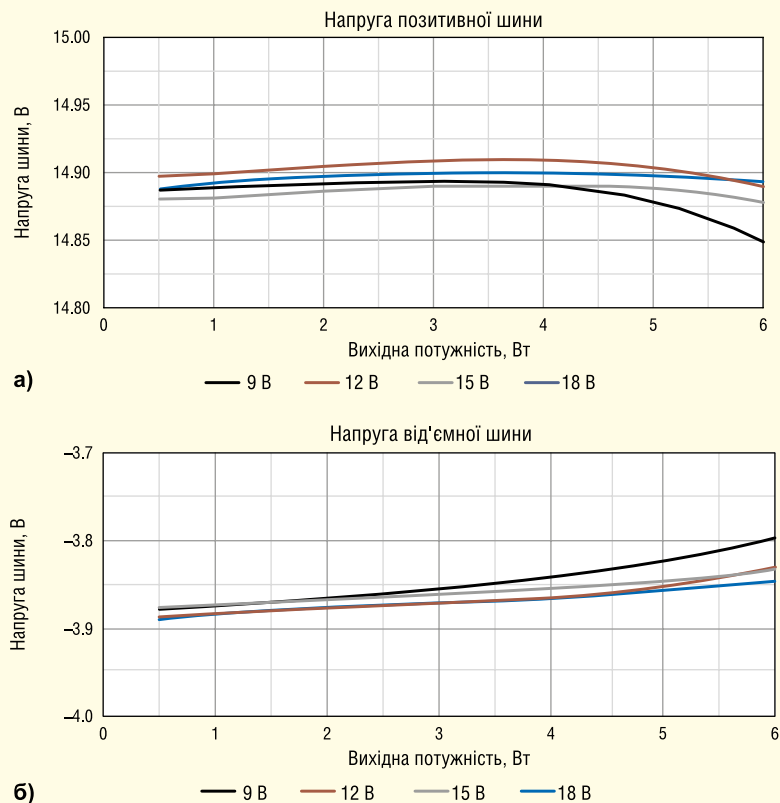
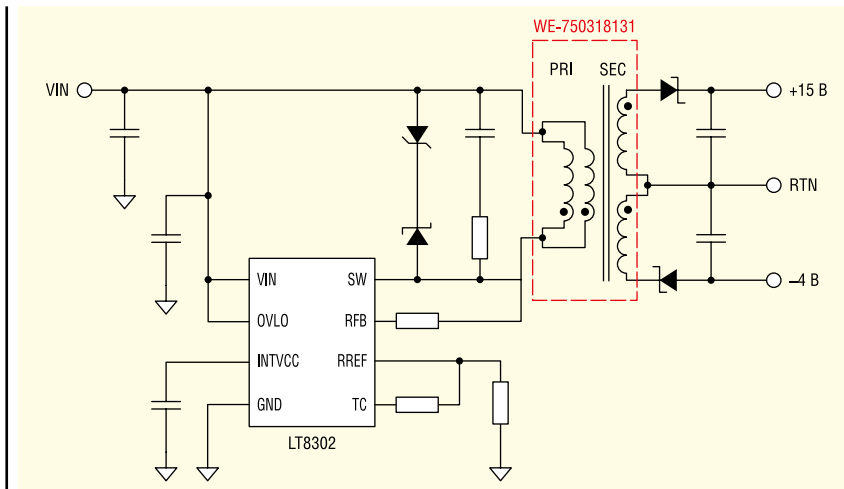


Рис. 3. Напруга позитивної та від'ємної шин залежно від потужності навантаження (при  $V_{in}$  (ном.) = 12 В)



**Рис. 4.** Спрощена принципова схема допоміжного 6-Вт ізованого джерела живлення драйвера затвора SiC MOSFET

- діелектрична міцність ізоляції (хв.): 4 кВ AC;
- температурний клас B: 155 °C;
- кваліфікація: AEC-Q200 (в процесі).

У серію WE-AGDT входять шість трансформаторів компактного виконання EP7, оптимізованих під відповідні вихідні проекти. Вони забезпечують біполярну (15 В, -4 В) та однополярну напругу (15–20 В) у діапазоні вхідної напруги 9–36 В за максимальної вихідної потужності до 6 Вт. Хоча вони оптимізовані для SiC-рішень, ці трансформатори можна використовувати для керування IGBT та силовими MOSFET, а також високовольтними GaNFET при коректно реалізованому стабілізуючому вихідному каскаді.

На рисунку 3 показано регулювання вихідної напруги DC-DC перетворювачів залежно від потужності навантаження та вхідної напруги. Видно, що регулювання вихідних напруг для вихідної напруги 12 В або вище дуже хороше.

Спрощена принципова схема показана на рисунку 4. Оскільки у ній використовується зворотногоходовий перетворювач LT8302 в струмовому режимі, у схемі дуже мало компонентів. Вихідна напруга регулюється шляхом вимірювання відбитої вторинної напруги на первинній стороні, завдяки чому усувається необхідність третьої обмотки трансформатора або оптрону для зворотного зв'язку. Контролер забезпечує захист від перевантаження та короткого замикання на виході, що підвищує надійність та стійкість допоміжного джерела живлення та мінімальну потужність навіть при малому навантаженні основного каналу. Для підтримки необхідної точності вихідної напруги зазвичай потрібно менше 0.5% повної

вихідної потужності, якщо навантаження мінімальне [1].

Трансформатор забезпечує необхідну гальванічну розв'язку між низьковольтною первинною стороною та високовольтною вторинною сторонами.

## ВИСНОВКИ

**Н**ова серія трансформаторів WE-AGDT від Würth Elektronik разом із перевіреними вихідними проектами дозволяє легко реалізувати дуже компактне та ефективне допоміжне джерело живлення для драйверів затворів SiC MOSFET потужністю до 6 Вт. Пропонована схема передбачає дві робочих напруги драйвера затвора, покращену розв'язку з дуже низькою ємністю зв'язку між первинною та вторинною сторонами відповідно до суворих вимог до EMC та діелектричну міцність ізоляції не менше 4 кВ по постійному струму. Завдяки наявності біполярної та регульованої уніполярної шини вихідної напруги у розробника є широкі можливості щодо вибору оптимальної керуючої напруги SiC MOSFET.

## Література:

1. Analog Devices data sheet. LT8302/LT8302-3. Rev. G.
2. Würth Elektronik. Reference design RD001. 6 W Isolated Auxiliary Power Supply for SiC-MOSFET Gate Driver.
3. Brander T., Gerfer A., Rall B., Zenkner H. Trilogy of Magnetics. 5th ed. Waldburg. 2018.

**За матеріалами компанії  
Würth Elektronik**

CN

## ВСТАНОВЛЕНО НОВИЙ РЕКОРД ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ СТАНДАРТНИМ ОПТОВОЛОКНОМ

Науковці та інженери з японського інституту NICT (National Institute of Information and Communications Technology) встановили новий рекорд швидкості передачі інформації стандартним оптоволоконно. Шляхом подачі в одноядерне оптоволоконно 55 різних оптичних сигналів, званих «модами», вони організували відповідну кількість незалежних каналів передавання інформації, сумарна пропускна спроможність яких дорівнювала 1.53 петабіти на секунду.

Нагадаємо нашим читачам, що один петабіт дорівнює мільйону гігабіт. І для того, щоб зрозуміти, наскільки швидко є отримана швидкість передавання, зазначимо, що сумарна пропускна спроможність нинішнього Інтернету перебуває десь на позначці 1 петабіта на секунду. Це означає, що ця оптоволоконна комунікаційна система здатна із запасом впоратися з усіма потоками даних, що циркулюють Інтернетом.

З технічного погляду, 1.53 петабіта на секунду не є найшвидшою швидкістю передачі на сьогодні. Ця честь належить системі зі спеціальним оптичним чипом, яка забезпечує швидкість в 1.84 петабіта на секунду. Але в тій системі використовується багатоядерне оптоволоконно, а сам спеціалізований оптичний чип є поки що експериментальною розробкою, якій ще дуже далеко до рівня практичного застосування.

Нинішнє ж досягнення японських дослідників перевершує за важливістю все інше подібне через те, що воно було реалізовано за допомогою оптоволоконна зі стандартним діаметром скляного світловода в 0.125 мм. Це, у свою чергу, робить нову систему повністю сумісною з наявною комунікаційною інфраструктурою.

Ба більше, це досягнення є першим використанням 55 мод для передавання інформації, що дає змогу використовувати більш ефективно світло й оптоволоконно. Зазначимо, що в травні цього року вченим з NICT вдалося отримати швидкість передавання в 1.02 петабіта за секунду за допомогою чотириядерного оптоволоконна, і чотирих мод, які подаються в кожне ядро.

<https://newatlas.com>

# RECOM

www.recom-power.com



## RPxx-RW – DC/DC-перетворювачі з вихідною потужністю 75...240 Вт для систем підвищеної надійності

Малі габаритні розміри, високий ККД, відповідність стандартам UL-60950, EN50155 и EN60950 – основні вимоги до обладнання залізничного транспорту, яким відповідають перетворювачі серій RPxx-RW.

Перетворювачі RPxx-RW розраховані на роботу в діапазоні температур від **-40 до 85° С** без зниження вихідної потужності

RPxxH-RW



RPxxQ-RW



Перетворювачі серій RP75H-RW, RP90Q-RW, RP100H-RW, RP120Q-RW, RP180H-RW и RP240H-RW мають базову основу з кріпильними отворами для застосування в обладнанні, що піддається впливу значних вібрацій

- ККД до 93%
- вхідна напруга 24 (9...36), 48 (18...75), 110 (43...160) В
- вихідна напруга 5, 12, 15, 24 або 48 В

**VD MAIS** – офіційний дистриб'ютор компанії **Recom** в Україні

ДИСТРИБ'ЮЩА +  
КОНТРАКТНЕ  
ВИРОБНИЦТВО

тел.: (044) 220-0101, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478,  
(050) 423-8150, (048) 734-1954, info@vdmajs.ua, www.vdmajs.ua

## RPX: надкомпактні силові модулі у корпусі QFN



- Неізолювані понижуючі DC/DC-перетворювачі з інтегрованою котушкою індуктивності у SMD-корпусі
- Версії з виходом 1, 1.5 або 2.5 А
- Діапазон вхідних напруг 4 ... 36 В
- Вихідна напруга 0.8 ... 30 В, програмується вихідними резисторами
- Високий ККД у широкому діапазоні навантажень (5 ... 100% від номінального)
- Оптимізоване тепловідведення дозволяє працювати з 100% навантаженням за температури до +105 °С
- Повний спектр вбудованих захистів: від к.з., перевантаження, перегріву, просідання напруги
- Мінімальні вимоги до зовнішнього фільтру ЕМП для забезпечення вимог класу А або В

# RECOM



**VD MAIS**

ДИСТРИБ'ЮЩА +  
КОНТРАКТНЕ  
ВИРОБНИЦТВО

– офіційний дистриб'ютор в Україні  
продукції **RECOM**.

info@vdmajs.ua, www.vdmajs.ua

Київ • Львів • Одеса • Харків • Запоріжжя • Дніпро

# Змінний струм – початок початків

Стів Робертс (Steve Roberts)

Переклад: Володимир Рентюк

**До уваги читачів пропонуються розділи книги «AC/DC Book of Knowledge Practical tips for the User» [1] («Книга знань AC/DC: практичні поради для користувача») Стіва Робертса (рис. 1), технічного директора компанії Rescom. У книзі, крім проблем AC/DC-перетворення, порушені теми, які не розглядалися у його попередній книзі «DC/DC Book of Knowledge Practical tips for the User» [2] (Книга знань DC/DC: практичні поради для користувача). Не ставлячи завдання написати фундаментальну працю, автор зміг провести тонку межу між наданням корисної для більшості читачів інформації та надмірною багатослівністю. Книга заснована на власному досвіді автора, його колег та фахівців галузі, які представили свої ідеї, концепції, проекти чи результати експериментів. Перша стаття серії стосується історії змінного струму та його базових принципів.**



**Рис. 1.** Технічний директор компанії Rescom Стів Робертс, спеціаліст, автор книг [1, 2] та популяризатор знань з галузі AC/DC-та DC/DC-перетворювачів

Види коли-небудь думали, чому змінна напруга мережі становить 115 або 230 В, а частота 50 або 60 Гц? Хто взагалі вибрав такі значення? У статті пояснюється історія розвитку мережі змінного струму.

Залежно від того, в якій країні ви знаходитесь, номінальна напруга електромережі в розетці складатиме близько 120 або 230 В змінного струму з частотою напруги 50 або 60 Гц. Якщо ви не підключаєте фен, чайник або лампу, то вам знадобиться адаптер для перетворення високої напруги змінного струму в постійний струм низької напруги, який необхідний, наприклад, для заряджання телефону або живлення ноутбука. Зважаючи на те, що все електронне обладнання спочатку працює від постійного струму, ви можете подумати, чому мережна напруга змінного струму? І хто все-таки вибрав 50/60 Гц або 120/230 В змінного струму в якості «правильних» значень для живлення від електромережі?

Ще в XIX столітті, коли тільки-но почали розвиватися громадські розподільні електричні мережі, вибір був надто ширшим. Пропонувалися джерела

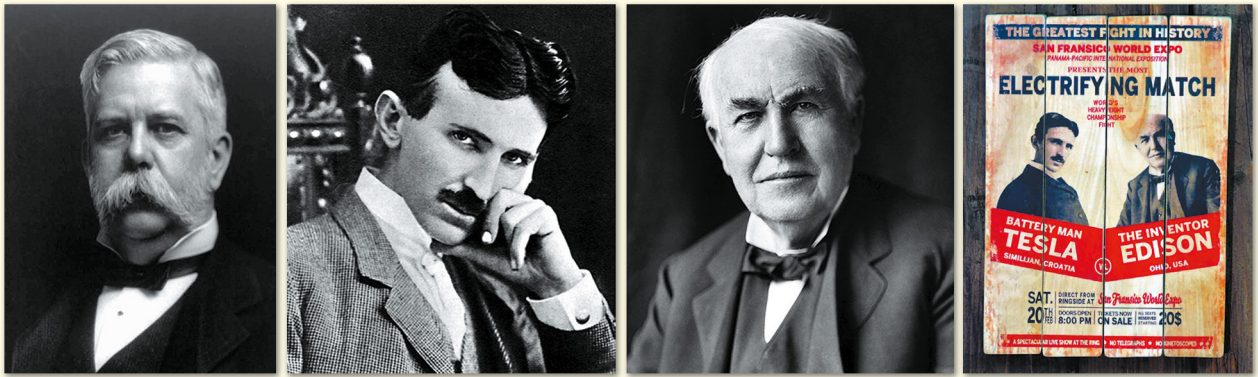
живлення як змінного, так і постійного струму зі стандартною частотою змінного струму в діапазоні 16%–133 Гц. Електронні прилади ще не були винайдені, тому електрика найчастіше використовувалося для освітлення чи обігріву. Ці завдання однаково добре вирішувалися з джерелами як змінного, так і постійного струму, відповідно, частота змінного струму не мала великого значення. Найбільш поширена частота змінного струму становила 42 Гц. Просуванням змінного струму займався Нікола Тесла за підтримки Джорджа Вестінгауза — американського промисловця, інженера та підприємця, засновника компанії Westinghouse Electric Corporation (збанкрутувала та припинила своє існування у 2000 році). При цьому Томас Едісон запатентував у США схему розподілу потужності постійного струму, яка включала три дроти: нульовий, +110 і –110 В (це знижувало матеріаломісткість за тих же втрат енергії), і активно просував його як більш безпечний і надійний, ніж змінний. Певною мірою це було правдою, оскільки перші електричні генератори не відрізнялися високою надійністю і для підтримки напруги в електромережі використовувалися батареї. Вони стабілізували вихідну напругу та усували будь-які короточасні збої генератора. Інша справа з генераторами змінного

струму, які для підтримки правильної вихідної напруги при зміні навантаження не мають (не мали на той час) можливості резервного живлення у разі відмови генератора. Крім того, вони потребують дуже хороших регуляторів швидкості.

Томас Едісон, відстоюючи свої ідеї та переконання, як відомо, вів нещадну війну з Ніколою Тесла (рис. 2) і розміщував у газетах рекламу, в якій пояснював, що нещодавно винайдений електричний стілець використовував змінний струм для засуджених до страти, безсердечно натякаючи, що його система постійного струму безпечніша. Історія цієї «війни» яскраво показана, наприклад, у документальному фільмі «Генії» (оригінальна назва «American Genius», «Edison vs Tesla»), а прочитати про цю битву можна, наприклад, за посиланням [3].

Зрештою змінний струм (загальноприйняте скорочення AC, alternating current) переміг розподілені мережі постійного струму (загальноприйняте скорочення DC, direct current, буквально «односпрямований струм») за трьома основними причинами: простота

\* Публікація перекладів із книги [1] здійснюється за ексклюзивного дозволу її автора Стіва Робертса (Steve Roberts M. Sc. B. Sc.), технічного директора компанії Rescom, наданого перекладачеві.



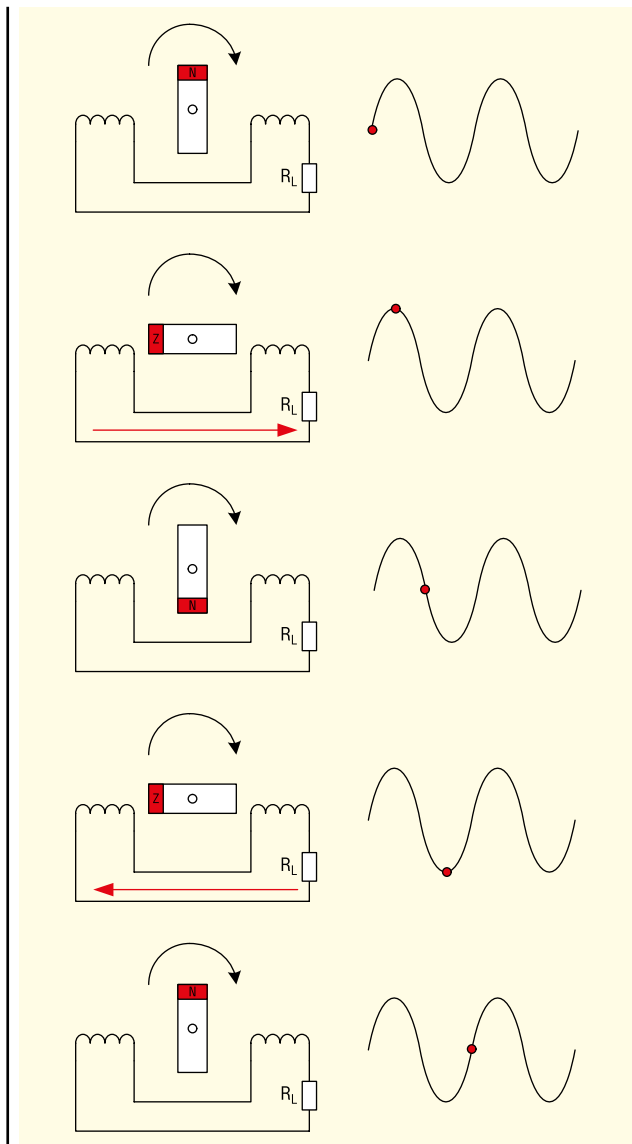
**Рис. 2.** Три великі американці, які дали нам електрику: Джордж Вестінгауз, Нікола Тесла і Томас Алва Едісон, — і афіша «матчу важкоатлетів» електрики на міжнародній виставці в Сан-Франциско

перших генераторів змінного струму, що призвела до швидкого підвищення надійності; легкість, з якою напругу можна було підвищувати чи знижувати за допомогою трансформаторів; переваги багатополюсних генераторів

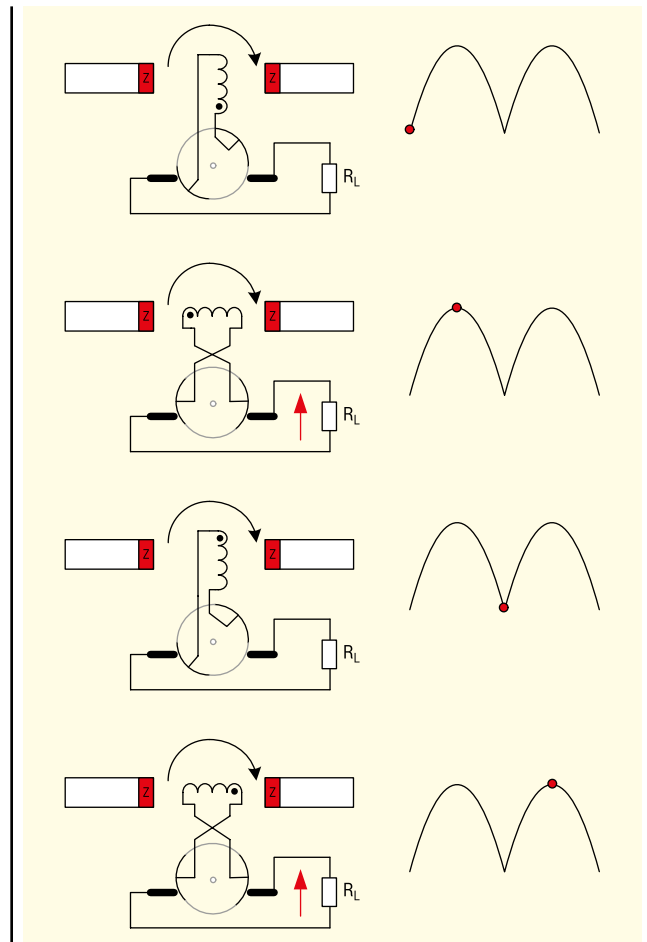
змінного струму, що дозволило знизити швидкість обертання для більш потужних генераторів.

Прості електричні генератори, що використовувалися на той час, перетворювали механічну енергію в електричну, обертаючи магніт усередині котушок з дротом (рис. 3). Зверніть увагу на відсутність ковзних електричних контактів.

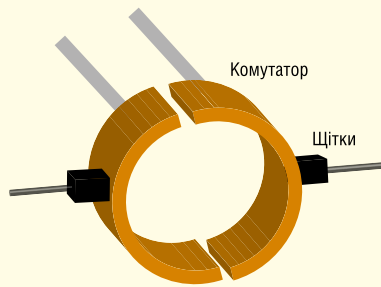
Пристрій, показаний на рисунку 3, називають генератором змінного струму, тому що в міру обертання магніту струм тече по черзі, то в одному напрямку, то в іншому. Якщо бажаний вихід не змінного струму, необхідний механічний перемикач, який називається комутатором. Його завдан-



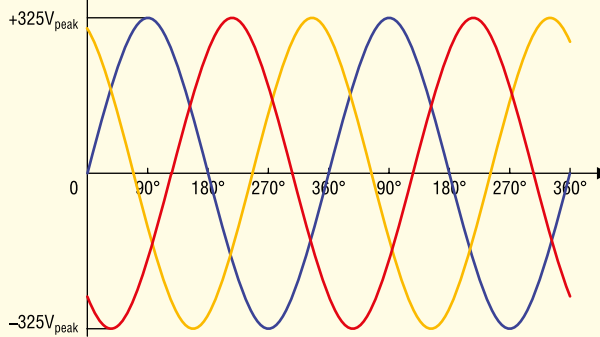
**Рис. 3.** Принцип роботи генератора змінного струму



**Рис. 4.** Принцип роботи комутатора



**Рис. 5. Комутатор із розрізаним контактним кільцем**



**Рис. 6. Трифазний сигнал (сума струмів усіх трьох фаз завжди дорівнює нулю)**

ня — кожні півперіоду міняти місцями з'єднання (рис. 4).

У цьому пристрої замість обертання магніту котушка з дротом рухається в постійному магнітному полі, але ефект генерації такий самий. Перемикання зазвичай виконується розрізним контактним кільцем на валу генератора, яке кожні півоберта змінює місцями з'єднання (рис. 5).

У міру розвитку мережі розподілу електроенергії та збільшення попиту на електроенергію струм, що протікає через щітки комутатора, збільшувався, що робило систему постійного струму все менш надійною, ніж навіть прості генератори змінного струму, що використовувались в той час, і які не потребували контактних кілець і щіток.

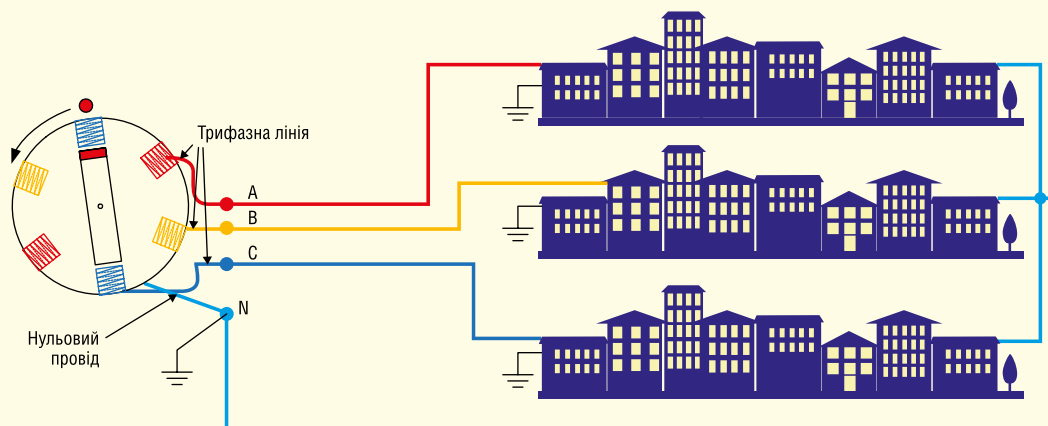
Другою причиною відмови від схеми передачі електроенергії постійного струму були зростаючі втрати у міру того, як до системи підключалося все більше будівель. Втрати потужності в кабелі з опором  $R$  дорівнюють квадрату струму  $I$ , що протікає через нього (втрати  $I^2R$ ), і якщо напругу збільшити вдвічі, це дозволить зменшити струм вдвічі, оскільки

$Power = U \times I$ . Відповідно, за тих же втрат кабель живлення може передати струм ще далі в чотири рази. Цей принцип застосовується до передачі потужності як постійного, так і змінного струму, але для передачі напруги на великі відстані та його подальшого зниження на дальньому кінці було набагато простіше використовувати трансформатори. Томас Едісон намагався вести конкуренцію, пропонуючи свою систему постійного струму і для підвищення або зниження напруги живлення використовуючи генераторні установки (двигун постійного струму, підключений до динамо-машини). Але хоча низьковольтний двигун постійного струму для підвищуючої частини було відносно легко виготовити, високопродуктивний двигун постійного струму для понижувальної частини виходив не настільки надійним, і система часто виходила з ладу. Зрештою Едісон відмовився від концепції розподілу постійного струму та перейшов до розподілу потужності змінного струму. Втім, датою остаточної перемоги змінного струму вважається 2007 рік, коли Нью-Йорк повністю перейшов з постійного струму на змінний [3]. За-

вершальний етап війни ознаменував перехід до сучасної структури світового електропостачання з урахуванням трифазної системи Доливо-Добровольського. Однак у Сан-Франциско, станом на 2012 рік, залишалось 97 острівців постійного струму, які обслуговують від семи до десяти будівель кожен, де до них підключено раритетні ліфти. При цьому в роботі зберігаються й оригінальні кабелі, що прокладені близько 100 років тому.

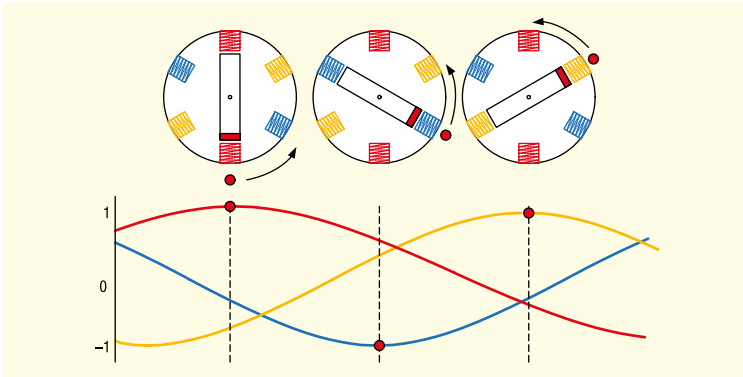
Хоча більшість розеток мереж однофазні, електричні станції змінного струму генерують три фази, розташовані під кутом  $120^\circ$  одна до одної. Перевага цього полягає в тому, що  $3 \times 120 = 360^\circ$ . Іншими словами, фази віднімаються при їх підключенні до однієї загальної точки (рис. 6).

Це означає, що на відміну від розподілу потужності постійного струму, де струм тече однаково в позитивному та негативному кабелях, які, отже, повинні бути однаково масивними, розподільна мережа змінного струму може бути зроблена з трьома потужними фазовими кабелями та нейтральним проводом (нейтраль, або нульовий провід) невеликого

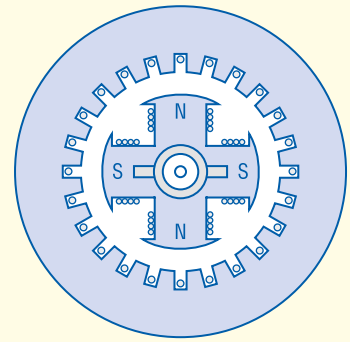


**Рис. 7. Схематичне зображення трифазної системи розподілу електроенергії (нейтральний провід не пропускати струм, якщо навантаження на кожній фазі збалансоване)**





**Рис. 8.** Принцип роботи трифазного двигуна (коли кожна фаза досягає піку, ротор підтягується, щоб вирівнятися по цих обмотках, потім ротор слідує за обертовим магнітним полем)



**Рис. 9.** Приклад багатополісного генератора змінного струму

перерізу, необхідним для перенесення струму дисбалансу, якщо навантаження на трьох фазах не повністю рівні. У нормальних умовах у нейтральному дроті немає струму. Якщо струм тече від будь-якої фази до «землі», це відбувається через несправність і захисний пристрій повинен вимкнути живлення.

Наведена на рисунку 7 спрощена діаграма ілюструє міську трифазну електророзподільну мережу.

Чому три фази, а чому не дві? Що ж, двофазний розподіл (саме його запропонував спочатку Нікола Тесла) електроенергії все ще використовується у деяких регіонах США. У них електрична мережа побудована на двох фазах по 120 В змінного струму при зсуві фаз на  $180^\circ$ . При цьому в 120-В системі може використовуватися таке побутове обладнання, як духовки і пральні машини, які живляться від мережі 240 В змінного струму. Але велика перевага асиметричного числа фаз виникає при використанні з двигунами змінного струму. Не має значення, де знаходиться ротор, трифазний двигун завжди запускається в одному напрямку, а оскільки навантаження однаково збалансоване на всіх трьох фазах, нульовий провід не потрібний — достатньо трьох фаз А, В, С і заземлення (рис. 8). А ось двигун змінного струму із симетричним числом фаз міг або не запуститися, якщо ротор був точно на одній лінії з полюсами, або, що ще гірше, запуститися у зворотному напрямку обертання.

Широке поширення електродвигунів потребувало потужних та великих генераторів. Ці генератори були дуже важкими, і чим повільніше міг обертатися дуже масивний ротор генератора, тим меншим було навантаження на підшипники та каркас. Ось чому спочатку використовувалося так багато різних частот змінного струму. Менший генератор, що обертається зі швидкістю 2500 об/хв,

давав частоту 42 Гц, тоді як більший, що обертається зі швидкістю 1000 об/хв, створював вихідну частоту  $16\frac{2}{3}$  Гц (зверніть увагу, що частіше застосовувалося «хороше ціле число» обертів на хвилину) — це свідчить про те, що їх розробляли та будували інженери-механіки, а не інженери-електрики. Однак якщо нитка в лампі розжарювання не дає сильного мерехтіння на частоті 42 Гц, то на частоті 16 Гц мерехтіння буде дратівливим. Ще більше воно виражене при дуговому освітленні, яке тоді використовувалося в театрах, на відкритих просторах і для вуличного освітлення. Мерехтіння вскрай неприємний фактор освітлення, що впливає на самопочуття людини, докладно про проблеми освітлення в [4].

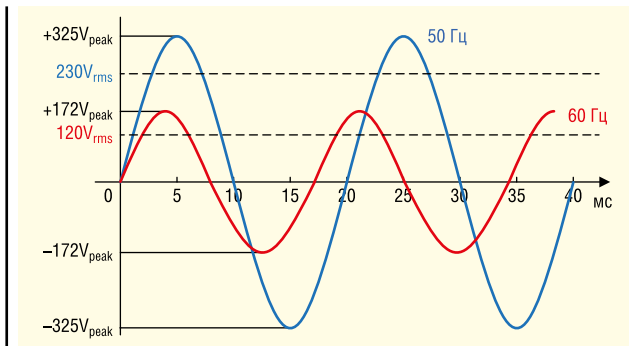
Застосування багатополісних генераторів змінного струму стало рішенням для високочастотного виходу змінного струму з нижчими швидкостями обертання. У таких генераторах замість двох обмоток можна було використовувати чотири обмотки, з'єднані послідовно. Тоді замість одного циклу змінного струму на оберт генеруватимуться два цикли. За тієї ж вихідної частоти змінного струму швидкість ротора можна зменшити вдвічі, що значно знижує навантаження на генератор.

Таким чином, механічні проблеми з контактними кільцями були вирішені, і на роторі можна було розмістити кілька обмоток з кількома магнітними полюсами, вбудованими в статор. Це означало, що для фізичного розміру генератора можна встановити оптимальну швидкість обертання, а при виборі відповідної кількості обмоток ротора і полюсів статора — згенерувати майже будь-яку вихідну частоту. Приклад багатополісного генератора змінного струму наведено на рисунку 9. Початкова електростанція Ніагарського водоспаду в США для генерації змінного струму частотою

25 Гц використовувала 12-полюсні низькошвидкісні (250 об/хв) генератори, але пізніше простою перестановкою обмоток при збереженні вихідної низької частоти обертання, це значення було подвоєно до 50 Гц оптимально узгоджених із турбінами гідроелектростанції.

На той час (середина 1850-х років) провідним виробником електричного обладнання в Європі була німецька компанія AEG, що спеціалізувалась в галузі електроенергетики, машинобудування, а також товарів для дому. Частота 50 Гц була нібито обрана як стандартна частота змінного струму в Європі, тому що це було парне число 100 піків на секунду, що привернуло увагу тевтонців. В Америці Джордж Вестінгауз вибрав частоту 60 Гц, ймовірно тому, що мерехтіння на частоті 50 Гц при дуговому освітленні було все ще дещо помітним. Тому Нікола Тесла (який ліцензував свої патенти на генерацію змінного струму компанії Westinghouse) рекомендував високу частоту мережі. Але, ймовірно, це було зроблено, щоб захистити внутрішній ринок від іноземних конкурентів. У будь-якому випадку комерційні інтереси призвели до того, що в одних регіонах стандартна частота струму в електромережі становила 50 Гц, а в інших — 60 Гц. Порівняння хвильових форм цих двох однофазних систем наведено на рисунку 10.

Ефективна або діюча (пунктирна лінія на рис. 10) напруга змінного струму — це напруга, яка чисельно дорівнює такому значенню напруги постійного струму, при якому теплова дія (виділяється кількість теплоти) цієї напруги на активному опорі за один період синусоїди дорівнює тепловій дії даного синусоїдного струму за той самий період. Для більш конкретного уявлення часто використовується таке поняття, як середньоквадратичне значення напруги змінного струму, або RMS (Root Mean Square). Воно враховує



**Рис. 10. Форми сигналів однофазних джерел живлення 230 В/50 Гц та 120 В/60 Гц**

можливе перекручування форми хвилі напруги. У загальному випадку це квадратний корінь із середньоарифметичного значення квадратів миттєвих значень величини напруги, виміряних протягом встановленого інтервалу часу і у встановленій смузі частот. Для чистої синусоїди всі три представлені вище визначення тотожні і дорівнюють амплітудному значенню напруги, поділеному на квадратний корінь із двох.

Чому в одних країнах мережа змінного струму працює на частоті 50 Гц та 60 Гц в інших, можна пояснити протекціонізмом. Але чому різна напруга живлення: 120 або 230 В змінного струму? Спочатку 110–120 В змінного струму було значною мірою універсальним стандартом (також і в довоєнній Європі), оскільки впливовий Томас Едісон використовував 110 В для своєї системи розподілу постійного струму. Тому його конкуренти для того, щоб будь-яке опалювальне або освітлювальне обладнання, призначене для роботи в системі Едісона, могло також використовуватися з їхньою власною мережею електропостачання, вибрали аналогічну напругу. Це було цілком логічно.

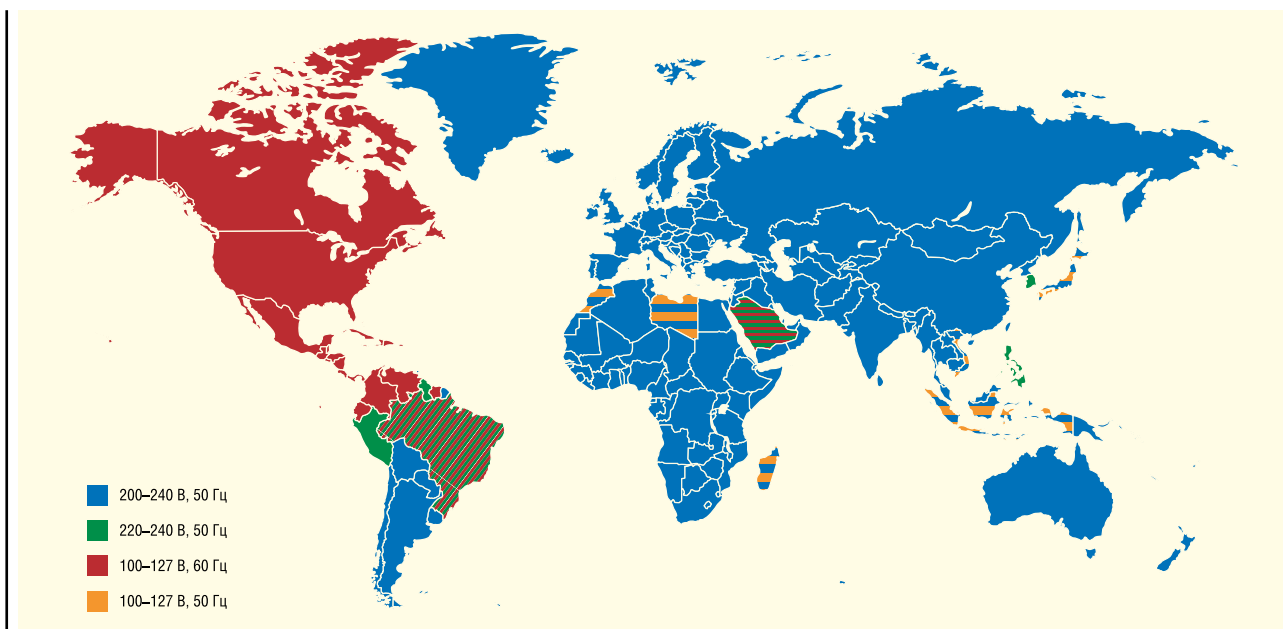
Однак у міру збільшення кількості побутових приладів на одне домогосподарство втрати  $I^2R$  джерела живлення 120 В змінного струму ставали все більш значними. Причому післявоєнне зростання добробуту громадян США призвело до того, що з'явилося так багато холодильників, кондиціонерів і

телевізорів з живленням від мережі 120 В змінного струму, що підвищення напруги в США було просто недоцільним.

Європа, навпаки, у той період оговтувалася від війни, і до таких проблем, як надлишок споживаної побутовою технікою електроенергії, їй було далеко. Але розуміючи, що попит на електроенергію надалі буде тільки зростати, вона вирішила подвоїти напругу 110/120 В змінного струму до 220 В змінного струму в континентальній Європі і до 240 В змінного струму у Великобританії, що дозволило вдвічі зменшити струм у лініях і вчетверо зменшити втрати. Зрештою, у 1994 році ЄС вирішив узгодити у всій Європі стандарт 230 В змінного струму, що знаходилося в межах робочого діапазону для обладнання як 220 В, так і для 240 В змінного струму. На практиці, однак, допустимі межі напруги були досить широкими, причому настільки, щоб Велика Британія могла залишатися на рівні 240 В, а вся Європа — на 220 В, і обидві заявляли, що використовують номінальну напругу 230 В змінного струму. Типове європейське вирішення проблеми! Тим часом, всі електростанції були відрегульовані для подачі в середньому 230 В змінного струму. Але у світі є ще ряд країн, які з тих чи інших причин мають «нестандартні» мережні напруги. Карта частот і напруг, що використовуються в різних країнах, наведена на рисунку 11.

Багато країн колишньої Співдружності все ще використовують вихідну британську напругу живлення 240 В змінного струму. Японія вибрала джерела живлення 100 В змінного струму з міркувань безпеки, але оскільки південний острів був забезпечений генераторами від Westinghouse, а північний острів від компанії AEG, вони мають частоту електромережі 60 або 50 Гц відповідно. В даний час побудовано чотири підстанції з перетворювачем частоти, щоб урівноважити навантаження між островами, передаючи напругу частотою 50 і 60 Гц. У багатьох великих будівлях використовуються спліт-блоки живлення 115/277 В змінного струму. Вища напруга в основному призначена для освітлення, щоб підвищити загальну ефективність будови, оскільки у великій офісній будівлі на освітлення припадає до 40% загального енергоспоживання.

У СРСР аж до 60-х років ХХ століття еталоном побутової напруги вважалися 127 В. Це значення завдячує своєму появою талановитому інженеру російсько-польського походжен-



**Рис. 11. Карта використовуваних у світі мережних напруг і частот**

Таблиця 1. Діапазони мережної напруги

Номинальна напруга	Напруга між фазою та нейтраллю		Напруга між фазами		
	Допустимий діапазон $\pm 10\%$	Амплітудне значення	Номинальна напруга	Допустимий діапазон $\pm 10\%$	Амплітудне значення
100 В (AC)	90–110 В	141 В	173 В	156–190 В	245 В
120 В (AC)	108–132 В	170 В	208 В	187–229 В	360 В
230 В (AC)	207–253 В	325 В	400 В	360–440 В	693 В
240 В (AC)	216–264 В	340 В	415 В	373–457 В	588 В
277 В (AC)	249–305 В	392 В	480 В	432–528 В	831 В

Примітка. У таблиці подано сучасний розподіл електроенергії.

ня Михайлу Доливо-Добровольському, який розробив наприкінці XIX століття трифазну систему передачі та розподілу змінного струму, відмінну від двофазної, раніше запропонованої Ніколою Тесла.

Оскільки спочатку в трифазній системі Добровольського лінійна напруга (між двома фазними провідниками) становила 220 В, то фазна напруга (між нейтральним і фазним провідником) менша за лінійну на «корінь з трьох» — відповідно, отримуємо 127 В. Крім того, були мережі з напругою 110 В. Це призводило до того, що, наприклад, в радіоапаратурі та деяких побутових електроприладах доводилося встановлювати перемикач мережі на три напруги 110/127/220 В або на 127/220 В, як мінімум. У деяких містах одночасно діяли дві електромережі, на 127 і 220 В. Скільки при цьому згоріло побутової техніки, можна лише здогадуватися. Перехід на 230 В розтягнувся до 80-х років минулого століття.

Для сучасного розробника AC/DC-джерел живлення все сказане означає, що універсальне однофазне джерело живлення з універсальним входом має забезпечувати діапазон вхідної напруги змінного струму 90–264 В (включаючи допуск  $\pm 10\%$ ) змінного струму для використання в усьому світі (охоплення 100/120/230/240 В змінного струму (номінально) або 90–305 В змінного струму для підключення джерел живлення 277 В змінного струму, які іноді використовуються в США. Діапазони напруги мережі наведені в таблиці 1.

Сьогодні існують технології, які дозволяють перетворювати змінний струм на постійний у будь-якому напрямку, причому з дуже високою потужністю та ефективністю. Хоча мережна напруга змінного струму залишиться стандартною у найближчому майбутньому, повернення до систем розподілу енергії на основі напруги постійного струму дає відразу кілька переваг. Однією з причин є наша зростаюча залежність від електроенергії. Щоб гарантувати постачання, розподіл енергії здійсню-

ється не тільки від одного генератора до споживача, але й багатьох джерел, з'єднаних разом, дозволяючи сформувати надійну енергосистему. Ефективніше та дешевше передавати потужність на великі відстані (менше 500 км), використовуючи високовольтний постійний струм, оскільки відсутні втрати імпедансу та немає необхідності синхронізувати всі генератори на одній частоті або на одній напрузі. Наприклад, високовольтна лінія постійного струму потужністю 2000 МВт вже з'єднує Англію та Францію, щоб обидві країни могли обмінюватися електроенергією відповідно до їхнього внутрішнього попиту.

У будинку розподільна мережа постійного струму, яка пов'язує фотоелектричні сонячні елементи на даху зі стаціонарною батареєю або батареєю в електромобілі, забезпечує надійне, високоефективне та низьке енергоспоживання, яке може бути незалежним від мережі, так зване off-grid (поза електромережею). Поєднання груп будинків для спільного використання джерел енергії (фотоелектричні, домашня батарея або зовнішня електромережа) дає багато переваг, що дозволяє створити дуже ефективну локалізовану електричну мережу електропостачання. Одна з концепцій

такої електромережі була представлена на ювілейній виставці Рейнсько-Вестфальського технічного університету м. Ахена (RWTH Aachen University) [5].

## ВИСНОВОК

У наступній частині ми перейдемо від історії до практики. У ній буде розглянуто питання, чи є в сучасному світі місце для лінійних AC/DC-джерел чи імпульсні є єдиним можливим вибором?

## Література:

1. Roberts S. AC/DC BOOK OF KNOWLEDGE Practical tips for the User. RECOM Engineering GmbH & Co.KG. Austria, 2018. [www.recompower.com/ru/support/resource-library/book-of-knowledge/book-of-knowledge.html?1](http://www.recompower.com/ru/support/resource-library/book-of-knowledge/book-of-knowledge.html?1)
2. Roberts S. DC/DC BOOK OF KNOWLEDGE. Practical tips for the User. Second Edition RECOM Engineering GmbH & Co.KG. Austria, 2015. [www.recom-power.com/ru/support/resource-library/book-of-knowledge/book-of-knowledge.html?1](http://www.recom-power.com/ru/support/resource-library/book-of-knowledge/book-of-knowledge.html?1)
3. Микеров А. Война токов и победа переменного тока // Control Engineering Россия. 2017. № 2.
4. Рентюк В. Энергосберегающие лампы и их влияние на здоровье, или Потребитель на распутье. Часть 2 // Электрик. 2017. № 1, 2.
5. 150-year exhibition of the RWTH with contributions from ISEA. [www.isea.rwth-aachen.de](http://www.isea.rwth-aachen.de)
6. Рентюк В. Электромагнитная совместимость: проблема, от которой не уйти. Сб. «Электромагнитная совместимость в электронике». 2018 // (CHIP NEWS Украина, № 1, 2018). **СН**

## НОВИ HALF BRICK DC/DC-ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ПОТУЖНІСТЮ 150 ТА 300 Вт

Компанія **RECOM** анонсувала новий Half Brick DC/DC-перетворювач REC300H-W потужністю 300 Вт з широким діапазоном вхідної напруги від 9 до 36 В постійного струму і вихідної напруги 12, 15, 24 і 48 В постійного струму з ізоляцією до 3 кВ постійного струму в 1 хвилину. Додатково випущений REC150H-UW потужністю 150 Вт має надширокий вхідний діапазон від 9 до 75 В постійного струму з тими ж варіантами вихідної напруги, крім 28 і 54 В постійного струму для авіоніки і технології PoE, з ізоляцією 2.5 кВ постійного струму/1 хвилину.

Обидва продукти мають високий ступінь регулювання і захисту від вхідної напруги, короткого замикання, а також перевантаження і перенапруги на виході. Всі виходи регулюються в межах  $\pm 10\%$  і мають дистанційне керування. Також передбачений вхід дозволу. Деталі повністю герметичні і працюють з високою ефективністю в усьому діапазоні навантажень до максимальної температури базової плати 105 °С, що відповідає складним умовам експлуатації. Специфікації електромагнітної сумісності класів А і В можуть бути виконані за допомогою зовнішньої фільтрації.

[www.recom-power.com](http://www.recom-power.com)

# Кабелі TE Connectivity для заміни проводу МГТФ

Володимир Макаренко, к.т.н.

E-mail: v.makarenko@vdmatis.ua

## У статті наведено характеристики кабелів TE Connectivity для заміни проводу МГТФ.

Провід МГТФ (М — монтажний, Г — гнучкий, Т — теплостійкий, Ф — має ізоляцію з фторопласту), технічні характеристики якого зробили його одним із найбільш широко застосовуваних типів проводів, використовується тоді, коли необхідно забезпечити стійкість до дії агресивного зовнішнього середовища.

Проводи марки МГТФ призначені для рухомого та фіксованого монтажу внутрішньоблочних, міжблочних, внутрішньоприладних та міжприладних з'єднань в електронних та електричних пристроях на робочу змінну напругу 250 В частотою 5 кГц та постійну напругу 350 В. Проводи призначені для застосування у складних умовах: водіймах, а також у кліматичних районах з помірним та холодним кліматом. Провід стійкий до впливу зниженого атмосферного тиску до 0.67 кПа та підвищеного атмосферного тиску до 295 кПа.

Ізоляція з фторопласту (інакше — тефлону або політетрафторетилену), якою забезпечений кабель МГТФ, має особливі фізичні та хімічні властивості:

- високу теплостійкість (тугоплавкість) та морозостійкість, не втрачає гнучкості та еластичності в діапазоні температур від  $-70$  до  $+250$  °С;
- характеризується невисоким поверхневим натягом та адгезією, не змочується водою, органічними розчинниками, жиром;
- за хімічною стійкістю перевершує синтетичні матеріали і навіть благородні метали, завдяки чому стійка до дії лугів та кислот;
- коефіцієнт діелектричної проникності практично не змінюється під впливом температур;

- характеризується невеликими діелектричними втратами.

Фторопластова ізоляція, якою забезпечений кабель МГТФ, має єдиний недолік — висока холодна плинність — тобто, якщо постійно піддавати провід у фторопластовій ізоляції механічному навантаженню, він може оголитися.

Мінімальне напрацювання МГТФ на відмову не менше 3000 годин. Мінімальний термін зберігання МГТФ 20 років. Термін служби від 20 років та більше.

Основні характеристики проводу МГТФ наведено у таблиці 1.

Замінити такий провід зовсім просто. Однак компанія TE Connectivity випускає три типи кабелю, який практично не поступається за своїми характеристиками проводу МГТФ, а за деякими навіть перевершує його. Це кабелі типу SPEC 55, SPEC 80 та SHF-260 [1]. Основні характеристики цих кабелів наведено у таблиці 2. Вони призначені для застосування у військовій та комерційній аерокосмічній промисловості, космічних застосуваннях, у вертольотобудуванні та двигунобудуванні.

Характеристики	Значення
Вологість повітря за 25 °С, %	98
Імпульсна напруга, В	700
Випробувальна змінна напруга частотою 50 Гц, 5 хв., кВ	1.5
Максимальна робоча температура жили, °С	+220
Робоча змінна напруга частотою 5 кГц, В	250
Робоча постійна напруга, В	350
Будівельна довжина, не менше, м	15
Температура навколишнього середовища, верхня межа, °С	+220
Температура навколишнього середовища, нижня межа, °С	-60
Електричний опір ізоляції, не менше, МОм·км	100000

Абревіатура AWG розшифровується як American Wire Gauge — американський калібр провідників [2]. Значення AWG характеризує кількість етапів обробки дроту, коли він при виготовленні послідовно протягується через отвори все меншого і меншого діаметру. Таким чином, кабель 24 AWG тонший за кабель 22 AWG.

Калібри відрізняються ще й залежно від типу кабелю — для одножильних кабелів AWG переводиться в діаметр за однією формулою, для багатожиль-

Таблиця 2. Основні характеристики кабелів SPEC 55, 80 та SHF-260

Тип кабелю	Калібр кабелю AWG	Діапазон робочих температур, °С	Ізоляційний матеріал	Робоча постійна напруга, В	Матеріал дроту
SPEC 55	від 30 до 4/0	від -65 до 200	Радіаційно-стійкий, політетрафторетилен ETFE (Ethylene Tetrafluoroethylene)	450/600	Луджена мідь, нікельована мідь/сплав, посріблена мідь/сплав
SPEC 80	від 30 до 4/0	від -65 до 200	Радіаційно-стійкий, гнучкий, політетрафторетилен ETFE (Ethylene Tetrafluoroethylene)	600	Луджена мідь, нікельована мідь/сплав, посріблена мідь/сплав
SHF-260	від 24 до 4/	від -65 до 260	Модифікований політетрафторетилен (Modified PFA)	1000	нікельована мідь/сплав

Таблиця 3. Переведення калібрів одножильного кабелю в геометричні розміри

AWG	Діаметр кабелю, мм	Площа поперечного перерізу, мм <sup>2</sup>
18	1.020	0.817
19	0.912	0.653
20	0.813	0.519
21	0.724	0.412
22	0.643	0.325
23	0.574	0.259
24	0.511	0.205
25	0.455	0.163
26	0.404	0.128



Рис. 1. Проводи SPEC 55

них — за іншою. Для довідки наведені таблиці перекладу найбільш популярних калібрів одножильних (табл. 3) та багатожильних (табл. 4) кабелів, діаметр і площа поперечного перерізу кабелів.

Провід SPEC 55 (рис. 1) ізолюваний модифікованим радіаційностійким полімером ETFE [3]. Діапазон робочих температур від  $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$  з використанням мідного провідника зі срібним покриттям. Кабель поєднує простоту поводження з гнучким проводом із чудовими характеристиками абразивного стирання та прорізування.

У багатьох авіаційних програмах в конструкціях планерів в даний час використовується кабель SPEC 55 з подвійною ізоляцією для забезпечен-

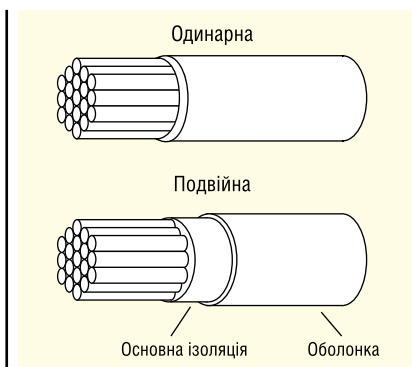


Рис. 2. Кабелі SPEC 55

ня високої надійності в незахищених джгутах і має відмінні властивості щодо стирання між проводами. Для цих програм можна вибрати одну з двох модифікацій кабелю з товщиною стінок 0.25 [0.010] (55A08XX 10 mil) та 0.2 [0.008] (55A02XX 8 mil). Обидві модифікації кабелю мають контрастний колір, що полегшує пошук пошкоджень.

Кабель з одношаровою ізоляцією доступний у двох варіантах виконання — 0.10 [0.004] (55/03XX 4 mil) та 0.15 з товщиною стінки [0.006] (6 mil). Для використання всередині чорних ящиків, де гнучкість і стійкість до паяння забезпечують високу надійність пристрою використовують кабель з товщиною ізоляції 0.15 [0.006]. Для міжблочних з'єднань з високою щільністю кабелів використовується кабель серії 55M041X з робочою напругою 450 В. Товщина ізоляції 0.1 [0.004] забезпечує значну економію маси та об'єму джгутів порівняно з іншими кабелями аналогічного призначення.

Кабель SPEC 55, що вибирається через баланс характеристик, має високу стійкість до хімічних речовин і розчинників, відмінну стійкість до електричної дуги і не схильний до розкладання під впливом УФ-випромінювання і вологи.

Кабелі з одинарною та подвійною ізоляцією доступні у вигляді кручених пар, трійок і т. д., а також у вигляді екранованих кабелів та кабелів з оболонкою (рис. 2).

Висока гнучкість та простота в обігу роблять кабель SPEC 55 ідеальним для прокладання як у нових літаках та устаткуванні, так і для технічного обслуговування. Кабель легко зачищається звичайними інструментами. Ізоляція легко маркується гарячим штампуванням, струменевим або лазерним друком.

Кабель SPEC 80 має більш високу вартість порівняно з кабелем SPEC 55 і випускається у вигляді:

- кабелів для монтажу;
- багатожильних кабелів;
- силових кабелів;
- крученої пари.

Розглянемо характеристики деяких кабелів SPEC 80 для монтажу. На сайті компанії [4] представлено 102 різновиди такого кабелю. Розглянемо характеристики кабелю 82A0111-20-9 з мідними лудженими жилами [5].

З'єднувальний кабель 82A0111-20-9 з номінальною напругою 600 В, мідь із лудженим покриттям, калібр кабелю 20 AWG, діапазон робочих температур  $-65...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Таблиця 4. Переведення калібрів багатожильного кабелю в геометричні розміри

AWG	Кількість жил	Діаметр кабелю, мм	Площа поперечного перерізу, мм <sup>2</sup>
22	7	0.762	0.352
22	19	0.787	0.380
22	26	0.762	0.327
24	7	0.610	0.226
24	10	0.584	0.200
24	19	0.610	0.239
24	42	0.584	0.201
26	7	0.483	0.140
26	10	0.553	0.127
26	19	0.508	0.153

З'єднувальний кабель 82A0112-20-0 [6] також розрахований на номінальну напругу 600 В, виконаний з міді зі срібним покриттям, калібр кабелю 20 AWG, діапазон робочих температур від  $-65$  до  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Серед величезного асортименту кабелів TE Connectivity завжди можна знайти потрібний для кожного конкретного застосування кабелю.

**Додаткову інформацію щодо продукції компанії TE Connectivity можна отримати у офіційного дистриб'ютора в Україні — НВФ VD MAIS:**

**03061, м. Київ,  
вул. Михайла Донця, 6,  
тел./факс: (044) 201-02-02  
(багатоканальний),  
e-mail: info@vdmiais.ua,  
www.vdmiais.ua**

Література:

1. [https://www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEController?Action=showdoc&DocId=Data+Sheet%7F1-1773735-6%7F1116%7Fpdf%7FEnglish%7FENG\\_DS\\_1-1773735-6\\_1116.pdf%7F274401-000](https://www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEController?Action=showdoc&DocId=Data+Sheet%7F1-1773735-6%7F1116%7Fpdf%7FEnglish%7FENG_DS_1-1773735-6_1116.pdf%7F274401-000)
2. <https://www.icsgroup.ru/library/consult/detail.php?ID=9329>
3. [https://www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEController?Action=srchtrv&DocNm=1654025\\_Sec9\\_SPE\\_C55&DocType=CS&DocLang=English&DocFilename=ENG\\_DS\\_1654025\\_Sec9\\_SPE\\_C55\\_0313.pdf](https://www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEController?Action=srchtrv&DocNm=1654025_Sec9_SPE_C55&DocType=CS&DocLang=English&DocFilename=ENG_DS_1654025_Sec9_SPE_C55_0313.pdf)
4. <https://www.te.com/usa-en/search.html?q=spec%2B80&source=header>
5. <https://www.te.com/usa-en/search.html?q=spec%2B80&n=539618&type=products&samples=N&inStoreWithoutPL=false&instock=N>
6. <https://www.te.com/usa-en/product-274401-000.html>

# Плоский кабель: знайомий та невідомий

Світлана Пєскова

**Найголовніша перевага плоского кабелю перед іншими різновидами — він швидко монтується на рознімач. Однак його інші особливості призводили швидше до обмежень його застосування. Компанія 3М змогла виправити це положення та запропонувала плоский кабель для тих застосувань, де раніше використовувався лише круглий.**

Історія плоского кабелю розпочалася у 1956 році, коли компанія 3M винайшла новий тип кабелю для комп'ютерів IBM. Протягом десятиліть він був кращим варіантом у промислових комп'ютерах, військовій та аерокосмічній техніці, робототехніці. Його перевага перед круглим кабелем пояснювалася чудовою гнучкістю, малими завадами та зручністю корпусування.

Конструкція круглого кабелю має низку недоліків. Незважаючи на застосування наповнювача для розсіювання тепла, фрикційне нагрівання між провідниками залишається проблемою при регулярних циклах руху кабелю. Також існує проблема зміни електричного імпедансу під час руху провідників усередині оболонки.

У плоскому кабелі провідники розташовані строго паралельно один одному, їх переміщення виключене самою конструкцією. Завдяки цьому електричні характеристики, такі як імпеданс, ємність, затримка проходження сигналу, чутливість до завад та загасання сигналу, залишаються незмінними. Та й провідники мають однакову фізичну та електричну довжину, тому зміни проходження сигналу та диференціальні затримки виявляються мінімальними. Відсутність наповнювача, додаткової ізоляції та протиковзних стрічок робить кабель легким та малогабаритним. Слід підкреслити, що плоска конструкція кабелю дає більший об'єм поверхні і краще розсіює тепло, а значить можна пропускати більші струми за меншого діаметру провідника.

Таким чином, для застосувань, де потрібен низький рівень сигнал/шум, гнучкість, малий нагрів при високій щільності корпусування, плоский кабель стає найкращим рішенням.

## ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШЛЕЙФУ

Традиційно шлейф вважається кабелем для внутрішньоблочного з'єднання. Це викликано тим, що кабель має значні обмеження щодо робочої температури, погане екранування та малу відстань передачі сигналу. Проте компанія 3M завдяки багаторічному досвіду розробки та випробувань плоского кабелю довела, що подібні обмеження можна подолати чи усунути.

Серед основних характеристик кабелів:

- матеріал жили;
- переріз жили;
- кількість дротів у жилі;
- матеріал ізоляції;
- крок провідників.

Зупинимось коротко на кожному пункті та вкажемо, які рішення пропонує компанія 3M.

### Матеріал жили

У більшості плоских кабелів переріз жили та кількість дротів у ній уніфіковано і становить  $7 \times 0.127$ . Що стосується матеріалу жили, в 99% випадків весь шлейф, що випускається, має жили з лудженої міді. Виняток становлять деякі серії кабелю 3M із жилою із посрібленої міді. Вибір такого покриття обумовлений вимогою до зниження втрат на провідність та експлуатацією кабелю у широкому діапазоні робочих температур  $-55...+200$  °C.

### Переріз жили та кількість провідників

Чим більше дротів на одиницю перерізу, тим вища гнучкість кабелю. І якщо стандартний кабель має жилу з сімома

провідниками (28–30AWG), то кабель підвищеної гнучкості 3M (наприклад, серії 3539A, HF 319 та ін.) має жилу з 19 провідників по 40AWG (0.079 мм). Гнучкість кабелю — ключовий параметр за умов високої щільності внутрішньокорпусного складання виробу. Як відомо, кабель не рекомендується згинати більш ніж на  $90^\circ$ , кількість згинів також обмежена. Застосування гнучкого кабелю 3M дозволить уникнути таких обмежень.

### Матеріал ізоляції

З одного боку, ізоляція захищає електричні провідники, з іншого — надає кабелю такі властивості, як гнучкість, термостійкість, холодостійкість, пожегобезпечність і т.д. Очевидно, що полівінілхлорид (ПВХ), стандартний матеріал ізоляції, не має всіх перерахованих вище властивостей. Кабелі з ізоляцією ПВХ призначені лише для використання всередині блоків за кімнатної температури та для передачі даних на невеликі відстані. Компанія 3M випускає шлейфи для жорстких умов експлуатації, де негативна температура може сягати  $-55$  °C. До асортименту входять шлейфи з різною ізоляцією, що дозволяє застосовувати їх в умовах прихованої проводки, мінусових температур, надщільного монтажу або для передачі сигналів на великі відстані.

### Крок провідників

На ринку найпоширенішими типами плоского кабелю є шлейфи з кроком 1 та 1.27 мм. Крім цих популярних моделей, компанія 3M випускає кабель і з меншим кроком від 0.635 мм (мінімальний крок 0.15 мм пропонує фірма Molex в серії Temp-Flex з обмеженою кількістю жил). Розглянемо деякі лінійки в асортименті плоского кабелю від компанії 3M докладніше.

## ЖИЛА ЦІЛА ТА ПОРІЗАНА

Коли ми говоримо про якість жили, то насамперед оцінюємо її матеріал та чистоту цього матеріалу. Однак є ще один фактор, який впливає на

втрати провідності провідника, — його цілісність. У будь-якому плоскому кабелі жила є зварною, тому по всій довжині бухти є кілька точок спаю для кожної жили (наприклад, бухта плоского кабелю 3М довжиною 31 м може мати до трьох таких точок). Кожна точка стику це значні втрати якості сигналу, причина стрибків повного опору. Деякі монтажники, зустрічаючи подібні ділянки в бухті кабелю, спеціально вирізають їх, щоб не використовувати при розведенні. Однак це призводить до неекономної витрати кабелю і позбавляє можливості використовувати плоский кабель великої довжини.

Компанія 3М випускає splice-free плоский кабель (у маркуванні позначається останніми літерами -SF — наприклад, HF-365/10SF). Якість передачі сигналів у такому варіанті особливо помітна при використанні кабелю великої довжини та з великим числом провідників.

### КАБЕЛЬ З БЕЗГАЛОГЕННОЮ LSZH-ІЗОЛЯЦІЄЮ

У кабельній продукції широко використовується ПВХ-оболонка, яка має низьку горючість. Однак це лише один із параметрів загального терміну «пожежна безпека». До інших критеріїв відносяться димоутворююча здатність матеріалу, токсичність продуктів горіння, їх корозійна активність. При горінні ПВХ-ізоляції виділяється чорний дим та токсичні продукти горіння (включаючи СО та хлористий водень). Щоб уникнути утворення токсичних газів, застосовуються безгалогенні композиції на основі поліолефінів.

Безгалогенні матеріали не містять таких шкідливих речовин, як фтор, хлор, бром, тому кабелі в HF (halogen free) ізоляції законодавчо рекомендовані для використання на об'єктах з великою концентрацією людей та дорогої

Серія	HF447	HF625	HF365	HF100	HF017	HF759	HF659
Тип кабелю	Плоский кабель із круглим провідником			Плоский кабель зі скручуванням пар	Екранований плоский кабель із зовнішньою ізоляцією	Плоский кабель у круглій ізоляції	Екранований плоский кабель у круглій ізоляції
Крок, мм	0.635	1	1.27				
Розмір провідника, AWG	30	28					
Матеріал провідника	Луджена мідь						
Тип провідника	Одножильний		7×0.127 (7×36)				
Первинна ізоляція	Композиція з поліолефіну (EVA/PO)						
Колір первинної ізоляції	Темно-сірий			Блакитний/сіро-білі пари	Темно-сірий		
Діапазон робочих температур, °C	-40...+90		-40...+105				

техніки: у транспортній інфраструктурі (метрополітен та пасажирські потяги), у промисловому та житловому будівництві, у місцях масового скупчення людей (аеропортах, школах, лікарнях, універмагах тощо), висотних будинках, в установках аварійного електропостачання, на підприємствах нафтогазового комплексу тощо.

Всі шлейфи 3М в LSZH-ізоляції мають префікс HF-, наприклад HF-365 (табл. 1). Завдяки використанню композиції з поліолефіну розширюється температурний діапазон застосування кабелю, що становить -40...+105 °C.

### ГНУТИ ЧИ НЕ ГНУТИ?

Сучасне автоматизоване обладнання призначене для роботи на високих швидкостях, воно має інтегровані системи машинного зору та безліч датчиків. Нові робочі умови можуть пошкодити кабельне розведення, яке використовувалося в обладнанні старого покоління, тобто круглий кабель.

В автоматизованому обладнанні згини кабелю мають різну форму (рис. 1): вигин, поворотні кутові вигини торсійні, що скручуються, і мимовільні вигини. Щоразу, коли кабель згинається,

мідні провідники та екран кабелю зазнають підвищеного навантаження. Мідь як матеріал має погану стійкість до навантажень, що повторюються, навіть якщо вони лежать на 15% нижче критичного рівня. У міді також погані характеристики за напругою зсуву (дотичною напругою), вона деформується за навантажень нижче своєї пластичної межі твердості. Тому кабелі з мідними провідниками мають малий радіус згину та малий діаметр провідника.

Компанія 3М випускає стрічковий кабель із трьома ступенями свободи згину: стандартний з низькою гнучкістю, із середньою та високою гнучкістю (табл. 2). Не слід плутати гнучкий плоский кабель FFC з плоским кабелем підвищеної гнучкості 3М. На відміну від FFC, він має стандартний крок 1.27 мм і використовується зі стандартними IDC-роз'ємами.

Гнучкість кабелю характеризується його здатністю витримувати послідовність згинань без ламання провідника. Вона визначається радіусом вигину та конструкцією провідника (рис. 2). Якщо стандартний кабель має 7-жильний провідник (7 × 0.127), то надгнучкий кабель буде вже мати 19-жильний провідник (19 × 0.079). Щоб провідники не ламалися під час згинання, застосовується посріблення міді.

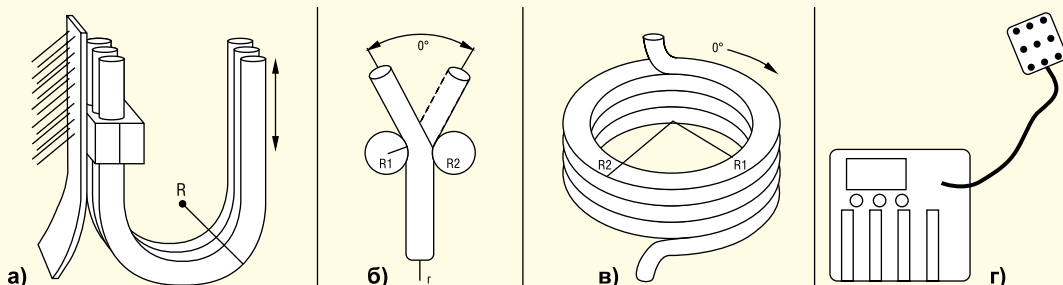
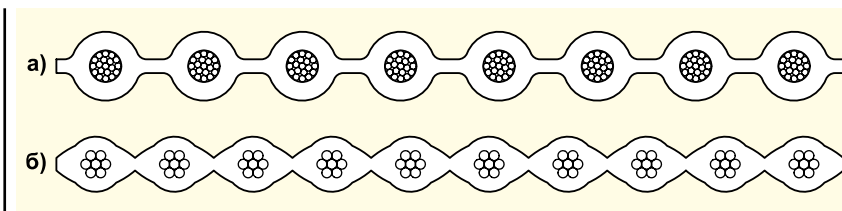
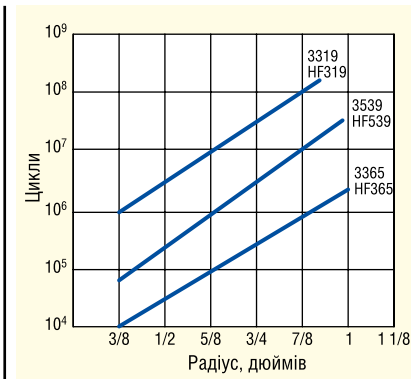


Рис. 1. Форми згинання кабелю в автоматизованому устаткуванні: вигин (а); поворотні кутові вигини торсійні, що скручуються (в); мимовільні вигини [1] (г)

Таблиця 2. Гнучкі кабелі 3М				
Серія	3539(A)	3319	HF319	3834
Тип кабелю	Плоский кабель середньої гнучкості	Плоский кабель підвищеної гнучкості	Плоский кабель з круглим провідником підвищеної гнучкості	Плоский кабель підвищеної гнучкості в додатковому кожусі
Крок, мм	1.27			
Розмір провідника, AWG	28			
Матеріал провідника	Лужена мідь	Посріблена мідь		
Тип провідника	19 × 0.079 (19 × 40)			
Первинна ізоляція	ПВХ		Композиція з поліолефіну (EVA/PO)	ПВХ
Колір первинної ізоляції	Сірий, чорний	Чорний	Темно-сірий	Чорний
Діапазон робочих температур, °C	-20...+105		-40...+105	-20...+105



**Рис. 2. Порівняння конструкції: кабель підвищеної гнучкості (а); кабель стандартної гнучкості [2, 3] (б)**



**Рис. 3. Порівняння надгнучкого та стандартного кабелю**

На графіку (рис. 3) показано порівняння кількості згинів різних моделей плоского кабелю, надгнучких (3319 і HF319 у безгалогенній ізоляції) та середньої гнучкості (3539). Надгнучкий кабель допускає від 18 млн згинів радіусом 12.7 мм та від 113 млн згинів радіусом 19 мм. Кількість циклів згину такого кабелю у 100 разів перевищує можливість круглого кабелю, при цьому його вага у 4 рази менша. Для порівняння наведемо параметри низькотемпературного кабелю МС26-13, кількість згинань якого становить всього 130 разів на кут 90°.

Можливість частого згинання кабелю з сотнею мільйонів циклів дає можли-

вість застосування такого плоского кабелю в верстатах з ЧПУ, робототехніці, маніпуляторах захвату та переміщення та в іншому високошвидкісному автоматизованому обладнанні. Використання плоского гнучкого кабелю зменшує вагу рухомих кабельних збірок, дозволяє збільшити швидкість переміщення, зменшити вібрацію та коливання, скоротити зношування.

**СТРІКОВИЙ КАБЕЛЬ ЗІ СКРУЧЕНИМИ ЖИЛАМИ**

дея перекрутити два провідники належить винахіднику телефону Беллу і датується 1881 роком. Взаємне обвивання провідників кабелю забезпечує захист від власних та зовнішніх наведень.

Шуми генеруються у сигнальних лініях магнітним полем. Струм завод в лініях даних є результатом впливу магнітного поля. У плоско розташованих провідниках всі струми завод течуть в одному напрямку, як у звичайній обмотці трансформатора. Якщо провідники скручені один навколо одного, на деяких ділянках сигнальних ліній напрям струму завод виявляється протилежним, ніж в інших частинах кабелю (рис. 4). Таким чином, зворотні струми компенсують один одного і виявляються збалансованими.

Завдяки цьому сумарні завади стають значно нижчими, ніж у традиційному плоскому кабелі.

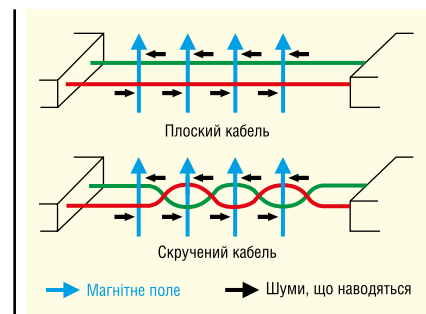
Кабелі зі скрученими провідниками поширені в системах диференційної передачі даних. При передачі даних у диференційному режимі один електричний сигнал передається у вигляді двох протифазних сигналів, кожен іде своїм провідником. Один представляє інвертований сигнал іншого. Приймач визначає різницю потенціалів між інвертованим та неінвертованим сигналами (рис. 5).

Електромагнітні завади впливають на обидва провідники одночасно і однаково. Але оскільки приймач визначає лише різницю рівнів між провідниками, кручена пара є стійкішою до впливу електромагнітних завод, ніж одиночні провідники, рівень яких вимірюється щодо «землі» (рис. 5).

Диференційний сигнал схожий на симетричний балансний сигнал (balanced), який дуже важливий для височастотного якісного зв'язку, захищеного від синфазних завод. У скручених кабелях з балансним сигналом втрати переважно визначаються тільки діелектриком. У кабелях, де один провідник передає один сигнал (небалансне підключення), втрати визначаються опором металу, що збільшується з підвищенням частоти (ефект скін).

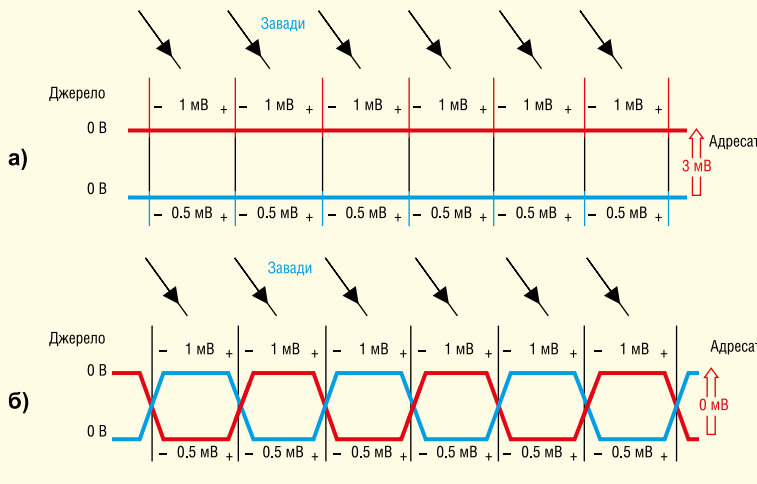
Для диференційної передачі сигналів можуть використовуватися такі кабелі: кручена пара, твінаксиальний кабель і плоский кручений кабель.

Незважаючи на дешевизну та простоту експлуатації крученої пари, цей кабель має і певні недоліки: взаємне накладення сигналів між суміжними проводами (crosstalk), чутливість до зовнішніх електромагнітних полів, можливість несанкціонованого перехоплення інформації, більший ступінь загасання сигналу по дорозі, ніж у інших кабелів.



**Рис. 4. Порівняння завод, що наводяться, в паралельних і скручених провідниках [4]**





**Рис. 5.** Вплив завад на різні види провідників: у паралельних провідниках під впливом завад напруга на червоному провіднику вища, ніж на синьому (а); у скручених провідниках завади створюють поперемінно високу та низьку напругу в обох провідниках (б)



**Рис. 6.** Ділянки для монтажу на рознімач із паралельним розташуванням жил у скрученому плоскому кабелі

статньо часу у монтажника, а якість установки залежить від кваліфікації спеціаліста. Окінцювання плоского кабелю відбувається за 1 хв за допомогою IDC-рознімача. Можливість швидкої наколки з'єднувача на плоский кабель — головна перевага перед іншими видами кручених провідників. Особливо важливий цей момент при масовому виробництві обладнання.

При скручених провідниках монтаж на IDC-рознімач може бути утруднений, тому плоский кабель 3М має ділянки з паралельно розташованими провідниками, які спеціально призначені для наколки кабелю на рознімач (рис. 6). Також відзначимо, що всі моделі плоского скрученого кабелю мають кольорову ідентифікацію жил.

Важливим фактором є і незручність монтажу крученої пари на рознімачі. Цей трудомісткий процес забирає до-

Таблиця 3. Лінійка плоского кабелю зі скрученими жилами					
Серія	HF100	1785	1700	3782	3784
Тип кабелю	LSZH-кабель із скручуванням пар	Екранований кабель із скручуванням жил у захисній оболонці	Кольоровий плоский кабель із скручуванням пар	Кольоровий плоский кабель із скручуванням пар	Екранований кабель із скручуванням жил у круглій оболонці
Шаг, мм	1,27				
Матеріал провідника	Луджена мідь				
Первинна ізоляція	Композиція з поліолефіну (EVA/PO)	ПВХ			
Колір ізоляції	Блакитний/сіро-білі пари	Чорний	10 кольорів	10 кольорів	Сірий
Діапазон робочих температур, °С	-40...+105	-20...+80			

# AMPLEON

Компанія Ampleon — Ваш провідний глобальний партнер в області радіочастотної енергетики (RF Power)



Скористайтесь рішеннями RF Power від Ampleon для систем мовлення, промисловості, науки та медицини, аерокосмічної та оборонної промисловості, мобільного широкосмугового доступу, тощо

# MASTEK

Авторизований дистриб'ютор Ampleon в Україні

[info@mastek.com.ua](mailto:info@mastek.com.ua)  
[www.mastek.com.ua](http://www.mastek.com.ua)

м. Київ, пров. Радищева, 3, оф. 307  
тел. +38 (044) 451-60-80  
моб. +38 (067) 919-51-15

Параметр	PВХ	PUR	TPE
Окислення	Відмінно	Відмінно	Чудово
Нагрівання	Добре/чудово	Відмінно	Чудово
Масло	Задовільно	Чудово	Чудово
Гнучкість за низьких температур	Погано/добре	Відмінно	Чудово
Погода, сонце	Добре/відмінно	Відмінно	Чудово
Озон	Відмінно	Відмінно	Відмінно
Тертя	Задовільно/добре	Відмінно	Відмінно
Електричні характеристики	Задовільно/добре	Відмінно	Відмінно
Займистість	Відмінно	Відмінно	Чудово
Ядерна радіація	Добре	Відмінно	Погано
Вода	Добре/відмінно	Добре/відмінно	Відмінно
Кислоти	Добре/відмінно	Відмінно	Відмінно
Алкалоїди	Добре/відмінно	Відмінно	Відмінно
Паливо	Погано	Відмінно	Відмінно
Бензол	Погано/задовільно	Відмінно	Відмінно
Знежирювальні розчинники	Погано/задовільно	Відмінно	Відмінно
Алкоголь	Добре/відмінно	Відмінно	Відмінно
Зварювальний шлак	Задовільно	Відмінно	Відмінно

Серія	3749	3609	3604	3355	3770	3601
Крок, мм	0,635			1,27		
Матеріал провідника	Луджена мідь	Посріблена мідь		Луджена мідь		Посріблена мідь
Тип провідника	Одножильний	7×0,102 (7×38)	Одножильний	7×0,127 (7×36)	7×0,160 (7×34)	7×0,127 (7×36)
Первинна ізоляція	TPE (термопластиковий еластомер)	FEP (фторовмісний етилен-пропілен)		TPE (термопластиковий еластомер)		FEP (фторовмісний етилен-пропілен)
Колір первинної ізоляції	Сірий	Матово-білий		Сірий		Блакитний
Діапазон робочих температур, °C	-40...+105	-55...+150		-40...+105		-55...+150

Основна сфера застосування плоского кабелю зі скрученими жилами — підключення силових модулів для керування електроприводом (наприклад, документація до модулів Semikron кабель 1700 3M прописана як рекомендована). Тут кабель зі скрученими жилами забезпечує захист від перехресних завад (табл. 3).

Підсумовуючи сказане вище, виділимо основні переваги скрученого витого кабелю в плоскому виконанні:

- захист від електромагнітних завад;
- швидкісна передача даних на високих частотах;
- можливість передачі сигналу плоским кабелем на великі відстані;
- зручність монтажу на рознімачі.

## НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИЙ КАБЕЛЬ

Для виробництва ізоляції кабелів є безліч різних матеріалів. Однак серед них можна виділити три основні

групи: ПВХ (полівінілхлорид), PUR (поліуретан) та TPE (термопластичний еластомер). Кожен матеріал має свої переваги, такі як вологозахист, зносостійкість та гнучкість.

PВХ-ізоляція широко відома та популярна. Цей матеріал відрізняється гарною стійкістю до вологи та досить низькою вартістю.

Поліуретанова ізоляція застосовується, як правило, європейськими та азійськими виробниками. Це безгалогенний матеріал, стійкий до стирання, але з обмеженим температурним діапазоном -40...+80 °C.

TPE-еластомер — гнучкий матеріал із чудовими можливостями роботи на низьких температурах -50...+125 °C. Такий кабель буде стійким до сонячних променів, ультрафіолету та озону. Гнучкість ізолятора теж унікальна, він допускає до 10 млн циклів згину. Порівняння властивостей ізоляторів наведено у таблиці 4.

TPE — термопластиковий еластомер або гума (TPR) — це комбінація пластику

та гуми. TPE має дуже міцний склад та добре витримує температурні коливання. Це дозволяє застосовувати кабель у TPE-ізоляції за найнесприятливіших зовнішніх умов. Кабелі в TPE-ізоляції мають втричі кращу гнучкість за низьких температур порівняно з ПВХ.

Захисні властивості кабелів у TPE/FEP-ізоляції позначаються на товщині ізоляції, а це, у свою чергу, веде до складнощів з монтажем IDC-рознімачів. Рознімачі китайських виробників, які економлять на матеріалі контактів, що накоплюють, просто гнуться при обтиску. При використанні якісних рознімачів 3M або TE Connectivity таких проблем не виникає. Наведемо такий факт: у твінаксіальних плоских кабелях для високошвидкісної передачі даних додавання рознімача на 20% знижує якість передачі сигналу. Тому економити на рознімачах, використовуючи якісний кабель, означає нівелювати всі переваги кабелю.

Основними сферами застосування таких кабельних збірок є контрольні кабелі, автомобільна промисловість, робототехніка, медичне обладнання. Асортимент кабелів 3M з низькими робочими температурами наведено в таблиці 5.

Характеристики TPE-ізоляції:

- діапазон робочих температур: -50 ... +125 °C;
- стійкість до займання: чудова;
- хімічна стійкість: задовільна;
- УФ-стійкість: чудова;
- термін служби: хороший;
- гнучкість: хороша.

Плоский кабель добре підходить для застосувань, де потрібний низький рівень сигнал/шум, гнучкість та мале нагрівання при високій щільності корпусування. У статті ми навели опис лише деяких груп плоского кабелю 3M. В асортименті компанії є кабелі в круглій ізоляції, екрановані плоскі кабелі і вита пара.

Література:

1. [www.gore.com/resources/tech-note-understanding-cable-stress-and-failurehigh-flex-applications](http://www.gore.com/resources/tech-note-understanding-cable-stress-and-failurehigh-flex-applications)
2. [www.multimedia.3m.com/mws/media/798755O/3mtm-high-flex-life-cable-hf319-series-ts2342.pdf](http://www.multimedia.3m.com/mws/media/798755O/3mtm-high-flex-life-cable-hf319-series-ts2342.pdf)
3. [www.multimedia.3m.com/mws/media/667945O/3mtm-round-conductor-flat-cable-hf365-series-ts2334.pdf](http://www.multimedia.3m.com/mws/media/667945O/3mtm-round-conductor-flat-cable-hf365-series-ts2334.pdf)
4. [www.researchgate.net/post/What\\_is\\_the\\_basic\\_idea\\_behind\\_the\\_twisted\\_pair\\_Why\\_are\\_the\\_two\\_wires\\_twisted\\_How\\_does\\_this\\_arrangement\\_compensate\\_un desirable\\_disturbances](http://www.researchgate.net/post/What_is_the_basic_idea_behind_the_twisted_pair_Why_are_the_two_wires_twisted_How_does_this_arrangement_compensate_un desirable_disturbances)

# Мікросвітлодіодні дисплеї: нові перспективи червоних світлодіодів на основі нітридів

**Ацуші Нісікава (Atsushi Nishikawa),  
Кадзухіро Окава (Kazuhiro Ohkawa), професор**  
**Переклад: Василина Рочева**

**У статті автори розкажуть про проблеми та сучасний стан справ у галузі червоних світлодіодів  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  з високим вмістом індію та про вирощування таких світлодіодів на кремнії (GaN-on-Si). Висновки засновані на 17-річних дослідженнях та розробках у ALLOS Semiconductors та KAUST.**

Червоні світлодіоди з урахуванням фосфідів давно знайшли широке застосування. Навіть з урахуванням недавніх досягнень у галузі створення червоних світлодіодів, виконаних на нітридах, характеристики останніх все ще не дозволяють їм конкурувати з червоними світлодіодами на основі фосфідів. Однак вимоги до мікросвітлодіодів для дисплеїв відрізняються від вимог до звичайних світлодіодів, роблячи червоні світлодіоди на основі нітридів привабливими, незважаючи на їх відносно невисокі характеристики. Для успішного серійного випуску мікросвітлодіодів необхідно подолати проблеми з вартістю та відсотком виходу придатної продукції, рішенням може стати виробництво кремнієвих пристроїв на підкладках великого діаметру — 200 або 300 мм. Тому вирощування нітридних червоних світлодіодів на кремнії відкриває нові можливості для їх використання у дисплеях на базі мікросвітлодіодів.

## ЧЕРВОНІ СВІТЛОДІОДИ ДЛЯ МІКРОСВІТЛОДІОДНИХ ДИСПЛЕЇВ

Дисплеї нового покоління на світлодіодах мікронного розміру (місго-LED, мікросвітлодіоди) мають величезні переваги в порівнянні зі звичайними рідкокристалічними дисплеями (РК-дис-

плеями) та дисплеями на базі органічних світлодіодів (OLED-дисплеями).

До особливостей мікросвітлодіодних дисплеїв відноситься їхня висока енергоефективність, що дозволяє значно знизити енергоспоживання телевізійних екранів великого розміру та збільшити час роботи від акумулятора невеликих екранів мобільних пристроїв, таких як «розумний» годинник, окуляри доповненої реальності або смартфони. З моменту першої демонстрації в 2012 році компанією Sony такого нового дисплею і інші компанії показували приголомшливі прототипи подібних виробів, однак і донині при виробництві мікросвітлодіодних дисплеїв залишаються технічні проблеми, що призводять до низького відсотка виходу придатної продукції та її високої вартості. Таким чином, в даний час розробка мікросвітлодіодних дисплеїв знаходиться на етапі оцінки та оптимізації варіантів всього ланцюжка поставок і виробництва мікросвітлодіодних дисплеїв, до якої відноситься, наприклад, епітаксія GaN, виготовлення тонкоплівкових flip-chip-компонентів, видалення підкладки, масове переміщення та тестування світлодіодних чипів. Серед цих аспектів увагу привертає використання червоних мікросвітлодіодів на базі нітридів.

Кожен піксель повнокольорового дисплея складається з трьох крихітних

світлодіодів мікронного розміру, що випромінюють три основні кольори: червоний, зелений та синій (RGB). Сплави  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  служать відповідним матеріалом для виготовлення мікросвітлодіодних дисплеїв, оскільки, варіюючи вміст індію, можна змінювати ширину забороненої зони і отримувати будь-який з цих трьох кольорів. Однак у той час як сині світлодіоди на основі  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  досягли рекордно високої зовнішньої квантової ефективності (EQE), що перевищує 80%, при більш високому вмісті індію, що потрібен для емісії більш довгохвильового випромінювання, EQE значно знижується. Для зеленого кольору EQE вже значно нижче порівняно з синім, але все ще дозволяє вважати цей матеріал кращим для зелених світлодіодів будь-якого застосування, в той час як для червоного кольору очевидним вибором ринку стають світлодіоди на базі фосфідів ( $\text{AlGaInP}$ ). Це пов'язано з тим, що, незважаючи на недавній прогрес у технології виготовлення червоних світлодіодів на основі  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ , вміст індію в них помітно вищий, ніж у зелених, що негативно впливає на їх характеристики та робить неконкурентоспроможними порівняно зі світлодіодами  $\text{AlGaInP}$ . Однак вимоги до мікросвітлодіодів для дисплеїв відрізняються від вимог до звичайних світлодіодів, роблячи червоні світлодіоди на базі  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  привабливими, незважаючи на їх відносно невисокі характеристики. Як ми пояснимо нижче, це пов'язано з тим, що вони відкривають шлях для виробництва повнокольорових мікросвітлодіодних дисплеїв з використанням одного і того ж набору основних матеріалів та недорогого, високопродуктивного обладнання. Ще

одним багатообіцяючим фактором є те, що цей підхід не вимагає застосування жодної технології перетворення кольору (люмінофорів), проте питання з відсотком придатної продукції поки що залишається відкритим.

## СИНЕРГІЯ ТЕХНОЛОГІЙ

Зазвичай нітридні червоні світлодіоди вирощуються на сапфірових підкладках, найбільш поширених для росту GaN. Однак існують інші типи підкладок, придатних для росту GaN, наприклад Si, SiC, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ScAlMgO<sub>4</sub> і навіть GaN. Ключовими критеріями вибору підкладки для мікросвітлодіодних дисплеїв є вартість та відсоток виходу придатної продукції, оскільки ринок споживчих дисплеїв дуже чутливий до ціни. Для успішного серійного виробництва мікросвітлодіодів необхідно зменшувати їх вартість та підвищувати відсоток виходу придатної продукції, що можливо тільки при налагодженому виробництві кремнієвих пристроїв на підкладках великого діаметру, наприклад, 200 або 300 мм. Цей варіант може бути реалізований лише при виробництві червоних нітридних світлодіодів, що вирощуються на кремнієвій підкладці, та неможливий для звичайних світлодіодів на основі фосфідів.

У зниженні витрат та підвищенні відсотка виходу придатної продукції відіграють роль і інші фактори. До них, серед іншого, відноситься зниження складності за рахунок можливості використання одного і того ж набору основних матеріалів і, отже, одних і тих же реакторів росту, тих самих процесів обробки кристалів і застосування однакових керуючих напруг. Іншими словами, домінуючим фактором при виробництві мікросвітлодіодних дисплеїв є не зовнішня квантова ефективність, а витрати та відсоток виходу придатної продукції, а також міркування інтеграції. Крім того, для мікросвітлодіодних дисплеїв з надзвичайно високою щільністю пікселів важливою є відповідність розміру світлодіодних пластин при їх об'єднанні (наприклад, шляхом їх зрощування) з пластинами KMOH-драйверів. За допомогою технології GaN-on-Si можна використовувати передові технологічні вузли виробничих ліній 300-мм кремнієвих пластин, забезпечивши більшу функціональність та підвищивши енергоефективність KMOH-драйверів.

Технологія GaN-on-Si, що використовується для дослідження, представленого в цій статті, була розроблена з акцентом на керування напругою в кристалічній структурі для подолання проблем гетероепітаксії з великою неузгодженістю решіток нітриду галію і кремнію. Завдяки прецизійній технології керування напругою ми можемо

досягти відмінної однорідності випромінювання. Досягнуто значення стандартного відхилення однорідності випромінювання 0.57 нм для 200 мм епітаксійної пластини GaN-on-Si синіх світлодіодів, яке може масштабуватися і до діаметра 300 мм.

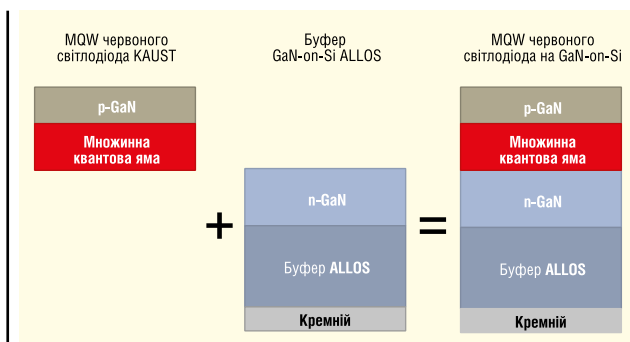
Завдяки вирощуванню на кремнієвій підкладці нітридні червоні світлодіоди мають чудову можливість зробити свій внесок у розвиток мікросвітлодіодів, поряд з перевагами у вартості та відсотку виходу придатної продукції у всьому ланцюжку поставок виробництва мікросвітлодіодних дисплеїв. У співпраці з експертом з червоних нітридних світлодіодів професором Окава планується розробити методи інтеграції такої високоякісної кристалічної структури з буферним шаром з різними структурами множинних квантових ям (рис. 1).

## НИЗЬКА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЧЕРВОНИХ НІТРИДНИХ СВІТЛОДІОДІВ, ОБУМОВЛЕНА ВИСОКОЮ КОНЦЕНТРАЦІЄЮ ІНДІЮ

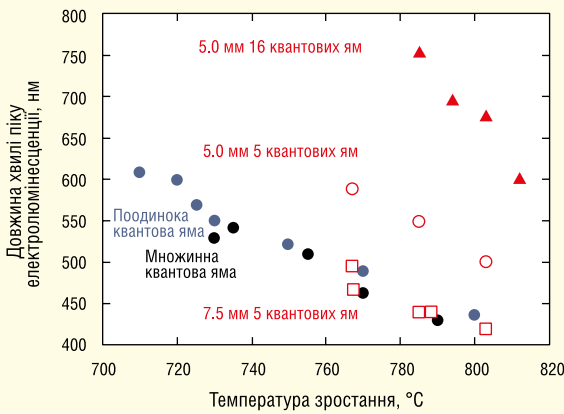
Для отримання червоного випромінювання у світлодіоді на базі In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N необхідно збільшити концентрацію індію у множинних квантових ямах (MQW) In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N. При цьому виникають дві основні проблеми, що призводять до зниження зовнішньої квантової ефективності за більшої довжини хвилі випромінювання. По-перше, високий вміст індію викликає поділ фаз у множинних квантових ямах In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N і зумовлює велику неузгодженість ґрат між шаром MQW In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N і бар'єрним шаром GaN, який через погіршення якості кристала і збільшення проростаючих дислокацій призводить до зростання кількості центрів безвипромінювальної рекомбінації. По-друге, високий вміст індію посилює п'єзоелектричну поляризацію всередині множинних квантових ям, що зменшує перекриття хвильових функцій електрона та дірки через квантово-розмірний ефект Штарка. Це призводить до нижчих швидкостей випромінювальної рекомбінації у множинних квантових ямах In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N і, отже, зниження зовнішньої квантової ефективності.

В останні десятиліття було докладено чимало зусиль для подолання згаданих проблем. Дж. Хван (J. Hwang) та його співавтори застосували вставку прошарку AlGaN товщиною 1 нм між шаром MQW In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N та бар'єрним шаром для локальної компенсації деформації, що викликається високою концентрацією індію в квантових ямах. Значення вимірної потужності випромінювання та зовнішньої квантової ефективності при струмі інжекції 20 мА склали 1.1 мВт та 2.9% відповідно за довжини хвилі випромінювання 629 нм з напівшириною 53 нм. Р. Вадівелу (R. Vadivelu) та його група продемонстрували наностовпчастий червоний світлодіод з множинними квантовими ямами In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N, де довжина хвилі випромінювання складала 633 нм із напівшириною 185 нм.

Наностовпчаста структура дозволяє зменшити вплив квантово-розмірного ефекту Штарка та забезпечує невисоку дефектність кристалів навіть за більш високого вмісту індію. Однак потужність випромінювання світла за струму інжекції 20 мА становила лише 26 мкВт. За допомогою легування нітриду галію рідкісноземельним європієм А. Нісікава (A. Nishikawa) та співавтори виготовили червоний світлодіод з довжиною хвилі випромінювання 621 нм та напівшириною 1 нм. Такий надвузький спектр обумовлений випромінюванням від іонів європію, що знаходяться в ніт-



**Рис. 1. Інтеграція технологій росту множинних квантових ям KAUST з технологією керування напругою ALLOS при створенні буферного шару GaN-on-Si**



**Рис. 2.** Залежність довжини хвилі піку електролюмінесценції від множинних квантових ям  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ , вирощеного в реакторі з висотою 5.0 та 7.5 мм від поверхні підкладки. Збільшення довжини хвилі випромінювання досягається з допомогою зменшення висоти реактора до 5.0 мм. Подальше підвищення довжини хвилі випромінювання до 740 нм спостерігається при 16 квантових ямах за рахунок релаксації напруги в множинних квантових ямах  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$

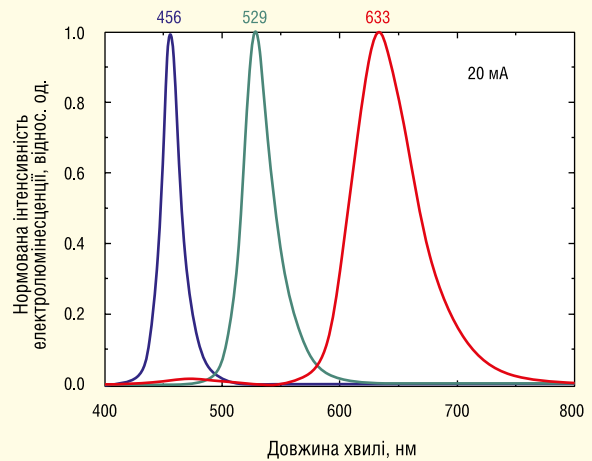
риді галію. Після першої демонстрації Б. Мітчел (B. Mitchel) та співавтори повідомляли про максимальну зовнішню квантову ефективність 9.2% за струму інжекції 2 мА та 3.3% за 20 мА. Таким чином, нітридні червоні світлодіоди, як правило, мають меншу зовнішню квантову ефективність через низьку якість кристалічної структури  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ , що вирощується, і локальних деформацій через значне неузгодження періодів решіток.

У наступному розділі ми опишемо останні досягнення у галузі створення червоних світлодіодів на основі нітридів, спрямовані на покращення структури кристалів та компенсацію локальних деформацій у множинних квантових ямах.

## ОСТАННІ ДОСЯГНЕННЯ В ГАЛУЗІ ЧЕРВОНИХ СВІТЛОДІОДІВ НА БАЗІ НІТРИДІВ

Команда KAUST модифікувала конструкцію горизонтально-го реактора хімічного осадження з пар металорганічних сполук для збільшення вмісту індію в  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  з метою виготовлення червоних світлодіодів на основі  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  з більшою довжиною хвилі і більш високою зовнішньою квантовою ефективністю. Зменшення висоти реактора з 7.5 до 5 мм підвищує температуру газу над підкладкою за рахунок випромінювання тепла від верхньої частини реактора, посилюючи хімічну реакцію поверхні підкладки.

В результаті моделювання з використанням програмного забезпечення CFD-ACE+ (ESI, Франція) та бази даних з газофазної епітаксії нітридів (Nitride-MOVPE, Wave Front, Японія) команда виявила, що концентрації атомарного індію та розщепленого  $\text{NH}_2$  поблизу поверхні підкладки значно вищі у разі малої висоти реактора. Ці більш високі концентрації атомарного індію та розщепленого  $\text{NH}_2$  ефективно пригнічують повторні випаровування індію з поверхні росту кристала  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ , що призводить до збільшення вмісту індію в  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ . Таким чином, модифікація конструкції реактора дозволила підвищити довжину хвилі випромінювання на



**Рис. 3.** Нормалізовані спектри електролюмінесценції RGB-світлодіодів на основі  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  з різним вмістом індію

100 нм. Крім того, підвищення числа множинних квантових ям з 5 до 16 додатково збільшує довжину хвилі випромінювання до 740 нм завдяки ефекту релаксації напруги в квантових ямах  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  (рис. 2). В результаті команда продемонструвала RGB-світлодіоди на основі  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  з різним вмістом індію, вирощені в тому самому реакторі. Примітно, що новий підхід дозволив підвищити вміст індію, а також покращити якість кристалів  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  та зовнішню квантову ефективність червоних світлодіодів.

Останнім часом команда активно досліджувала вплив залишкових напруг у шарі квантових ям  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  і виявила, що пік випромінювання та інтенсивність електролюмінесценції (рис. 3) квантових ям  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  значною мірою залежать від залишкової напруги стиснення та щільності дислокацій нижчого шару GaN. При вирощуванні багатьох квантових ям  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  на шарі n-GaN товщиною 8 мкм на сапфіровій підкладці значення зовнішньої квантової ефективності склали 1.6% за струму інжекції 20 мА з довжиною хвилі випромінювання 633 нм. Таким чином, поєднання технології червоних світлодіодів на базі  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  та розробленої технології GaN-on-Si спрямоване не лише на зниження вартості та підвищення виходу придатної продукції, а й на покращення характеристик нітридних червоних світлодіодів за рахунок поєднання технології керування напругою та розуміння методів керування локальними деформаціями, що виникають навколо множинних квантових ям.

## ВИСНОВОК

Червоні світлодіоди на базі нітридів мають величезний потенціал для розвитку ринку мікросвітлодіодних дисплеїв. Для покращення економічних показників та підвищення відсотка виходу придатної продукції вирішальну роль відіграє зростання кристалів на кремнієвій підкладці. Команди KAUST та ALLOS поєднують свої унікальні технології для вирішення проблем з деформаціями решітки та оптимізації умов зростання червоних світлодіодів за технологією GaN-on-Si. В результаті множинні квантові ями червоних світлодіодів вирощуватимуться на буферних шарах GaN-on-Si, структура яких буде точно підіграна під час спільної роботи з оптимізацією епітаксійних структур.

CN

# Як скоротити час тестування швидкості саморозряду літій-іонних елементів живлення?

**Джакомо Тувері (Giacomo Tuveri),** менеджер з маркетингу в регіоні EMEA, Keysight Technologies, Inc.

**Новий метод тестування швидкості саморозряду літій-іонних елементів живлення скорочує час, необхідний для виявлення непридатних елементів живлення, з кількох тижнів до кількох хвилин, що дозволяє заощадити кошти і прискорює виведення товарів на ринок.**

Ринок літій-іонних елементів живлення переживає вибухове зростання, що пов'язане з поширенням електромобілів. Це потребує більш ефективних елементів живлення з великою ємністю. Оптимізація витрат і затрат при їх оцінці набувають все більшого значення. Новий метод допоможе спростити трудомістку процедуру, що потребує великих витрат часу, але при цьому дуже важливу при тестуванні швидкості саморозряду елементів живлення і прискорить виведення продуктів на ринок.

## ЩО ТАКЕ САМОРОЗРЯД ЕЛЕМЕНТА ЖИВЛЕННЯ, І ЧОМУ ВІН ТАКИЙ ВАЖЛИВИЙ?

Літій-іонні елементи живлення з часом втрачають заряд, навіть якщо

вони не підключені до навантаження. Таке явище називається саморозрядом. На рисунку 1 зображено модель саморозряду у вигляді паралельного опору  $R_{cp}$ , через який протікає струм саморозряду  $I_{cp}$ . Якщо елемент живлення не підключений до навантаження, він розряджається через високоомний опір  $R_{cp}$ . Через тижні чи місяці такий канал саморозряду повністю розряджає елемент живлення, що призводить до падіння  $V_{ex}$ .

Деякий ступінь саморозряду — це нормальне явище, спричинене хімічними процесами, що відбуваються всередині елемента. Тим не менш, втрата заряду елементом живлення призводить до того, що його ємність стає меншою за бажану. При об'єднанні елементів живлення в батарейні блоки різний ступінь саморозряду окремих елементів призводить до порушення балансу всередині такого блоку.

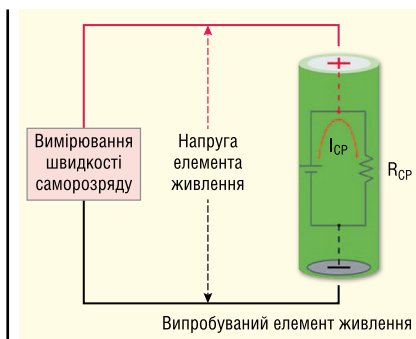
Однією з причин саморозряду можуть бути шляхи витоку струму всередині елемента живлення. Наявність в елементі живлення сторонніх частинок та зростання дендритів викликають виникнення «мікрозамикань», тим самим створюючи струм витоку. Ці явища не можуть вважатися нормальними і можуть призвести до повного виходу елемента з ладу. Елементи живлення з високим значенням саморозряду характеризуються більшою ймовірністю прихованої відмови.

Таким чином, вимірювання та оцінка швидкості саморозряду елементів живлення на етапі розробки та виробництва пристроїв надзвичайно важливі. Під час створення елемента живлення дуже важливо усунути можливі причини швидкого саморозряду. У процесі виробництва необхідно якомога раніше виявити всі елементи живлення, що мають ознаки високої швидкості саморозряду.

## ПРОБЛЕМИ ТА НЕДОЛІКИ ОЦІНКИ САМОРОЗРЯДУ МЕТОДОМ ВИМІРЮВАННЯ НАПРУГИ ХОЛОСТОГО ХОДУ

Зазвичай оцінка швидкості саморозряду виконується шляхом вимірювання зниження напруги холостого ходу з часом. Цей метод досить простий, і використовуючи його, потрібно виміряти напругу з допомогою вольтметра чи цифрового мультиметра. Проблема полягає не в складності вимірювань, а в кількості часу, необхідного для оцінки швидкості саморозряду за показниками зміни напруги холостого ходу.

Порівняно з іншими типами перезаряджуваних елементів живлення, саморозряд літій-іонних акумуляторів відбувається досить повільно. Зазвичай вони втрачають від 0.5–1% заряду на місяць. У зв'язку з тим, що  $I_{cp}$  має вкрай низькі значення, зазвичай, від кількох мікроампер до кількох сотень мікроампер (залежно від ємності елемента), напруга на полюсах елемента падає дуже повільно. Оскільки зміна напруги холостого ходу літій-іонних елементів відбувається так повільно, що виявити якусь помітну зміну величини заряду і відбракувати елементи, що мають підвищену швидкість



**Рис. 1. Модель саморозряду елемента живлення**

Рішення Keysight по тестуванню батарей/електромобілей/зарядних станцій:

- тестові системи для батарей рівня «набір батарей/батарей/селл»;
- тестування систем керування батареями;
- рішення для тестування всіх зарядних інтерфейсів зарядних станцій та електромобілів;
- регенеративні та динамічні емулятори AC/DC;
- рішення для всіх систем та елементів, що входять до складу «зарядна станція — електромобіль».

саморозряду, можна лише через кілька тижнів або місяців.

Розробники, користувачі та виробники зіткнулися з проблемою, яка полягає у необхідності швидко виміряти швидкість саморозряду елементів живлення. Час, що витрачається на вимірювання одного елемента, не дуже великий, але серія таких вимірювань розтягується на кілька тижнів або місяців, що може вплинути на тривалість циклу розробки. У ході тестування розробники повинні зберігати елемент живлення за умов контрольованої температури, оскільки його напруга при зміні температури також змінюється. Це не тільки накладає певні обмеження на цикл проектування, а й уповільнює виведення продукції на ринок. А якщо в процесі реалізації проекту необхідно провести кілька вимірювань, то затримка також збільшується у декілька разів. Затримка поставки нового товару обертається нереалізованими можливостями, потенційною втратою частки ринку і втратою конкурентної переваги.

При виробництві необхідність заміряти швидкість саморозряду елементів живлення значно збільшує кількість незавершених проектів, а також додає труднощів та ризиків, пов'язаних із зберіганням великої кількості елементів живлення великої ємності ця проблема стоїть ще гостріше. Такі елементи живлення є цінними активами компанії, мають більше значення часу стабілізації і є великою небезпекою при складському зберіганні.

## МЕТОД ПОСТІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

Для оцінки швидкості саморозряду елемента живлення потрібно виміряти струм саморозряду. Якби була можливість виміряти цю величину за статичних умов, можна було б оцінити стан елемента живлення значно швидше, ніж просто чекати зміни напруги холостого ходу. Вимірювання напруги холостого ходу, при якому фіксується падіння напруги з плином часу, є неточним і непря-

мим методом вимірювання швидкості саморозряду елемента живлення.

Метод постійного потенціалу представлений на рисунку 2. Цей метод полягає в оцінці швидкості саморозряду елементів живлення шляхом вимірювання струму саморозряду  $I_{CP}$ . Швидкість саморозряду вимірюється безпосередньо в кулонах за секунду. Іншими словами, це втрата заряду з часом. Цей метод дозволяє виміряти швидкість саморозряду елемента живлення набагато швидше, ніж метод вимірювання напруги холостого ходу. Час вимірів скорочується до кількох годин або навіть менше. Елементи живлення, що мають струм саморозряду вище встановленого значення, можуть бути відбраковані вже за годину.

Для вимірювання величини методом постійного потенціалу до клем елемента живлення необхідно підключити джерело постійного струму з низьким рівнем шуму та налаштувати його на величину напруги холостого ходу елемента. Джерело постійного струму підключається до елемента живлення через мікроамперметр, який дозволяє виміряти струм, що протікає ланцюгом між джерелом струму і елементом живлення. Коли в елементі живлення починається процес саморозряду, джерело струму компенсує струм витоку, забезпечуючи постійну напругу та стан заряду. При настанні рівноваги між джерелом живлення та випробуваним елементом  $I_{CP}$  повністю відшкодовується

не за рахунок внутрішнього заряду, а за рахунок підживлення ззовні. Таким чином, струм саморозряду  $I_{CP}$  можна виміряти безпосередньо за допомогою мікроамперметра.

## НОВІ РІШЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ПОСТІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

Фіхівці компанії Keysight, розробники та виробники елементів живлення поєднали зусилля для вирішення проблем вимірювання саморозряду. У ході такого співробітництва було створено два нові рішення: система вимірювання саморозряду BT2191A та аналізатор саморозряду BT2152A. Обидва рішення використовують метод постійного потенціалу для вимірювання та забезпечують стабільність і роздільну здатність вихідної напруги на рівні 1 мкВ, а також мають спеціалізовані функції, що забезпечують швидке і точне вимірювання струму саморозряду елемента живлення.

Система BT2191A призначена для розробників та дозволяє значно скоротити час вимірювання саморозряду елемента живлення. Система безпосередньо вимірює струм саморозряду протягом усього 1–2 годин на відміну від традиційного методу вимірювання напруги холостого ходу, який вимагав тижнів і навіть місяців. Крім вимірювання струму саморозряду, система дозволяє фіксувати напругу на клемі елемента живлення та його температуру. Інженери можуть істотно скоротити тривалість циклу розробки, оптимізувати характеристики акумуляторних батарей та забезпечити швидше виведення продукції на ринок.

Виробники літій-іонних елементів живлення можуть використовувати найновіший аналізатор саморозряду

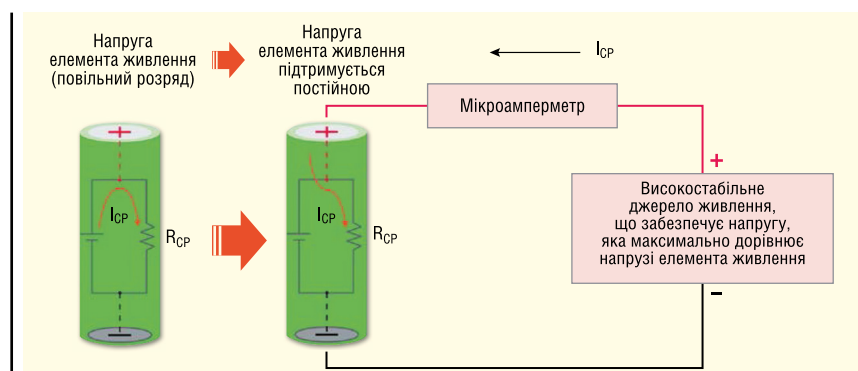
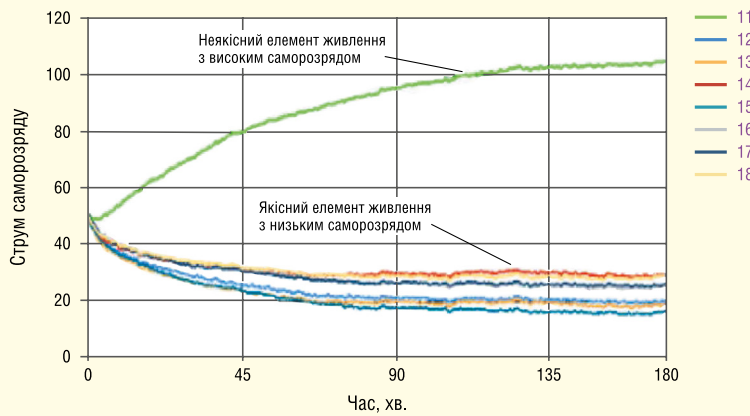


Рис. 2. Метод постійного потенціалу дозволяє оцінити швидкість саморозряду елемента живлення шляхом прямого вимірювання  $I_{CP}$



**Рис. 3. Криві струму саморозряду елементів живлення, виміряні під час відбракування за допомогою VT2152A**

VT2152A, який здатний вимірювати струм саморозряду до 32 елементів живлення одночасно. Новий метод виміру різко збільшує пропускну здатність при тестуванні за рахунок значного скорочення часу вимірів. Що особливо важливо, здебільшого придатність елементів живлення можна визначити вже за 30 хвилин. Це допомагає виробникам суттєво скоротити площі складських приміщень, а також зменшити витрати, пов'язані з оборотним капіталом та вартістю обслуговування виробничих потужностей. На рисунку 3 показані криві зміни струму саморозряду восьми циліндричних елементів живлення типу 18650, підключених одночасно. Відхилення характеристик одного з елементів живлення від значень

решти групи може бути помітне вже за кілька хвилин.

**ВИСНОВОК**

Тестування швидкості саморозряду літій-іонних елементів живлення є надзвичайно важливим. Високі значення саморозряду характеризують елементи з більшою ймовірністю раннього виходу з ладу. Такі елементи необхідно виявляти та відокремлювати від придатних елементів для запобігання їх повному виходу з ладу, а також для виявлення та усунення причин такого браку на етапах проектування чи виробництва. Нові рішення від компанії Keysight, що використовують метод постійного потенціалу, дозволя-

ють розробникам та виробникам вирішити проблеми, пов'язані з проведенням вимірювань швидкості саморозряду, за рахунок радикального скорочення термінів, економії коштів та прискорення процесу виведення продукції на ринок.

Система вимірювання саморозряду VT2191A — одноканальна система, яка оптимально підходить для розробки та оцінки параметрів елементів живлення. Детальну інформацію можна знайти за посиланням [www.keysight.com/find/bt2191a](http://www.keysight.com/find/bt2191a).

Аналізатор саморозряду VT2152A має до 32 вимірювальних каналів та є ідеальним інструментом для виявлення непридатних елементів живлення у процесі виробництва. Детальну інформацію можна знайти за посиланням [www.keysight.com/find/bt2152a](http://www.keysight.com/find/bt2152a).

Унікальне поєднання наших приладів, програмного забезпечення, послуг, знань і досвіду наших інженерів допоможе вам втілити в життя нові ідеї. Ми відкриваємо двері в світ майбутнього.

**Більш детальну інформацію щодо продукції компанії Keysight Technologies можна отримати, звернувшись до офіційного дистриб'ютора в Україні — компанії Юнітест:**

**04053, м. Київ,  
вул. Олеса Гончара, 6,  
тел. +38 (044) 272-60-94,  
e-mail: [web@unitest.com](mailto:web@unitest.com),  
<http://unitest.com>**

CN

Нові, нещодавно презентовані продукти Keysight Technologies, на які ми рекомендуємо звернути вашу увагу:

**Емулятор Radar Scene**, що дозволяє розробляти надійні стійкі радарні сенсори та алгоритми, потрібні для реалізації можливостей ADAS. Емулює складні реальні тестові сценарії до 512 об'єктів та на дистанціях до 1.5 м (див. фото) (<https://www.keysight.com/us/en/about/newsroom/news-releases/2021/1215-nr21166-keysight-introduces-radar-scene-emulator-solution-t.html>).

**Тестова система Gigabit Ethernet AresONE-S 400** — масштабуєма система емуляції мережі IxNetwork до 6.4Tbps комутуємого трафіку PAM4 та NRZ (<https://www.keysight.com/us/en/about/newsroom/news-releases/2021/0216-nr21016-keysight-delivers-first-16-port-400ge-test-system-t.html>).

**SJ001A WaveJudge аналізатор бездротових мереж** повний ефірний аналізатор PHY та декодер протоколів (<https://www.keysight.com/us/en/product/SJ001A/wavejudge-5000.html>).

**Векторний генератор сигналів M9484C VXG**, що спрощує комплексні тестові сценарії для бездротових приймачів та тестування ефективності. Генерує мультіканальні сигнали з найширшою смугою та безпрецедентною спектральною чистотою (<https://www.keysight.com/us/en/about/>



[newsroom/news-releases/2022/0426-nr22039-keysight-technologies-delivers-high-performance-vec.html](https://www.keysight.com/us/en/about/newsroom/news-releases/2022/0426-nr22039-keysight-technologies-delivers-high-performance-vec.html)).

**ПЗ PathWave ADS 2023 для високошвидкісних цифрових проектів (High-Speed Digital)**, що спрощує проектування пам'яті наступного покоління за допомогою потужної автоматизації та моделей AMI (<https://www.keysight.com/us/en/lib/resources/software-releases/pathwave-advanced-design-system-ads-2023.html>).



# П'ять функцій, якими має бути оснащений сучасний цифровий мультиметр

**Андреа Вінчі (Andrea Vinci),** менеджер з технічного маркетингу EMEA, Tektronix

**Цифрові мультиметри (ЦМ) — поширені прилади, які багато десятиліть застосовують у складі випробувального устаткування електроніки. У міру розвитку технологій удосконалюються і цифрові мультиметри — в цифрову епоху у них з'явилися такі функції як потокова передача за допомогою хмари та інтерактивні керуючі панелі, інтерфейси з сенсорним екраном, програмовність, віддалене керування ПЗ і функції швидкого цифрового перетворювача. У статті розглядаються п'ять ключових особливостей цифрового мультиметра.**

Вданий час цифрові мультиметри (ЦМ) є одними з тих приладів, які найбільш широко використовуються як випробувальне обладнання для електроніки, починаючи з тестування в домашніх умовах, лабораторіях, в полі під час техобслуговування і закінчуючи випробуваннями стендових приладів, пристроїв Інтернету речей (IoT), датчиків, а також автоматизованим налагодженням. Цифрові мультиметри зазвичай використовуються для вимірювання електричних величин. Навіть найдешевші цифрові мультиметри з базовою роздільною здатністю, як правило, оснащені такими функціями та засобами як автоматичне перемикання меж вимірювань, а також дисплеєм із заднім підсвічуванням або кольоровим дисплеєм. ЦМ виконують не тільки обов'язкові вимірювання напруги та струму (змінного або постійного), але вимірюють також опір, температуру, частоту та ємність.

Технологічні досягнення збільшили попит на ширші функціональні можливості цифрових мультиметрів, особливо під час роботи з пристроями, що використовуються в лабораторних столах. Від сучасних цифрових мультиметрів потрібно, щоб вони:

- мали можливість підключатися до хмарного репозиторію та інтерактивних панелей для безперешкодного експорту даних та їх візуалізації, за винятком необхідності в USB-накопичувачах;
- мали великі сенсорні дисплеї та сенсорні інтерфейси;

- були програмовними, щоб приймати рішення на основі отриманих на місці даних, а також прискорити виконання складних дій, включаючи керування іншими допоміжними пристроями;
- мали комплексний програмний пакет для керування ЦМ з ноутбука та створення автоматичних звітів;
- мали швидкий АЦП для фіксації перехідних процесів без втрати даних.

## ЦИФРОВІ МУЛЬТИМЕТРИ З МОЖЛИВОСТЯМИ ХМАРНОГО ІНТЕРФЕЙСУ

ЦМ традиційно були портативними приладами, які відображали ін-

формацію про тестування електронних схем лише на екрані. Насамперед не було можливості легко поділитися цією інформацією з іншими фахівцями або розмістити її в Інтернеті. Сучасні цифрові мультиметри (див. рис. 1) використовують просту вбудовану програму для підключення до IoT-служби потокової передачі даних Initial State, яка відстежує та реєструє потоки даних безпосередньо з цифрового мультиметра. Користувачі можуть встановлювати порогові значення вимірювань, отримувати електронні повідомлення та текстові сповіщення при досягненні порогового значення безпосередньо з панелі керування.

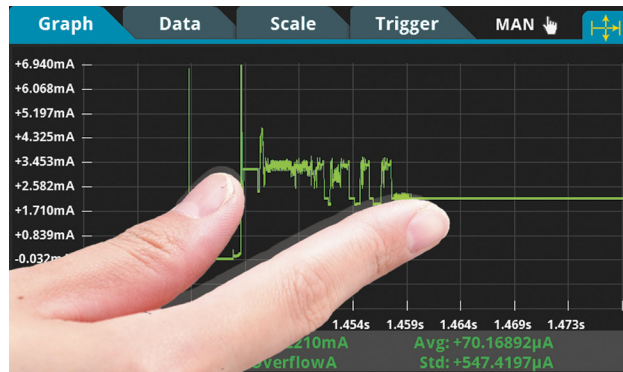
Робота на базі платформи Initial State «програмне забезпечення як послуга» надає цифровому мультиметру функції віддаленого моніторингу, інтерактивні керуючі панелі для візуалізації даних в реальному часі, можливості запуску та обміну даними без допомоги ПК або зовнішнього програмного забезпечення. Функція віддаленого доступу дозволяє відстежувати та аналізувати електронні дані з ЦМ віддалено у будь-якому веб-браузері, у т.ч. на мобільних пристроях у будь-якій точці світу



**Рис. 1.** Спільне використання керуючої панелі та хмари дозволяє передавати результати аналізу сигналів із приладів на мобільні пристрої



**Рис. 2.** Цифровий мультиметр Keithley DMM6500 від Tektronix з можливістю підключення до інтернету та хмари за допомогою платформи Initial State



**Рис. 3.** Великий сенсорний екран з функцією аналізу сигналів, «як» у осцилографі

(див. рис. 2). Ця можливість є також у багатоканальних цифрових мультиметрів, або т.з. реєстраторів даних, наприклад DAQ6510, який підтримує скануючі карти для моніторингу декількох сигналів.

### ВЕЛИКИ ДИСПЛЕЇ ТА ІНТЕРФЕЙСИ З СЕНСОРНИМ ЕКРАНОМ

Сучасні цифрові мультиметри оснащені великими сенсорними екранами та інтерактивними керуючими панелями, що дозволяють легко переглядати багато рядків, використовувати віртуальні кнопки і відображати електронні сигнали на екрані, що чітко помітні також у виробничих цехах, де пристрої часто знаходяться далі від оператора, ніж в лабораторії (див. рис. 3).

Функція масштабування зображень на сенсорному екрані двома пальцями робить ці складні пристрої такими ж простими в експлуатації, як звичайний мобільний телефон, і дуже звичними для інженерів нового покоління.

### ПРОГРАМОВНІСТЬ СУЧАСНИХ ЦИФРОВИХ МУЛЬТИМЕТРІВ

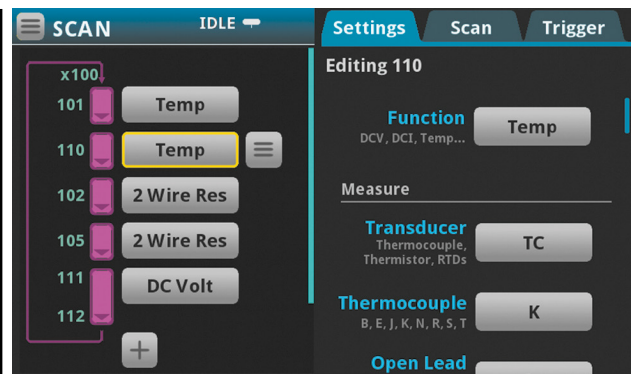
У цифрових мультиметрах традиційно використовувався програмний інтерфейс SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments — стандартні команди для програмованих приладів) як єдина та узгоджена мова для керування контрольно-вимірювальними приладами. Насамперед це був єдиний метод програмування, доступний ЦМ. Проте сучасні

цифрові мультиметри потребують гнучкого програмування для автоматизованих вимірювань з метою економії часу та з урахуванням вимог до пропускнуої спроможності (див. рис. 4).

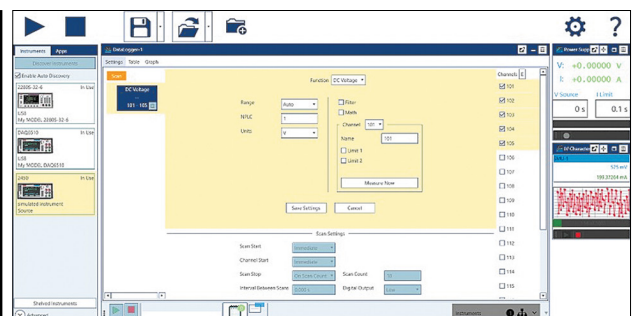
Сучасні цифрові мультиметри часто дозволяють писати код користувача такими мовами як Python для керування пристроєм. Крім того, ЦМ можуть оснащуватися встановлюваними на заводі програмами, які дозволяють налаштувати інтерфейс користувача, змінювати параметри дисплея або спосіб автоматизації інформації. Цифровий мультиметр, показаний на рисунку 2, містить вбудований мікропроцесор і оснащений мовою програмування тестових сценаріїв (TSP) для введення керуючих команд і створення сценаріїв тестування, які можна завантажити і зберегти в самому приладі.

### ПОВНОЦІННИЙ ПРОГРАМНИЙ ПАКЕТ ТА ВЗАЄМОДІЯ З ІНШИМИ ПРИСТРОЯМИ

Сучасні цифрові мультиметри мають розширені можливості для вимірювання таких електронних параметрів як ємність, температура (резисторний датчик температури, термістор, термопара) та тестування діодів з джерелами змінного струму. Цифровий мультиметр, показаний на рисунку 1, підтримується програмою KickStart (див. рис. 5). Це програмне забезпечення дозволяє конфігурувати, тестувати та збирати дані з кількох приладів (включаючи цифрові мультиметри, джерела живлення, джерела-вимірювачі (SMU), реєстратори даних, прилади для вимірювання малих величин, наприклад, електрометри, і навіть кілька моделей осцилографів Tektronix). Користувачі можуть контролювати до восьми приладів одночасно і знімати мільйони показань кожного



**Рис. 4.** Доступ до налаштування функцій і параметрів вимірювань повинен здійснюватися або з інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу користувача, або за допомогою API і програмованих функцій



**Рис. 5.** Панель керування програмним пакетом KickStart, що дозволяє повністю контролювати стенд та складати звіти про вимірювання

з них. Це ПЗ має засоби побудови графіків і порівняння, які допомагають виявити аномалії і тенденції.

Користувачі можуть зберігати конфігурації тестів, експортувати дані для додаткового аналізу або ділитися оновленнями тестів. Особливістю цих удосконалених пакетів програмного забезпечення є те, що вони регулярно оновлюються та покращуються. Крім того, допускається використання плаваючої ліцензії, а також придбання річної ліцензії як більш доступна альтернатива безстроковій ліцензії.

## ШВИДКИЙ АЦП

Під час вибору відповідного цифрового мультиметра необхідно в першу чергу враховувати роздільну здатність і точність. Роздільна здатність — це рівень деталізації, який можна виміряти та відобразити на ЦМ. Як правило, вона вимірюється числом, що складається з цілої частини та половини (наприклад, числа в діапазоні  $3^{1/2} - 7^{1/2}$ ). Роздільна здатність цифрового мультиметра залежить від вбудованого АЦП і максимального числа його відліків при повному перетворенні. Хоча цифрові мультиметри з високою роздільною здатністю зазвичай мають високу точність, ці дві характеристики — не те саме. Крім інших характеристик, точність залежить від точності АЦП, від рівня шуму, стабільності вбудованих джерел опорної напруги (ДОН) та допусків усіх електронних компонентів, що входять до складу власне цифрового мультиметра.

Швидкість АЦП теж має важливе значення. Швидкий перетворювач — важлива характеристика, яка враховується під час вибору цифрового мультиметра (див. рис. 6). До складу деяких сучасних ЦМ Keithley входить 18-біт АЦП зі швидкістю 1 Мвіб/с, який відображає вимірюваний сигнал, як на екрані осцилографа, і дозволяє фіксувати швидкі перехідні процеси в додатках Інтернету речей за високої точності та роздільної здатності.

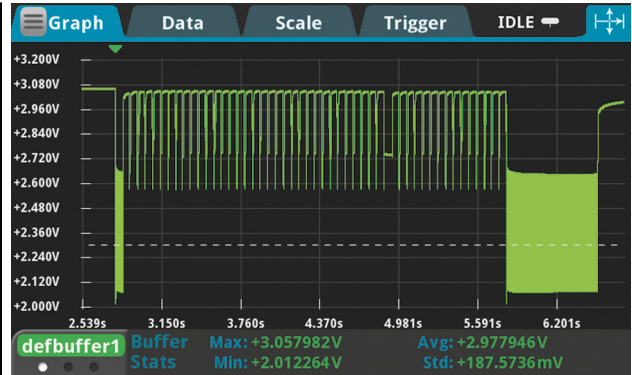
Швидкий АЦП здатний фіксувати поточну споживану потужність у всіх станах IoT-пристрою, починаючи з режиму очікування з низьким енергоспоживанням і закінчуючи режимом передачі повної потужності та сплесками струму навантаження. Захоплення профілю навантажувального струму дозволяє розрахувати середнє значення струму витоку, яке є ключовим для оцінки терміну служби батареї, що живить пристрій IoT, на основі її ємності.

## ПРИКЛАД ВИКОРИСТАННЯ ЦМ У СКЛАДНИХ ЗАВОДСЬКИХ УМОВАХ

Цифрові мультиметри у поєднанні з комутаційними системами забезпечують точні вимірювання великої кількості каналів. Багатоканальні або високопродуктивні цифрові мультиметри часто називаються реєстраторами даних. Ці прилади використовуються не в лабораторіях, а, переважно, для тестування зібраних виробів на виробництві (див. рис. 7).

Давайте розглянемо базовий приклад сканування температури — одного з фізичних параметрів, що часто вимірюються. Вимірювання температури пристроїв зазвичай здійснюється в кліматичній камері за допомогою термопар і комутаційних модулів, що підключаються, які виконують автоматичну компенсацію коливань температури холодного спаю.

DAQ6510, по суті, являє собою цифровий мультиметр, що підтримує набір комутаційних модулів, що підключаються, і широкий ряд функцій, включаючи хмарну потокову передачу



**Рис. 6. Високошвидкісні АЦП у сучасних цифрових мультиметрах дозволяють відстежувати швидкі зміни сигналу**



**Рис. 7. У реєстратори даних можна вбудувати карти мультиплексорів та сканувальні плати для відстеження процесів та сигналів у виробничому середовищі**

даних, ПЗ KickStart, роздільну здатність, швидке сканування та інтерфейс з сенсорним екраном.

## ВИСНОВКИ

Цифрові мультиметри протягом десятків років використовуються для вимірювання електричних величин. У цифрову епоху ці прилади оснастилися такими функціями як потокова хмарна передача даних, інтерактивні керуючі панелі, інтерфейси з сенсорним екраном, програмовність, віддалене програмне керування і високошвидкісне аналого-цифрове перетворення. Використання більш ранніх моделей цифрових мультиметрів може утруднити тестування на тій швидкості та з гнучкістю, які необхідні під час експлуатації сучасних електронних пристроїв. Нові цифрові мультиметри сприяють впровадженню інновацій в електронні пристрої, починаючи з тих, що використовуються в розумних будинках, автоматизованих будинках та закінчуючи сучасною автомобільною електронікою та бездротовим зв'язком.

CN

# Автоматична ідентифікація із застосуванням зчитувачів RFID фірми Elatec

**Пристрої, що використовують технологію RFID для ідентифікації, широко застосовуються у складській логістиці, експедируванні та управлінні. Велика кількість доступних рішень і часта необхідність їх інтеграції в окрему узгоджену систему може бути проблематичною та тривалою. Рішення, пропонувані фірмою Elatec, дозволяють скоротити витрати та час, потрібні для інтеграції нових рішень у існуючі системи.**

Ринки систем RFID і бездротової комунікації, що динамічно розвиваються, ставлять нові завдання перед виробниками обладнання та інтеграторами рішень. Стосуються вони не тільки електромагнітної сумісності, а й вибору стандарту ідентифікації та типу систем транспондерів, що використовуються, а також зчитувачів і програматорів, які їх підтримують.

Незалежно від сфери застосування ключовим елементом є вибір відповідної технології RFID, що застосовується для ідентифікації. Її вибір залежатиме від ряду факторів — наприклад, очікувана відстань зчитування, тип ідентифікованих об'єктів, а також від того, чи потрібен двосторонній зв'язок із транспондером. Деякі з цих систем разом з можливістю зберігання унікального ідентифікатора постійної пам'яті забезпечують зберігання даних в енергонезалежній пам'яті і одночасно шифрують зв'язок з провідною системою.

Вибір технології для ідентифікації дуже важливий, оскільки паралельно функціонує безліч стандартів RFID, що відрізняються смугою частот, що використовується (і, отже, розмірами антени і системи транспондерів), відстанню зчитування, типом модуляції, швидкістю передачі даних і т. д.

Це може призвести до того, що введені знову рішення матимуть інший стан-

дарт зв'язку, ніж використовували досі. Прикладом такої проблеми може бути офісна будівля, де застосовується технологія RFID для реєстрації часу роботи та контролю доступу до приміщень. У такій будівлі може виникнути потреба в інтеграції додаткової системи, що дозволяє конкретним співробітникам отримувати доступ до принтерів або копіїв, також обладнаних зчитувачами RFID. Однак зазвичай зчитувачі, що встановлюються в них, будуть працювати за іншим стандартом передачі даних, відмінному від використовуваного в системі контролю доступу. Ця ситуація змушує співробітників використовувати дві або більше карток: одну — для доступу до робочого місця та одну чи декілька — для ідентифікації при отриманні доступу до принтера чи копіра.

## МУЛЬТИСИСТЕМНІ ЗЧИТУВАЧІ/ПРОГРАМАТОРИ

На проблему звернула увагу фірма Elatec, відомий виробник рішень для систем RFID. Вона пропонує універсальні, готові до використання зчитувачі/програматори, які підключаються до провідної системи через послідовний інтерфейс, а також RFID-модулі без корпусу, призначені для виробників OEM. Готові зчитувачі/програмато-



**Рис. 1. Зчитувач типу TWN4 Multitech LEGIC 42**

ри найчастіше підтримують стандарт RS-232 або USB, тоді як OEM-модулі підтримують багато інших стандартів, надаючи конструктору простір для маневру та простоту підключення зчитувача/програматора до доступних апаратних ресурсів.

Ось кілька конкретних прикладів. Зчитувач типу TWN4 Multitech LEGIC 42 (рис. 1), доступний у пропозиції TME, працює у багатьох смугах частот, які суттєво відрізняються одна від одної, тобто 125, 134.2 кГц, 13.56 МГц. Зчитувач оснащений інтерфейсами RS-232 та USB. Виробник надає драйвери для Windows і Linux. Цей тип зчитувача також пропонується як OEM-модуль (рис. 2). У цій версії він може взаємодіяти з провідною системою, на додаток до перерахованих, а також через послідовні інтерфейси (логічний рівень 3.3, допуск 5 В CMOS, I<sup>2</sup>C). У спеціальних версіях він передає дані через інтерфейси SPI, Wiegand, CAN і 1-wire. З боку радіоінтерфейсу доступна підтримка транспондерів від багатьох виробників, зокрема Atmel (тепер Microchip), EM, ST, NXP, Texas Instruments, HID, LEGIC

*Компанія ELATEC розпочала свою діяльність у 1988 році з продажу електронних компонентів. З 2003 року діяльність фірми зосереджено на RFID-продуктах. У даний час марка є світовим лідером у галузі бездротових зчитувачів та записуючих пристроїв ближнього радіусу дії.*



**Рис. 2. Модуль зчитувача/програматора OEM типу TWN4 Multitech 2**

та інших, які працюють із використанням стандартів ISO14443A/B, ISO15693, ISO18092/ECMA-340 (NFC), HITAG, UNIQUE, ISO14443 A+B (Mifare DESFire EV1, Mifare Plus, Mifare SmartMX, my-d move, PayPass і т.д.), ISO15693 (EM4035, Tag-It, my-d vicinity, ICODE SLI), Mifare Classic, Mifare Ultralight, Sony FeliCa, NFC Forum Tag Type 2-4, PicoPass, HID iCLASS). У плату зчитувача інтегрована радіоантена, що діє у смузі 125/134 кГц/13.56 МГц, яка використовується перерахованими стандартами. Окрім інтерфейсу до провідної системи, зчитувач має вісім виходів GPIO, призначених для керування підключеним замком, сигнальним діодом, звуковим сигналом тощо, а спосіб їхньої роботи програмується за допомогою сценарної мови.

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЗА ДОПОМОГОЮ СМАРТФОНА

Слід зазначити, що, окрім підтримки більшості технологій RFID, зчитувач/програматор взаємодіє і з технологіями NFC та Bluetooth Low Energy (BLE), передбаченими у пристроях щоденного застосування, таких як смартфон або планшет. Завдяки цьому під час ідентифікації можна обійтися без RFID-карток, а замість них використовувати, наприклад, смартфон зі встановленою програмою. Зчитувач підтримує найпопулярніші моделі, зокрема iPhone та смартфони з операційними системами Android та Windows. Якщо розглянути приклад офісної будівлі, зчитувачі Elatec дозволяють уникнути проблем з ідентифікацією. Як альтернатива, замість того щоб носити з собою картку або набір карток, достатньо встановити на смартфоні співробітників необхідну програму.

Для тих, хто використовує OEM-модулі, безумовно, матиме велике значення те, що їх виробництвом займається фірма Elatec, репутація якої гарантує надійність, а також відповідність стандартам електромагнітної сумісності та виробничим стандартам (наприклад, RoHS 2).

## СЦЕНАРНА МОВА

Для створення програм для зчитувачів виробник надає пакет програмного забезпечення, завдяки чому функціональність може бути автоматизована за допомогою сценаріїв, які безпосередньо виконуються процесором зчитувача. Більш того, сценарій можна змінити у будь-який час, тоді зчитувач почне працювати за іншим стандартом RFID. У описаному раніше модулі TWN4 зміни можна внести бездротовим інтерфейсом або картою конфігурації, запропонованої Elatec. Це дуже зручно для обслуговуючого персоналу та технічних фахівців, які за необхідності не витрачають час на розбирання інтегрованих пристроїв та можуть виконати потрібні зміни конфігурації без втручання.

## РОЗПІЗНАВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ RFID

У сценаріях переходу з однієї системи в іншу, як в описаному вище прикладі офісної будівлі, розпізнавання технології RFID необхідно для того, щоб мати можливість запропонувати нове, оптимальне рішення. Зазвичай для цієї мети слід надіслати постачальнику або інтегратору RFID-картку, що діє в існуючій програмі. Завдяки інструментам Elatec для RFID-аналізу, таким як TechTracer Lite, ця тривала процедура більше не потрібна. Він може розпізнавати технологію RFID, що використовується у вирішенні, що вже працює. В результаті і постачальник рішень, і клієнт заощаджують час, витрати та мінімізують ризик можливих помилок.

Більш детальну інформацію щодо зчитувачів/програматорів RFID фірми Elatec можна знайти за адресою [1].

Література:

1. [https://www.tme.eu/ua/ru/katalog/p,elatec\\_1090/?mapped\\_params=2:1090;2124:1540097;&sfld=artykul](https://www.tme.eu/ua/ru/katalog/p,elatec_1090/?mapped_params=2:1090;2124:1540097;&sfld=artykul)

## КВАНТОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ДАЛИ ЗМОГУ СТВОРИТИ СИНТЕЗАТОР РАДІОСИГНАЛІВ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ

У багатьох типах метрологічного та радіокомунікаційного обладнання використовуються пристрої, звані синтезаторами сигналів. І що стабільніший сигнал, який вони генерують, що ближча його реальна форма до ідеальної, то точніші виміри можна проводити за їхньою допомогою або передавати-приймати більшу кількість інформації. Однак, що більшу якість роботи забезпечує синтезатор частот, то складнішою є його схема, реалізована на традиційних електронних компонентах. Плюс до цього, такі синтезатори потребують постійного калібрування та recalібрування з метою компенсації впливу температурних змін. Але нещодавно дослідники з американського Національного Інституту Стандартів і Технологій (National Institute of Standards and Technology, NIST), спільно з вченими з Колорадського університету в Боулдері, створили перший у своєму роді квантовий синтезатор частот, що генерує сигнал потужністю понад  $-30$  dBm, характеристики якого максимально дуже і дуже близькі до ідеальних.

Створений дослідниками програмний квантовий синтезатор здатний генерувати сигнал мікрохвильового діапазону. Точність форми сигналу становить 22 мВ RMS на частоті 1.005 ГГц. Така точність на цілих 25 відсотків перевищує точність найкращих з існуючих синтезаторів частот. Сам синтезатор являє собою інтегральну схему розміром  $10 \times 10$  міліметрів, яка охолоджується до температури в 4 Кельвіни і на якій розташовано 4500 переходів Джозефсона. Всі ці переходи з'єднані в схему генератора RF-JAWS (RF Josephson arbitrary waveform synthesizer), який під'єднано до чотирьох пристроїв-диплексерів, що складаються з декількох надпровідних елементів.

Проведені вимірювання показали, що створений синтезатор завдяки використанню квантових явищ здатний генерувати сигнал практично ідеальної форми із заданою амплітудою і частотою. А дана робота була виконана в рамках керованої NIST програми, метою якої є широке впровадження квантових технологій у різне устаткування і створення нових відповідних стандартів.

<https://techxplore.com>

# Надкомпактні модулі SEMITOR: інструкція із застосування

Роберто Агостіні (Roberto Agostini)

Переклад та коментарі: Андрій Колпаков

**В асортименті продукції компанії SEMIKRON компоненти серії SEMITOR — найкомпактніші. Вони розглядаються як альтернатива дискретним транзисторам, призначеним для перетворювачів потужністю від одиниць до десятків кіловат. При цьому модулі SEMITOR випускаються в ізольованих корпусах і містять практично всі застосовувані в силовій електроніці перетворювальні та випрямні схеми. Статтю присвячено особливостям експлуатації цих унікальних модулів.**

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Розробка нового конструктиву (рис. 1) SEMITOR E1/2 дозволила SEMIKRON розширити діапазон потужностей даного сімейства до 40 кВт. Модулі SEMITOR

широко застосовуються у продукції, що випускається компаніями ABB, Segway, LG Electronics, ALCA TEL, Schindler, Schneider та багатьма іншими. За даними досліджень ринку силових напівпровідникових компонентів The worldwide

market for Power Semiconductors, 2002, проведених британським дослідницьким інститутом IMS (British Market Research Institute), частка ринку SEMIKRON в області мініатюрних приводних модулів СІВ становить 30% у світі і більше 46% — в Європі.

Важливою особливістю компонентів SEMITOR є надзвичайно висока кількість конфігурацій схем, що перекривають практично всі потреби розробників. Багато виробників електронної апаратури справедливо вважають, що на етапі розробки використання дискретних компонентів є більш виправданим. Однак зниження витрат при серійному виробництві, спрощення процесу виготовлення та вищі показники надійності, безсумнівно, варті того, щоб зрештою віддати перевагу інтегральним ізольованим модулям. В останні роки сімейство SEMITOR поповнилося компонентами на основі карбїду кремнію, типи модулів та їх аналоги показані у таблиці 1.

## ОСОБЛИВОСТІ МОНТАЖУ МОДУЛІВ SEMITOR

На рисунку 2 показані можливі варіанти з'єднання модулів SEMITOR E1/E2 з виводами під пайку або пресову посадку з друкованою платою (PCB) та радіатором. Як перший етап рекомендується змонтувати модуль на PCB, далі йдуть технологічні операції, відповідні опції 1 і опції 2 (компоненти з попередньо нанесеною термопастою/TIM).

### Монтаж модулів SEMITOR E1/E2 з виводами під пайку

Матеріал PCB повинен відповідати вимогам стандарту IEC 61249-2-7, максимальна кількість провідних шарів не обмежена. Мінімальна відстань між краєм PCB та центрами отворів, а також

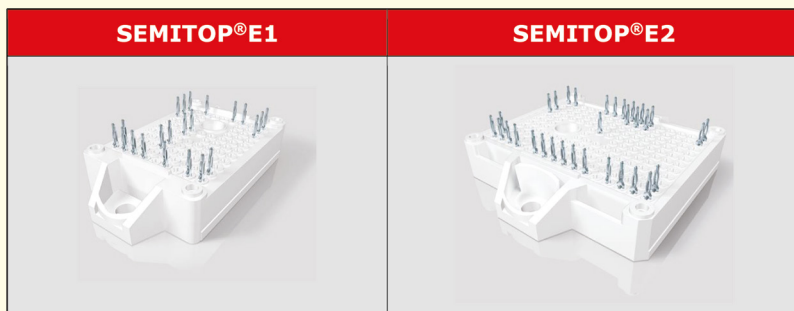
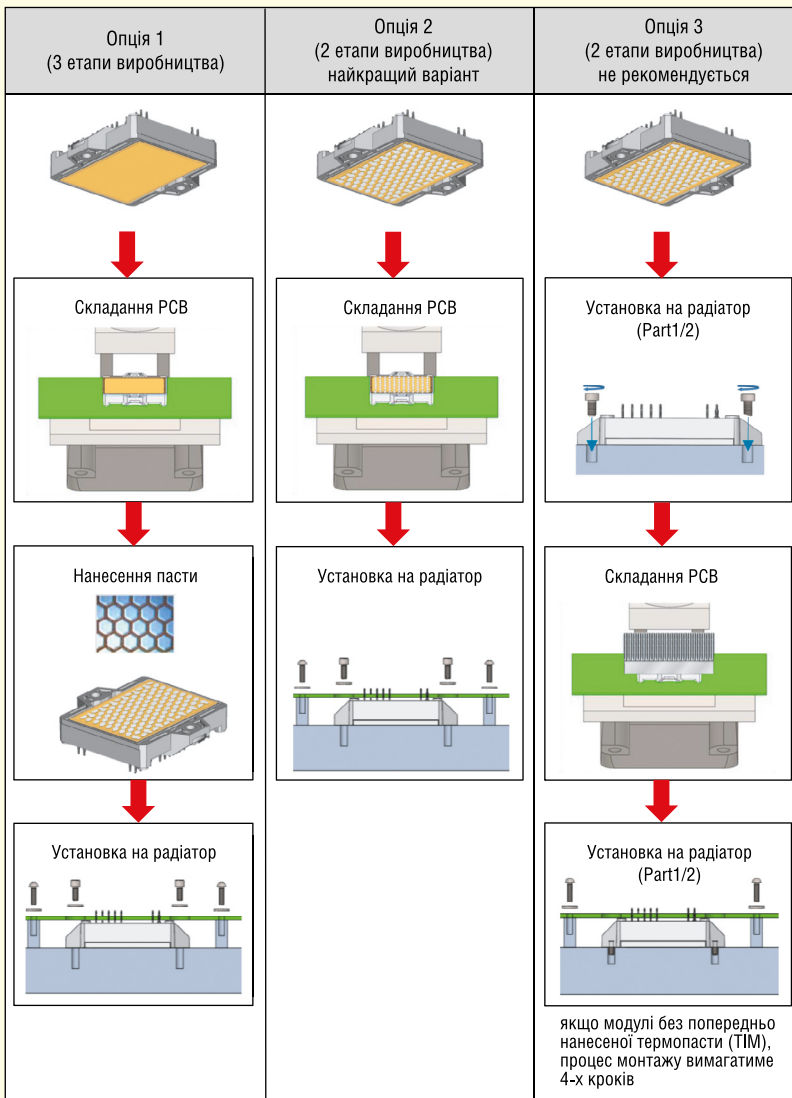


Рис. 1. Конструктиви SEMITOR E1 та E2

Таблиця 1. Модулі SiC SEMITOR та їх аналоги			
Тип SEMITOR	Схема	Топологія виводів	Аналог
SK40MD120CR03TE1	Трифазний міст	Аналогічна IFX	FS45MR12W1M1_B11
SK40MH120CR03TE1	H-міст		—
SK80MH120CR03TE1			F4-23MR12W1M1_B11
SK40MLE120CR03TE1	2-бустер		DF-23MR12W1M1_B11
SK80MLE120CR03TE1	2-бустер	DF-11MR12W1M1_B11	
SK40MB120CR03TE1	Напівміст	Аналогічна SK80MB120CR03TE1	—
SK80MB120CR03TE1		Аналогічна IFX	FF23MR12W1M1_B11
SK100MB120CR03TE1			FF11MR12W1M1_B11
SK150MB120CR03TE2*			FF8MR12W2M1_B11
SK200MB120CR03TE2*			FF6MR12W2M1_B11
SK250MB120CR03TE2		Оптимізована SEMIKRON	SK250MB120SCTE2
SK250MB120CR03TE2V1			



**Рис. 2. Процес складання модулів SEMITOR**

між центрами отворів та компонентами має становити 5 мм.

Після встановлення модуля на плату необхідно припаяти всі контакти, дотримуючись регламенту IPC-2221A. Діаметри наскрізних отворів на PCB розраховуються відповідно до розмірів виводів:

(0.64±0.07) мм. При складанні специфікацій друкованих плат необхідно дотримуватися регламентів IPC-A-610 та IPC-A-600. Проектування друкованих плат потрібно проводити відповідно до правил, викладених у документах IPC-2221, IPC-2222, IPC-2223, IPC-2226 та IPC-7351.

Таблиця 2. Порівняння способів підключення SEMITOR: пресова посадка та паяння		
Пресова посадка	Параметр	Паяння
+ Простий спосіб установки за кімнатної температури	Складність з'єднання	- Застосування хімікатів, висока температура паяння
+ Нижче	Час та вартість складання	- Вище
+ Вище	Механічна надійність у складних умовах застосування	- Нижче
+ Нижче	Складність заміни модуля	- Вище
- Вище	Вимоги до точності виготовлення PCB	+ Нижче
- Пристрій для пресової посадки	Спеціальне обладнання	+ Не вимагається

**НОВІ СИНТЕТИЧНІ КРИСТАЛИ – НЕДОРОГА ТА БЕЗПЕЧНА АЛЬТЕРНАТИВА НАЯВНИМ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИМ МАТЕРІАЛАМ**

Термоелектричними називають матеріали, які здатні перетворювати теплову енергію в електричну. Така властивість цих матеріалів вельми корисна в деяких галузях промисловості, де в навколишнє середовище скидаються величезні кількості побічного тепла. Також такі матеріали можуть використовуватися в системах охолодження смартфонів, електричних автомобілів, повертаючи в батареї деяку кількість енергії. Однак, більшість наявних термоелектричних матеріалів або містить токсичні для людей компоненти, наприклад, свинець, або нетоксичні, але такі, що мають досить високу вартість, такі, як телур.

Але не так давно групі дослідників з лабораторії CRISMAT, Франція, вдалося синтезувати кристали нового типу, що мають високі термоелектричні властивості. Ці кристали є складним з'єднанням поширених і нетоксичних сполук, міді, марганцю, германію і сірки (Cu (2+x) Mn (1-x) GeS (4)), але найцікавішим у них є те, що всередині кристалів укладено одразу дві різні кристалічні структури, що, мабуть, і надає їм їхніх властивостей.

Процес синтезу нових кристалів дуже простий. Компоненти у вигляді порошків змішуються в необхідних пропорціях і подрібнюються всередині кульового млина. Потім все це спікається при температурі в 600 градусів Цельсія, і за певного режиму подальшого охолодження формуються кристали з «двоїстою» кристалічною структурою.

Проведені випробування показали, що нові кристали зберігають свою структуру і термоелектричні властивості за температур до 400 градусів Цельсія. І це саме той діапазон температур, в якому відбуваються скидання і втрати тепла в більшості галузей промисловості. Французькі вчені вважають, що незабаром шляхом подібних експериментів їм вдасться знайти нові, більш ефективні та дешевші термоелектричні матеріали, які стануть реальною альтернативою наявним проблемним матеріалам.

<https://scitechdaily.com>

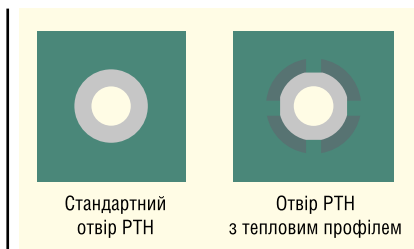
Під час монтажу модуля методом паяння відстань між модулем та друкованою платою визначається висотою модуля. Це означає, що для мінімізації механічних напруг, які можуть виникнути на виводах, рекомендується розміщувати монтажні втулки якнайдалі від зовнішніх країв модуля ( $DS-M \geq 50$  мм, рис. 8): як правило, чим довша друкована плата, тим далі знаходиться втулка. Їх кількість та розміщення залежить від конструкції, положення та ваги зовнішніх компонентів, таких як конденсатори, котушки індуктивності та інші, а також від фактичної механічної напруги в системі.

Модулі SEMITOR E1/E2 можуть встановлюватися на PCB за допомогою ручного паяння, паяння хвилею або селективним методом. Незалежно від обраної технології слід ретельно оцінювати якість паяних з'єднань, які повинні забезпечувати оптимальний електричний та тепловий контакт модуля з друкованою платою. Як основна рекомендація, що відноситься до будь-яких PCB з гальванізованими наскрізними отворами (PTH), — вивід повинен мати вертикальну заливку припоєм не менше 75% за висотою, повністю сформований меніск з припою і очевидне мінімальне 75% змочування відкритого виводу, гільзи та контактної майданчика.

### Ручне паяння

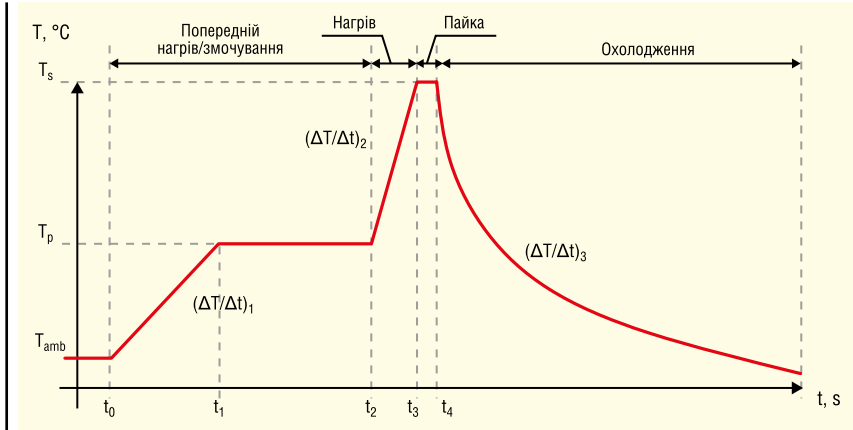
При використанні ручного паяння рекомендується дотримуватися абсолютних максимальних параметрів, наведених у таблиці 3.

Як зазначено в таблиці 3, температура з'єднання не повинна перевищувати +260 °C при максимальному



**Рис. 3. Наскрізнний монтажний отвір (PTH): стандартний та з тепловим профілем**

Таблиця 3. Параметри ручного паяння	
Фаза паяння/параметр	Максимальне значення
Температура паяльника	+350 °C
Температура паяного з'єднання	+260 °C
Час паяння виводу	10 с
Кількість циклів нагрівання	3



**Рис. 4. Профіль паяння хвилею**

Таблиця 4. Параметри паяння хвилею								
Виробн. Етап	Час	Температура паяного з'єднання			Температурний градієнт			Час при $T_{max}$ , с
		Символ	Тип., °C	Макс., °C	Символ	Тип., °C/с	Макс., °C/с	
Попередній нагрів/змочування	$t_1 - t_0$	$T_{amb}$	20	25	$(\Delta T/\Delta t)_1$	1	3	—
	$t_2 - t_1$	$T_p$	95	125	—	—	—	100
Нагрів	$t_3 - t_2$	$T_s - T_p$	—	—	$(\Delta T/\Delta t)_2$	3	*	—
Паяння	$t_4 - t_3$	$T_s$	—	260	—	—	—	10
Охолодження	$> t_4$	—	—	—	$(\Delta T/\Delta t)_3$	-4	-6	—

**Примітка.** \* Високі значення  $\Delta T/\Delta t$  можуть призвести до пошкодження керамічної підкладки, тому максимальний градієнт температури має бути визначений експериментально та перевірений шляхом тестування ізоляції.

му часі паяння 10 с, особливо коли необхідно припаяти кілька виводів до широких друкованих доріжок або товстих ( $> 100$  мкм) мідних площин (IEC-EN 60068-2-20). Крім того, паяльна станція повинна мати достатню потужність, що вибирається з урахуванням товщини мідних трас PCB та топології контактних майданчиків. Щоб спростити пайку, особливо за наявності великих мідних трас або мідних площин, рекомендується використовувати контактні майданчики із спеціальним тепловим профілем (рис. 3б).

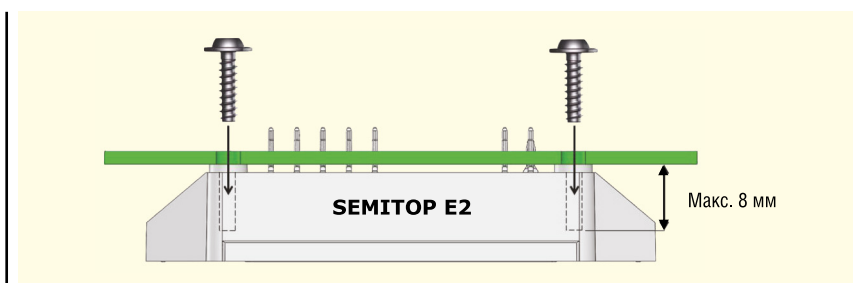
### Пайка хвилею

Основні вимоги до паяння хвилею викладені в стандарті IEC 60068-2-20, профіль, що рекомендується, показаний на рисунку 4, а температурні та часові обмеження перераховані в таблиці 4.

### Встановлення модуля на PCB

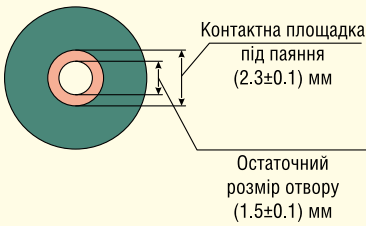
Під час монтажу SEMITOR E1/E2 з виводами під пайку модуль може заздалегідь фіксуватися на друкованій платі за допомогою пружинного затиску або за необхідності кріпитися чотирма гвинтами. У першому випадку конструкція складальних пружин/затискачів повинна забезпечувати стабільне положення модуля на PCB у процесі паяння хвилею. При встановленні модулів з попередньо нанесеною термопастою рекомендується захищати шар TIM під час монтажу. Для цього SEMIKRON надає спеціальні пластикові ковпачки.

У процесі складання замовник може використовувати зовнішні гвинти для фіксації модуля на друкованій платі перед паянням. Це робиться за допомогою чотирьох M2.5×8(10), які



**Рис. 5. Фіксація модуля на друкованій платі**





**Рис. 6. Специфікація РТН для пресової посадки для монтажу методом паяння**

встановлюються в отвори, передбачені у верхній частині корпусу (рис. 5). При цьому рекомендується використовувати електронну викрутку з регулюванням крутного моменту/кута і частотою обертання  $\leq 250$  об./хв.

Через відсутність точного контролю зупинки та, отже, можливого пошкодження упорів, ручна викрутка не рекомендується. З тієї ж причини не можна використовувати пневматичні викрутки. Крім того, упори призначені тільки для позиціонування гвинтів, що самонарізаються, і не можуть гарантувати механічної точності в бічному напрямку. Рекомендовані діаметри отворів у РСВ показані на рисунку 7б.

**Монтаж модулів SEMITOP E1/E2 із виводами під пресову посадку**

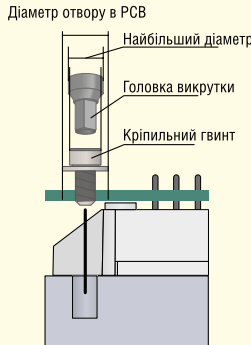
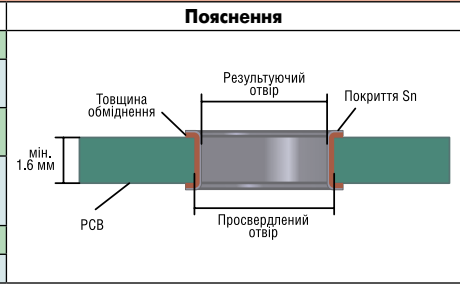
Розробку друкованої плати слід проводити відповідно до вимог стандарту 60352-5, матеріал РСВ повинен відповідати вимогам IEC 61249-2-7. При складанні специфікацій друкованих плат слід дотримуватися регламентів IPC-A-610 та IPC-A-600. Крім того, при проектуванні друкованих плат необхідно враховувати правила, викладені в документах IPC-2221, IPC-2222, IPC-2223, IPC-2226 та IPC-A-7351. Зазначимо, що press-fit-виводи можна паяти, при цьому слід використовувати специфікацію контактної майданчика, показану на рисунку 6.

Особливу увагу слід приділяти компонентам, що розміщені поблизу виводів модуля, таким як резистори, конденсатори або діоди. Відстань між ними та центрами РТН має бути не менше 4 мм; це гарантує достатній простір для застосування притискного пристрою. Щоб забезпечити кріплення збірки «модуль + РСВ» до радіатора та можливість подальшого демонтажу, на друкованій платі мають бути передбачені відповідні отвори для гвинтів.

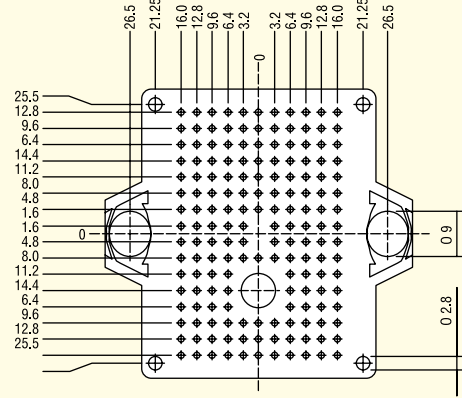
Розмір отворів визначається найбільшим із діаметрів (див. рис. 7а), він може бути відрегульований вибором

**Таблиця 5. Специфікація РТН для пресової посадки**

Параметр	Мін.	Тип.	Макс.
Діаметр отвору, мм	1.125	1.15	1.175
Товщина обіднення в отворі, мкм	25		50
Діаметр результуючий (Хімічне олово), мм	1.02	1.05	1.09
Діаметр результуючий (HAL олово + Ni/Au), мм	0.94	1.00	1.09
Товщина міді в кільці.	100		
Товщина РСВ, мм	1.6		

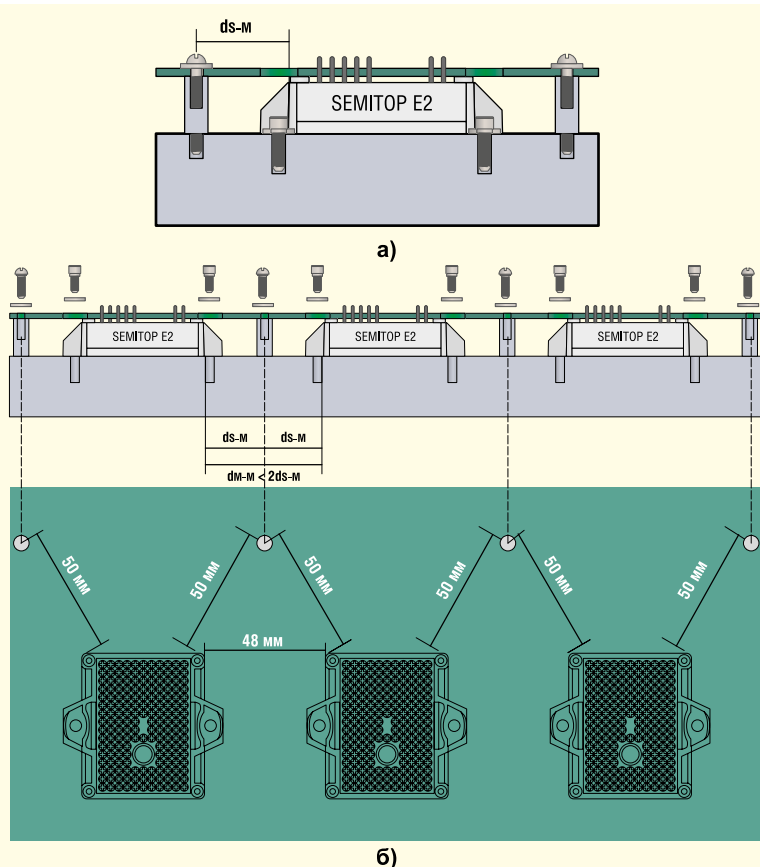


Вид збоку монтажних інструментів



Вид зверху SEMITOP E2 із шаблоном отворів РСВ

**Рис. 7. Специфікація отворів в РСВ для гвинтових з'єднань**



**Рис. 8. Позиціонування монтажних втулок: один модуль (а); кілька модулів (б)**

головки викрутки, головки гвинта або шайби. Рекомендовані діаметри отворів плат показано на рисунку 7 б. Якщо модуль повинен бути запресований на РСВ, його кріплення на платі не допускається.

При використанні методу пресової посадки для встановлення модуля на друкованій платі необхідно звести до мінімуму будь-які вібраційні навантаження. Слід виключити можливі переміщення виводів та корпусу, тому РСВ потрібно додатково закріпити на радіаторі за допомогою втулок або кришок (рис. 8 а). Їх кількість та розташування залежать від конструкції системи, положення та ваги зовнішніх компонентів, таких як конденсатори, котушки індуктивності та інші, а також від рівня механічних навантажень.

Якщо на друкованій платі встановлено кілька модулів (рис. 8 б), то для забезпечення максимальної компактності системи відстань між ними ( $d_{M-M}$ ) може бути меншою за подвійну дистанцію між модулем і втулками ( $d_{M-M} < 2d_{S-M}$ ).

### Обладнання для пресової посадки

Для дотримання необхідних характеристик пресової посадки рекомендуються використовувати обладнання, яке дозволяє контролювати відповідні параметри процесу, такі як зусилля та дистанція. У таблиці 6 наведено огляд доступних пресів та їх основні характеристики.

Як видно з таблиці 6, найкращі характеристики мають сервоелектричні преси, які рекомендуються для поєднання друкованих плат і модулів з виводами press-fit. Компанія SEMIKRON провела відповідні випробування з використанням подібного пристрою фірми KISTLER (рис. 9), 3D-креслення (STEP) надаються за запитом.

Рекомендації:

- Частина штампу повинна бути спроектована таким чином, щоб забезпечити вільний простір для компонентів, встановлених на поверхні друкованої плати. Отже, форма та розмір доступного простору для виводів та компонентів залежать від їх розміру та розташування на РСВ. Топологія виводів наведена у технічній специфікації модулів SEMITOP E1/E2 [1].
- Анкерні стійки необхідні для підтримки площинності друкованої плати під час запресування. Тому, щоб запобігти вигину друкованої плати,

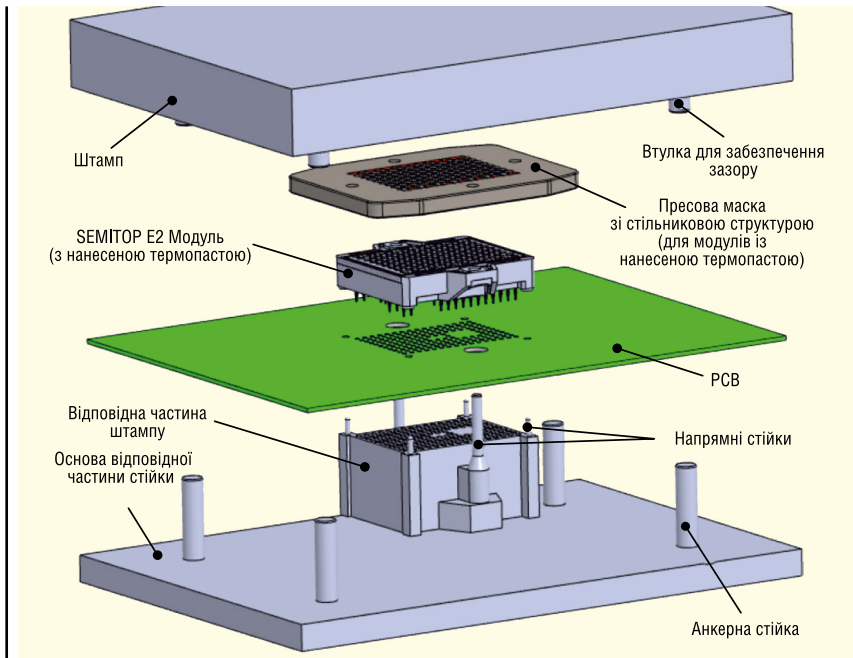


Рис. 9. Пристрій для пресової посадки модулів SEMITOP

Таблиця 6. Основні характеристики пресів

Тип преса	Контроль зусилля	Контроль дистанції	Примітка
Ручний, гідравлічний, пневматичний	Низький	Низький	Потрібен візуальний контроль для забезпечення надійного запресування
Сервоелектричний	Високий	Високий	Точний контроль швидкості та позиціонування забезпечує швидку реакцію на зміну зусилля запресування

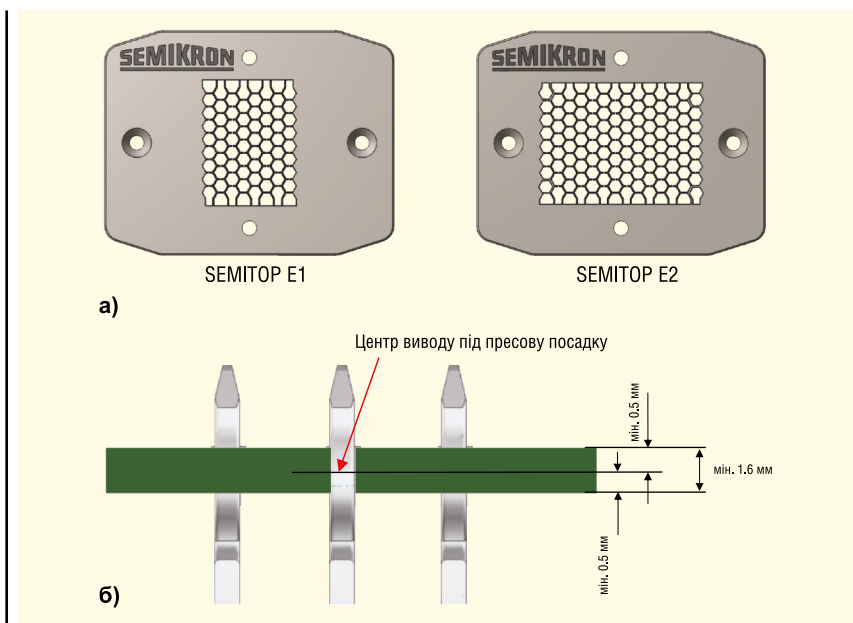


Рис. 10. Пресова маска зі стільниковою структурою отворів (а); зона пресової посадки (б)

вони повинні мати таку ж висоту, як і відповідна частина штампу, яка кріпиться до основи.

- Нижня частина штампу (або пресової маски), що торкається модуля, повинна бути чистою та вільною

від будь-яких забруднень, які можуть пошкодити модуль.

Пресова посадка виконується в такий послідовності:

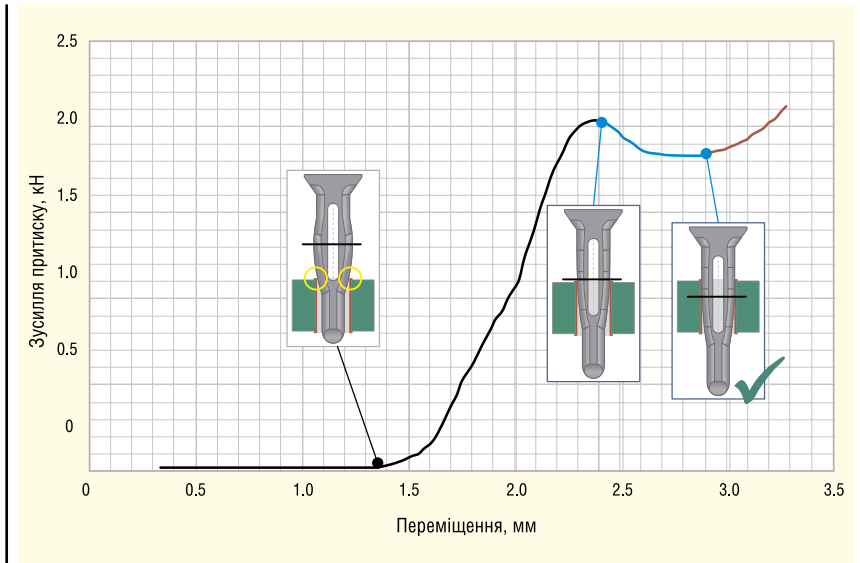
1. Друкована плата встановлюється на відповідній частині штампу за допо-

- могою анкерних стійок і направляючих стійок.
- Модуль розміщується на друкованій платі та вирівнюється за допомогою напрямних стійок.
  - Модуль запресовується РСВ. Штатп має бути паралельний основі, а втулка для забезпечення зазору має бути вирівняна з анкерною стійкою.
- Для модулів з попередньо нанесеною термопастою (TIM) слід використовувати пресову маску зі стільниковою структурою, яка виключає пошкодження шару TIM (рис. 10).

SEMİKRON не надає замовникам відповідного пристрою, але необхідний для його виготовлення шаблон можна отримати, звернувшись до центру технічної підтримки. Структура маски розробляється відповідно до завдання, 2D/3D-креслення надаються на запит.

**БАЗОВІ ВИМОГИ ТА ТЕХНІЧНІ СПЕЦИФІКАЦІЇ**

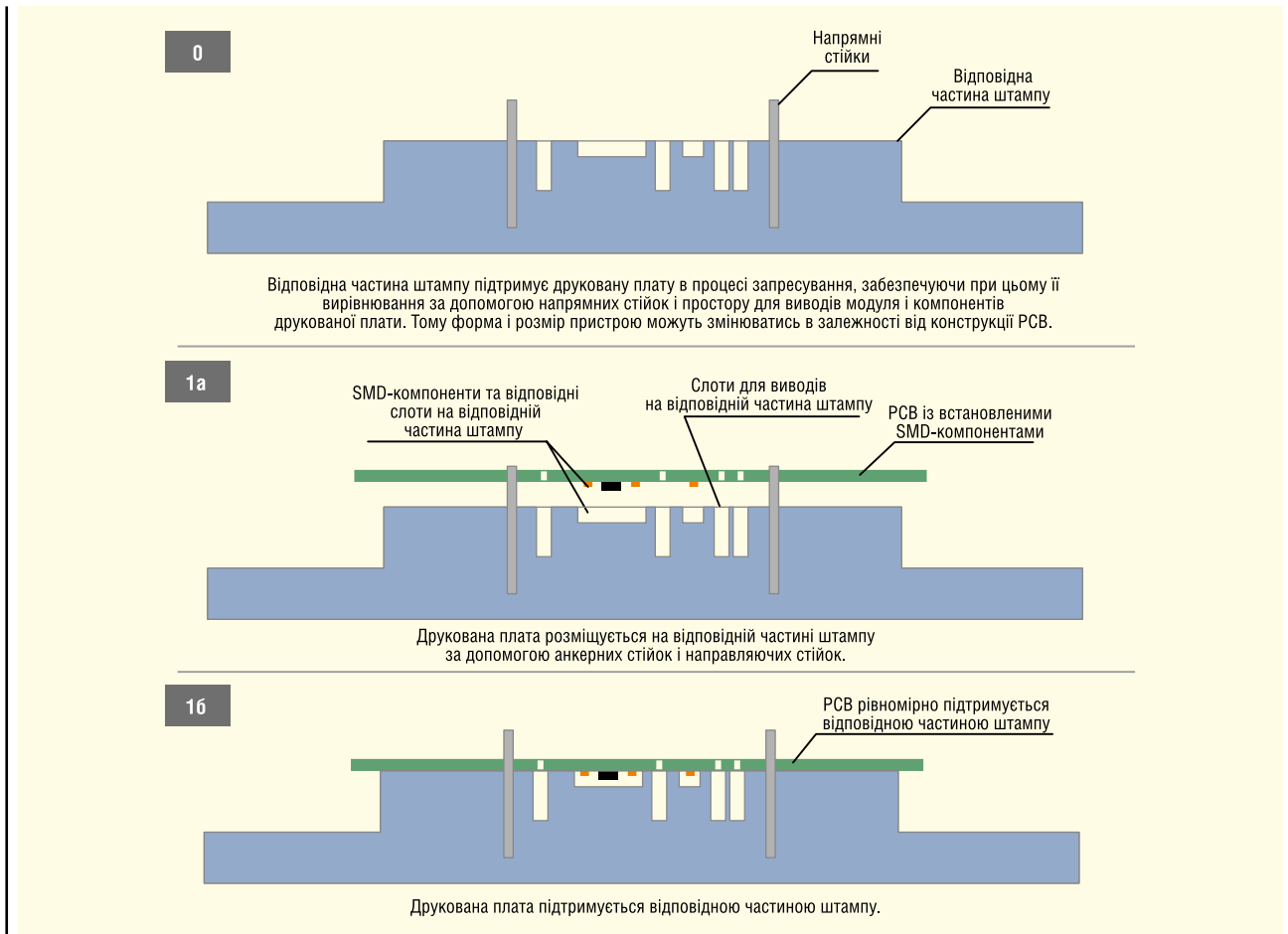
Для забезпечення надійного пресового контакту центр головки при-



**Рис. 11. Типовий профіль пресової посадки для 32-вивідного модуля**

Таблиця 7. Параметри притискної посадки			
Параметр	Мін.	Тип.	Макс.
Зусилля притиску (на вивід), Н	40	60	100*
Швидкість притискання, мм/хв	25**	50	600

**Примітки.** \* Максимально припустиме зусилля. У разі перевищення цього значення процес пресової посадки відбувається некоректно.  
\*\* Відповідно до IEC 60352-2.



**Рис. 12\_1. Процес пресової посадки**

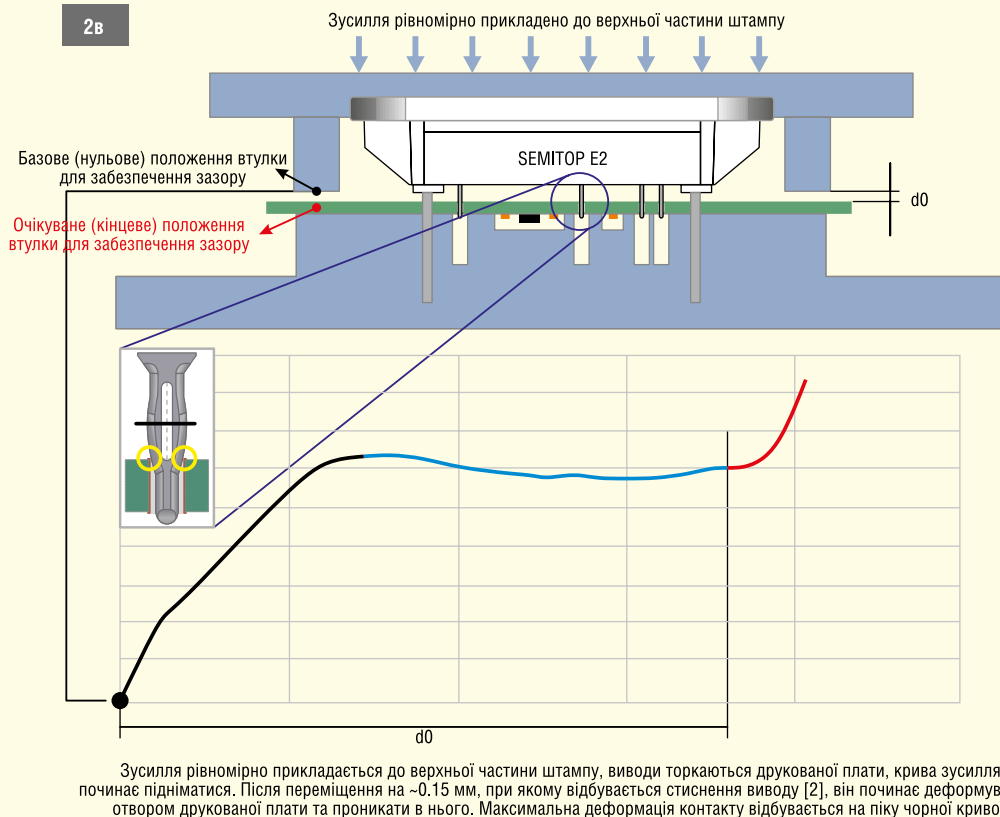
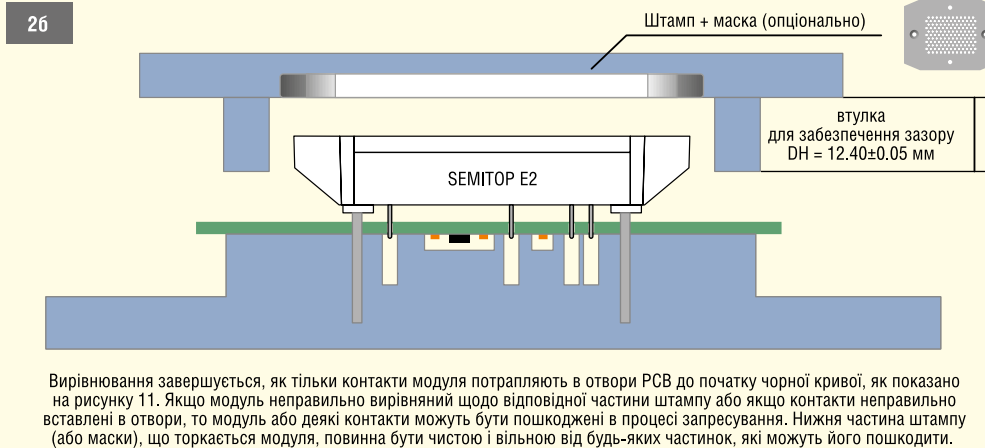
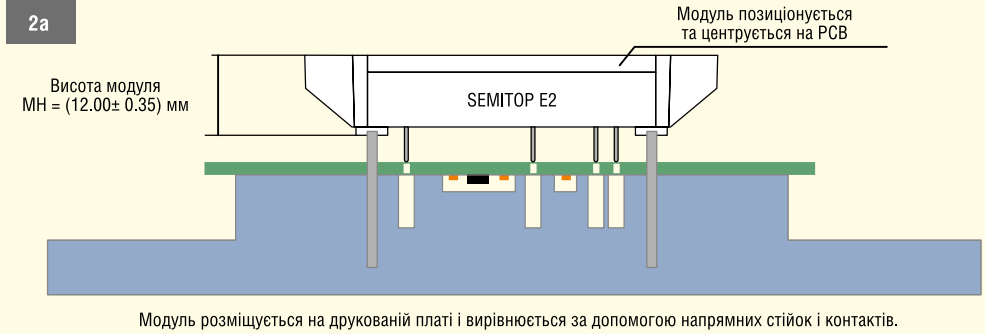
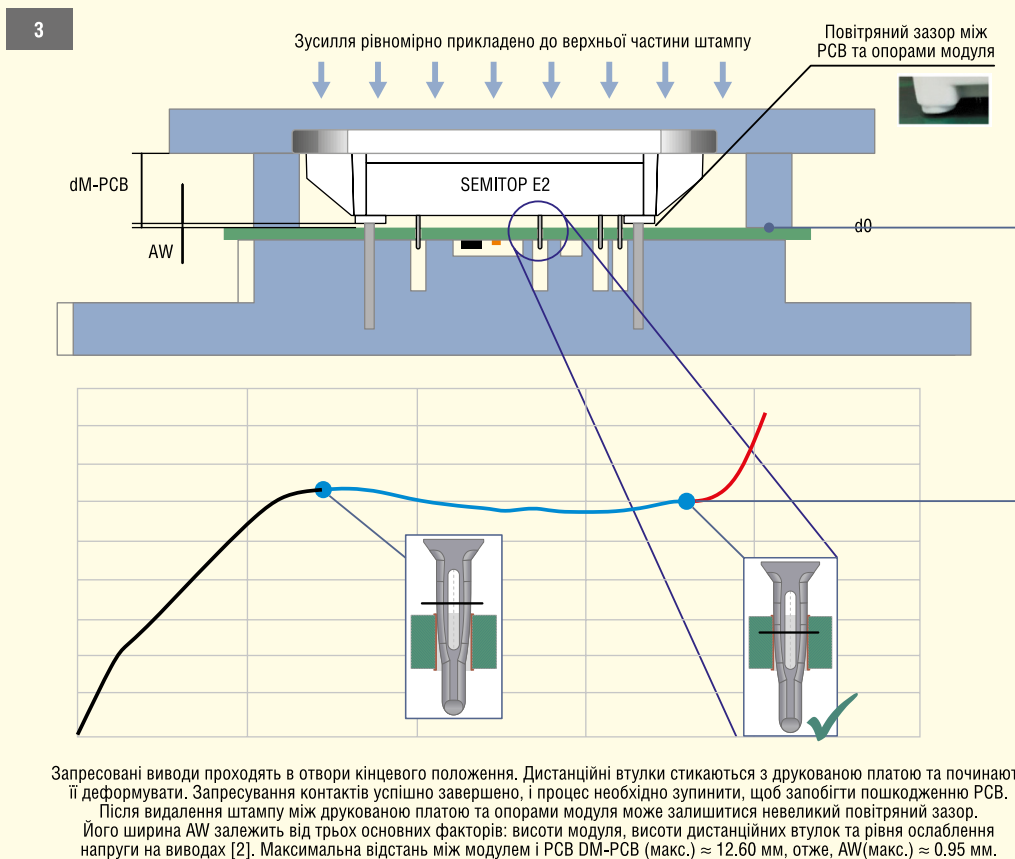


Рис. 12\_2. Процес пресової посадки



**Рис. 12\_3. Процес пресової посадки**

тисного штифта повинен знаходитися як мінімум на 0.5 мм нижче поверхні і як мінімум на 0.5 мм вище за нижню сторону РСВ (рис. 10б).

Типовий профіль залежності зусилля від відстані процесу пресової посадки показаний на рисунку 11. Існує три основні етапи, що описують базовий технологічний процес (поширюється лише на перший цикл запресування):

1. Чорна крива: пресовий вивід деформується отвором у РСВ і починає проникати у плату. Максимальна деформація контакту відбувається на піку кривої.
2. Синя крива: контакт проникає в отвір до кінцевого положення.
3. Червона крива: анкерні стійки торкаються друкованої плати та починають її деформувати. Запресування виводу успішно завершено, процес необхідно зупинити, щоб запобігти пошкодженню РСВ.

На одній друкованій платі може бути встановлене декілька SEMITOR, у цьому випадку рекомендується притискати всі модулі одночасно. Пристрій повинен бути сконструйований таким чином, щоб відповідати мінімальним вимогам, що пред'являються до варіанту з одним модулем, і забезпечувати правильне вирівнювання компонентів і РСВ, що унеможливає виникнення механічних напруг.

### Процес пресової посадки

У цьому розділі дається докладний опис процесу пресової посадки, що застосовується для монтажу одного або кількох модулів SEMITOR E1 та SEMITOR E2. Усі загальні технічні міркування, наведені вище, залишаються постійними.

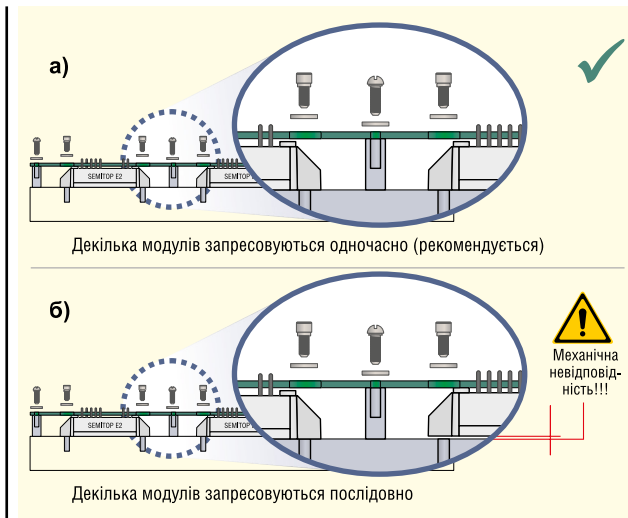
Як правило, запресування кількох модулів (наприклад, у трифазному тривіневому NPC-інверторі) виконується одночасно з використанням великих пристроїв, що скорочує час та вартість монтажу. У деяких випадках монтаж проводиться послідовно. При цьому рекомендується перевіряти ступінь деформації та цілісність друкованої плати на кожному технологічному етапі, щоб унеможливити можливі проблеми під час складання системи (рис. 13б).

Верхня частина пристрою створює тиск на виводи модуля при запресуванні. Нижня частина є його основою, вона також запобігає деформуванню друкованої плати у разі її повторного використання. Конструкція верхньої частини пристрою для демонтажу повинна враховувати положення SMD-компонентів, щоб унеможливити їх пошкодження. Нижня частина має бути спроектована таким чином, щоб металеві стінки розташовувалися якомога ближче до виводів. Послідовність процесу демонтажу показано на рисунку 15.

Мінімальне навантаження (на вивід) при демонтажі — 30 Н, номінальна швидкість процесу — 50 мм/хв. Типовий профіль залежності зусилля від відстані під час демонтажу наведено на рисунку 16. На кривій відмічено пік, що відповідає розриву холодного зварювання між виводом та друкованою платою.

Конструкція виводів SEMITOR E1/E2 передбачає лише один цикл пресової посадки. За потреби демонтажу системи «модуль + РСВ» можливі такі варіанти:

- Модуль можна використовувати повторно, але він повинен з'єднуватися з друкованою платою тільки методом паяння. Через деформацію виводів при початковій пресо-



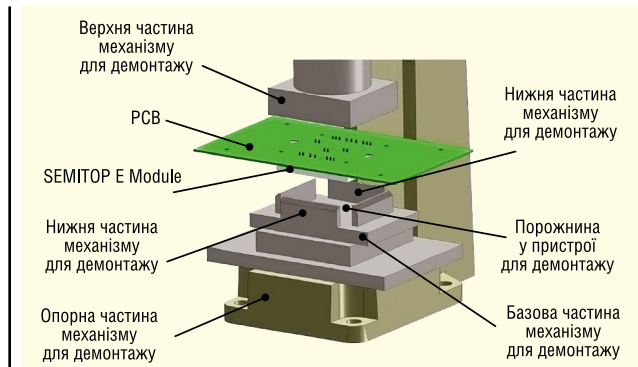
**Рис. 13. Пресова посадка кількох модулів: одночасно (а); послідовно (б)**

вій посадці повторення цього процесу призведе до послаблення утримуючого зусилля між контактами та отворами в РСВ.

- Допустиме повторне використання друкованої плати, при цьому кількість циклів складання/розбирання залежить від технології покриття наскрізних отворів:
  - Sn > 0.5 мкм: РСВ можна використовувати ще двічі;
  - Ni (пудіння Sn) > 0.5 мкм: РСВ можна використовувати ще двічі;
  - Au 0.05–0.2 мкм + Ni 2.5–5 мкм: повторне застосування РСВ неприпустиме.

## МОНТАЖ МОДУЛІВ SEMITOP НА РАДІАТОР

Важливим технологічним етапом складання є встановлення компонентів на радіатор. Модулі SEMITOP E1/E2 є «безбазовими», в їх основі знаходиться обмежена ізолююча DCB-підкладка. Через особливості виробничого процесу підкладка SEMITOP може мати косметичні дефекти, такі як



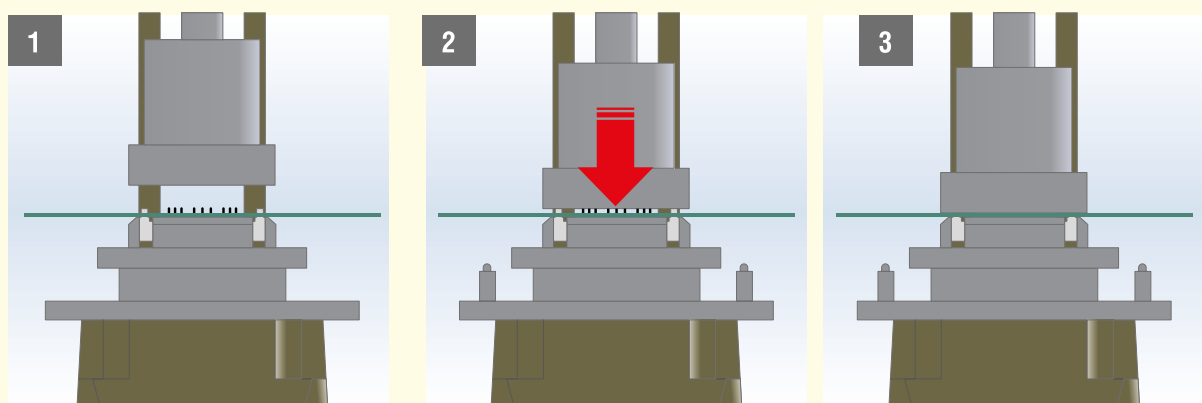
**Рис. 14. Конструкція механізму для демонтажу**

подряпини та вм'ятини, отвори для травлення, сліди знебарвлення та окислення міді, що не впливають на теплові характеристики конструктиву. Допустимі розміри таких пошкоджень вказані в інструкції з монтажу.

Корпус SEMITOP E1/E2 не розрахований на високі механічні навантаження. Коли виводи модуля стикаються з горизонтальною площиною, механічне навантаження на корпус (червоні стрілки на рис. 17) створює виштовхуючу силу, що діє на DCB-підкладку. Таке ж зусилля може прикладатися, якщо на радіатор встановлено модуль з нанесеним шаром термопасти (TIM) і оператор намагається підняти його за корпус.

Ущільнювальний матеріал між пластиковим корпусом та підкладкою DCB не виконує функції клею, а лише унеможливорює витік гелю при його заливці в процесі виробництва. Таким чином, утримуюча сила на межі розділу між корпусом і підкладкою не є гарантією цілісності силового модуля, тому виштовхуюче зусилля, що діє на DCB, слід виключити. Типові технологічні процеси монтажу/демонтажу не створюють виштовхуюче зусилля, оскільки навантаження при пресовій посадці прикладається до DCB-виводів, а не до корпусу.

Для досягнення максимальної ефективності охолодження нижню сторону модуля потрібно очистити від пилу та бруду, а монтажна поверхня радіатора повинна відповідати вимогам, викладеним в інструкції з монтажу (рис. 18):



1 РСВ у збірці з модулем розміщується в нижній частині пристосування для демонтажу.

2 Пристрій починає опускатися до зіткнення з виводами, які видавлюються з РСВ.

3 Пристосування стикається з опорним інструментом. Модуль опускається в лоток у нижній частині механізму та відокремлюється від друкованої плати.

**Рис. 15. Процес демонтажу**



**Рис. 16.** Типовий профіль демонтажу для 21-вивідного модуля

- Площина монтажної поверхні радіатора:  $\leq 50$  мкм на 100 мм (DIN EN ISO 1101).
- Шорсткість RZ:  $\leq 6.3$  мкм (DIN EN ISO 4287).
- Відсутність «сходів» та задирок від машинної обробки.

Перед монтажем поверхню радіатора слід знежирити (наприклад, розчинником DIN 53364 з поверхневим натягом  $\geq 32$  Н/м) та очистити від інших забруднень. Повітряні порожнини в області з'єднання модуля та радіатора повинні бути заповнені теплопровідним матеріалом (TIM). При цьому дуже важливим є збереження прямого контакту підкладка-радіатор скрізь, де це можливо. Стандартним матеріалом TIM, який

використовується для проведення кваліфікаційних тестів, є Wacker-Chemie P12 (WP12).

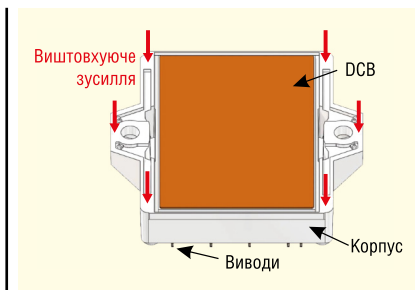
Для нанесення TIM рекомендується використовувати жорсткий гумовий валик або трафаретний друк, який забезпечує найбільш рівномірний розподіл TIM. Товщина шару повинна бути в діапазоні 30–50 мкм для модулів SEMITOP E1 та 40–60 мкм для модулів SEMITOP E2. Для контролю товщини шару рекомендується пристрій Zehntner ZWW2102 (рис. 18б).

Для спрощення процесу складання SEMIKRON пропонує постачання модулів SEMITOP із попередньо нанесеним матеріалом TIM. Це дозволяє замовнику виключити критично важливий та

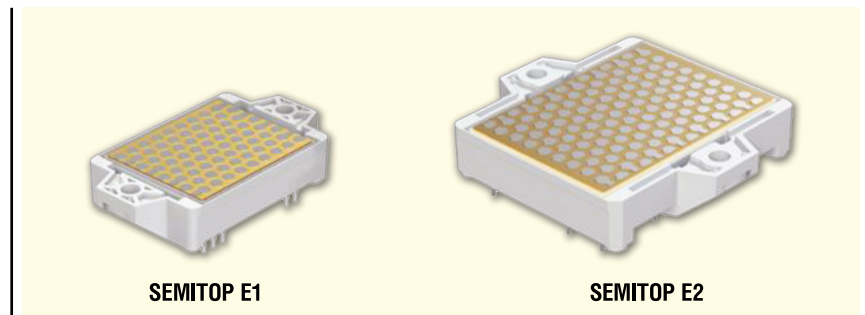
складний технологічний етап, підвищити ефективність охолодження та відтворюваність теплових характеристик. Тепер SEMITOP E1 та SEMITOP E2 (рис. 19) можна замовити з новою високоефективною термопастою HPTP, що забезпечує суттєве зниження величини теплового опору  $R_{th(c-s)}$ .

Після з'єднання модуля з друкованою платою (паяння або пресова посадка) збірка «SEMITOP + PCB» встановлюється на очищену поверхню радіатора. Спочатку виконуються попередня затяжка гвинтів, потім затягуються з номінальним моментом, як показано на рисунку 20. Рекомендовані елементи кріплення та моменти вказані в таблиці 8. SEMIKRON рекомендує:

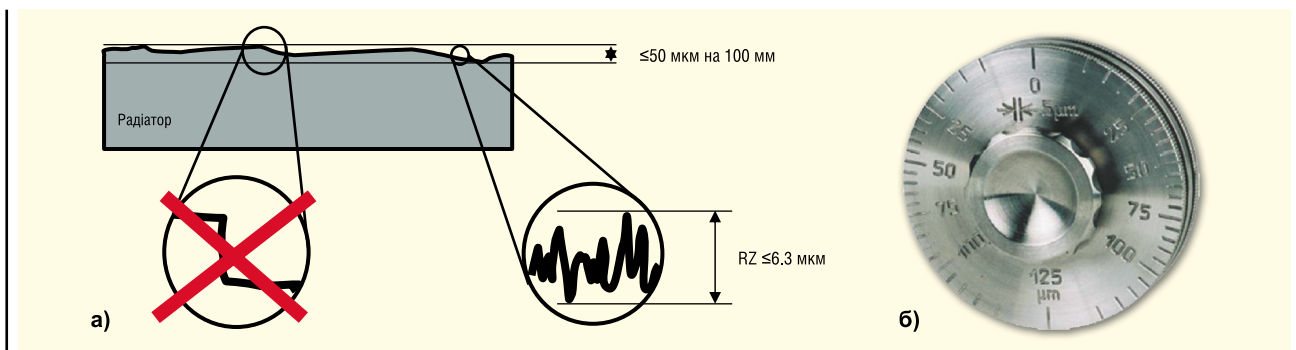
- Динамометричний ключ із автоматичним контролем. Слід використовувати викрутку замість пневматичного інструменту. Її параметри краще регулюються, більш плавно досягається кінцевий момент, що крутить. Рекомендується обмежити швидкість обертання інструменту для рівномірного розподілу термопасту. При затягуванні з високою швидкістю на кераміці можуть утворитися тріщини через низьку пластичність пасти. Максимальна швидкість обертання не повинна перевищувати 250 об/хв.
- Рекомендовані типи гвинтів та шайб показані в таблиці 8. Для різних кріпильних елементів можуть засто-



**Рис. 17.** Механічне виштовхуюче зусилля на DCB-підкладці



**Рис. 19.** Модулі SEMITOP E1 та SEMITOP E2 з попередньо нанесеною термопастою



**Рис. 18.** Вимоги до якості обробки радіатора (а); пристрій для контролю товщини шару Zehntner ZWW2102 (б)

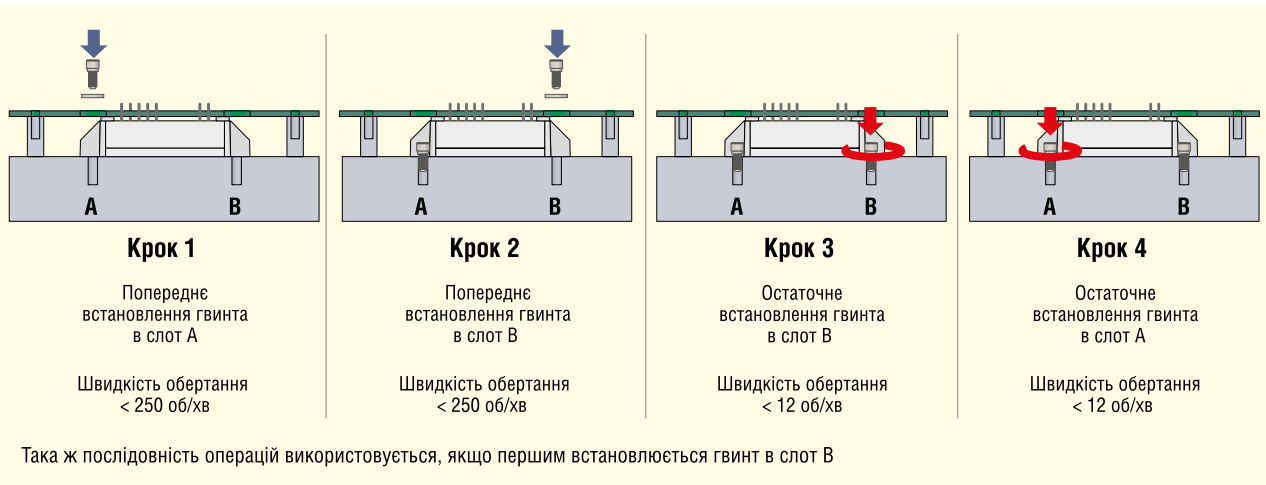


Рис. 20. Монтаж збірки «модуль+PCB» на радіатор

Таблиця 8. Елементи кріплення та моменти затягування					
Модуль	Гвинт	Шайба	Пружинна шайба	Попередній момент, Н·м	Остаточний момент, Н·м
SEMITOR E1	2xM4 DIN7985x12	2xDIN433	2xDIN127 або DIN128	0.5 ± 0.1	1.6-2.3
SEMITOR E2	2xM4 DIN7985x12	2xDIN433	2xDIN127 або DIN128		

совуватись різні умови монтажу. SEMIKRON рекомендує ретельно перевірити режими монтажу за допомогою експериментів, щоб забезпечити високу якість процесу збирання.

- Гвинти слід затягувати лише один раз. Після встановлення не потрібно затягувати їх повторно до номінального значення монтажного моменту. Через релаксацію корпусу та розподіл термопасту послаблюючий момент виявляється меншим, ніж монтажний. Однак конструкція корпусу, шайб і адгезія термопас-

ти, як і раніше, забезпечують достатній тепловий контакт модуля та радіатора.

- Не перевищувати рекомендоване значення моменту, оскільки його подальше збільшення не покращить тепловий контакт, але може призвести до пошкодження модуля.

Після встановлення збірки «модуль + PCB» на радіатор друковану плату слід додатково закріпити на теплостоку за допомогою проставок. Щоб мінімізувати механічне навантаження на виводи, вони повинні розта-

шовуватися в певному положенні і мати відповідні розміри.

Висота проставок ( $S_H$ ) не повинна перевищувати відстані між модулем та друкованою платою ( $D_{M-PCB}$ ). При цьому до силових модулів не буде прикладатися підтягуюче зусилля (рис. 21 в) незалежно від висоти модуля ( $M_H$ ). Незважаючи на те, що допускається невелике притисне зусилля (рис. 21 б), оптимальний результат показаний на рисунку 21 а, де механічне навантаження на виводи відсутнє. Тому рекомендована висота проставок становить  $S_H = D_H = (12.4 \pm 0.05)$  мм. Слід звернути увагу, що повітряний зазор, що залишився, між модулем і PCB не дозволяє закріпити його на друкованій платі гвинтами.

При використанні паяння повітряний зазор між друкованою платою і модулем відсутній, тому відстань  $D_{M-PCB}$  визначається висотою модуля  $M_H$ . У цьому випадку рекомендована висота проставок  $S_H = (11.70 \pm 0.05)$  мм.

## Література:

1. Матеріали сайту [www.SEMIKRON.com](http://www.SEMIKRON.com)
2. SEMITOP E1/E2 Technical Explanations. 2021-03-25 — Rev-00.
3. Thermal Interface Materials. SEMIKRON. 2019-09-25 — Rev-03.
4. AN\_18-001. Thermal Paste Application. SEMIKRON. 2018-01-19 — Rev-00.
5. Wintrich A., Nicolai U., Tursky W., Reimann T. Application Manual Power Semiconductors, 2nd edition. ISLE Verlag 2015.
6. SEMITOP. Cool Components. SEMIKRON INTERNATIONAL.
7. Brucchi F. One screw mounting SEMITOP power modules design. SEMIKRON Italia.

CN

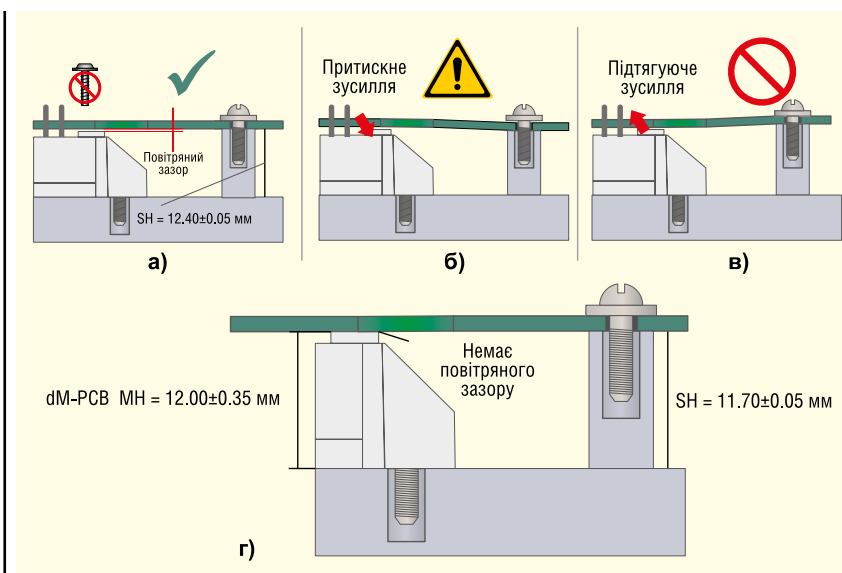


Рис. 21. Висота проставок для пресової посадки (а-в); висота проставок для паяння (г)



# НВП "ТЕХНОСЕРВІСПРИВІД"

Офіційний представник Semikron в Україні

[www.tsdrive.com.ua](http://www.tsdrive.com.ua)

**SEMIKRON**  
innovation+service

*Діодні, тиристорні  
та діодно-тиристорні  
модулі SEMIKRON  
від офіційного  
представника  
в Україні*



03057, Київ-57, пр. Перемоги 56, оф. 335

тел/факс (044) 458 4766

E-mail: [sales@semikron.com.ua](mailto:sales@semikron.com.ua)

[www.semikron.com.ua](http://www.semikron.com.ua)

# Доцільність переходу з Si- на SiC-технологію

**Рене Мент (René Mente),** провідний інженер із застосувань, Infineon Technologies

**У міру того, як карбідокремнієві пристрої набувають все більшого поширення в низьковольтних застосуваннях, необхідно чітко розуміти, в яких випадках розумніше використовувати SiC MOSFET замість кремнієвих ключів.**

Ефективність імпульсних джерел живлення збільшилася завдяки використанню класичної кремнієвої (Si) технології MOSFET. Її можливості зросли за рахунок застосування нових виробничих процесів, методологій проектування та інноваційних топологій. За кілька останніх років з'явилися напівпровідники із широкою забороненою зоною, до яких належить карбід кремнію (SiC). Ряд характеристик цього матеріалу дозволяє підвищити ефективність пристроїв, але при цьому не слід забувати про цінові відмінності між цими двома технологіями. З поя-

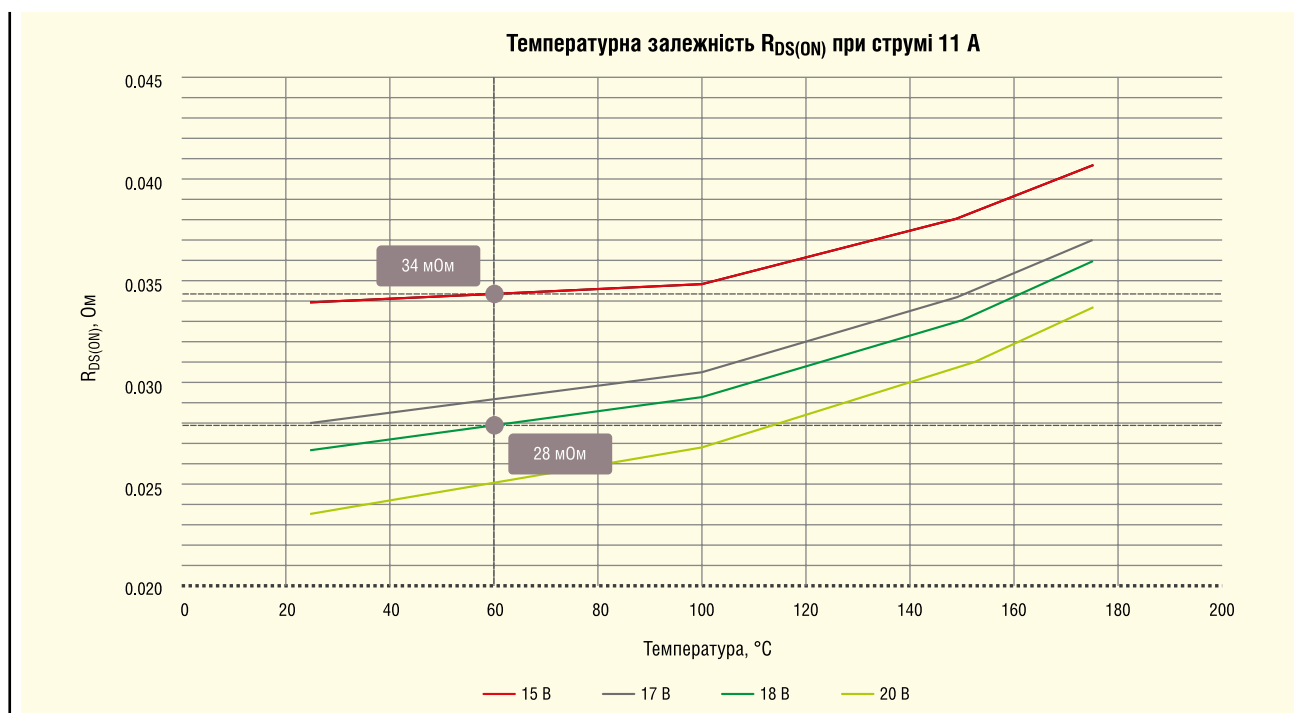
вою 650-В SiC MOSFET, які доповнили 1 200-В пристрої, технологія SiC стала привабливою в тих застосуваннях, в яких раніше не використовувалася.

Імпульсні джерела живлення та силові перетворювачі мають широке застосування. До них відносяться традиційні джерела живлення загального призначення, фотоелектричні системи та вітрогенератори, а також електроприводи двигунів та системи заряджання електромобілів. За напруг, вищих за 1 000 В, переважно застосовуються IGBT, а карбідокремнієві ключі отримали застосування в системах з високо-

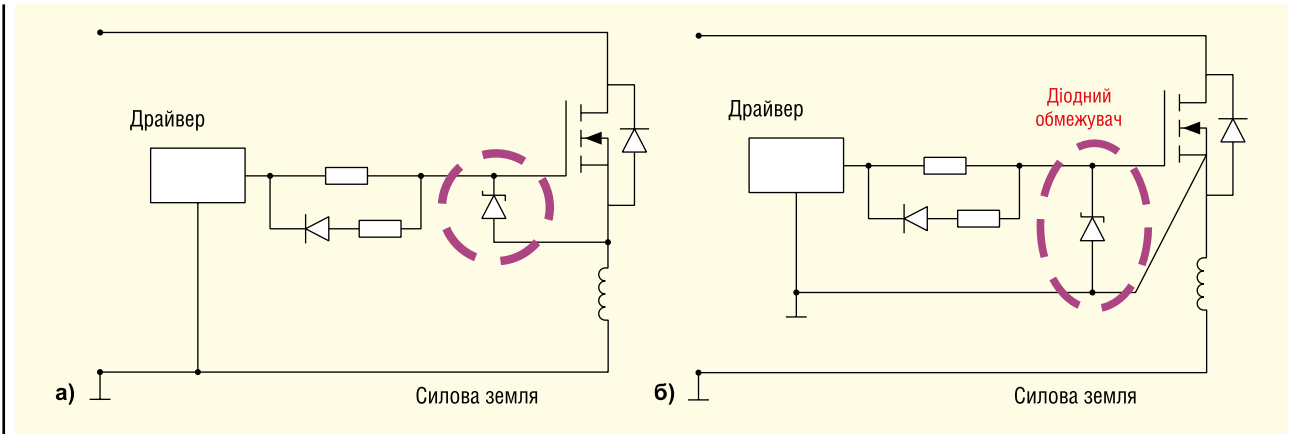
частотною комутацією і досить високою густиною потужності. У 650-В діапазоні SiC-пристрою дозволяють реалізувати високоефективні топології, наприклад схему корекції коефіцієнта потужності (ККП) у режимі безперервної провідності. Вона застосовується в серверах, телекомунікаційних пристроях, рішеннях з акумуляторним живленням, для заряджання електромобілів і т.д. Такі застосування стали ефективнішими, надійнішими та рентабельнішими.

## ПЕРЕВАГИ COOLSiC MOSFET

Однією з головних вимог для переходу на нову технологію є необхідність підвищити ефективність та густину потужності застосування. У порівнянні з кремнієвими MOSFET, у карбідокремнієвих ключів — набагато стабільший



**Рис. 1.** Порівняння значень  $R_{DS(ON)}$  ключа CoolSiC за різних напруг керування затвором та різних температур



**Рис. 2.** Діодний обмежувач поділяє ланцюги живлення та керування (а); схема Кельвіна обмежує негативну напругу на затворі (б)

опір відкритого каналу  $R_{DS(ON)}$  у всьому діапазоні робочої температури. Оскільки в Si MOSFET значення  $R_{DS(ON)}$  нормується за температури 25 °C, типове значення цього опору SiC MOSFET вказується за цієї ж температури, напруги керування затвором (зазвичай 18 В) і за певного струму стоку ( $I_D$ ). У типового пристрою CoolMOS опір відкритого каналу може збільшитися в 1.67 рази в діапазоні температури 25–100 °C, а у відповідному CoolSiC — всього в 1.13 рази. Це означає, що у 84-мОм CoolSiC MOSFET — ті ж втрати провідності, що у ключа CoolMOS на 57 мОм за робочої температури. Оскільки вища робоча температура менше впливає на ефективність, з'являється можливість збільшити щільність елементів конструкції, а в деяких випадках — використовувати прості методи охолодження.

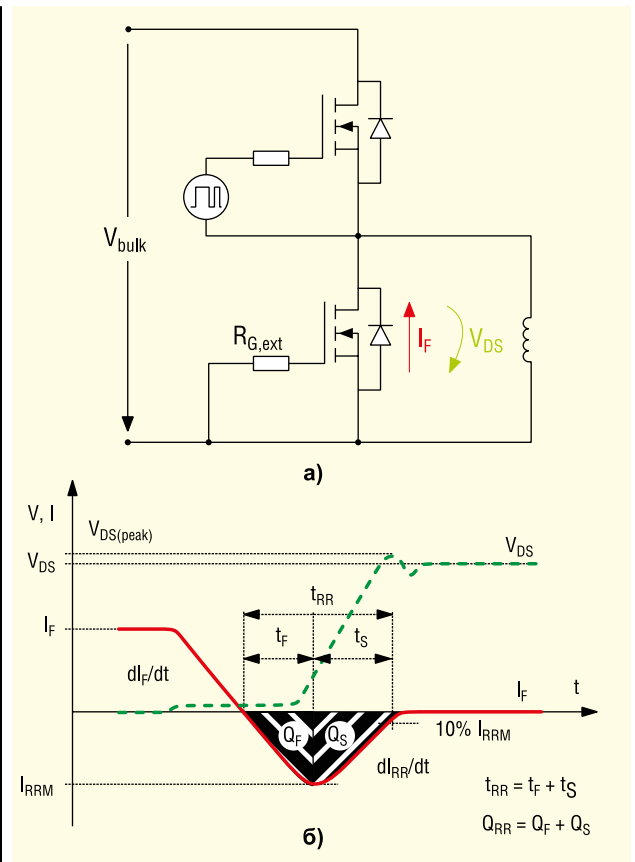
Після переходу на SiC-технологію можна, як і раніше, використовувати ті ж драйвери, що і у випадку традиційних Si-пристроїв; при цьому напруга керування затвором досягає 15 В. Оскільки ця напруга також впливає на величину опору відкритого каналу, варто подумати про невеликі зміни. У випадку CoolSiC MOSFET керуюча напруга затвора знаходиться в діапазоні 0–18 В, завдяки чому  $R_{DS(ON)}$  можна зменшити на 18% порівняно з використанням 15 В (при 60 °C) (див. рис. 1).

Необхідно уникати негативної напруги на затворі SiC MOSFET, тому що вона у певних випадках викликає дрейф порогової напруги затвора  $V_{GS(th)}$ . Дослідження показали, що дрейф може призвести до невеликого збільшення  $R_{DS(ON)}$  протягом тривалих періодів роботи. Рівень  $V_{GS}$  (викл.) може стати негативним через високі значення  $di/dt$  в результаті падіння напруги на індуктивності витоків в контурі керування затвором. Цей ефект також спостерігається при дуже високих значеннях  $dv/dt$ , обумовлених ємністю затвор–стік комплементарного ключа в напівмостових конфігураціях. Цей ефект часто є більшою із двох зазначених проблем. Очевидно, що зменшення  $dv/dt$  та  $di/dt$  вирішило б цю проблему, але призвело б до зниження ефективності.

Натомість рекомендується використовувати обмежувач діод між затвором і витоків ключа, який обмежує негативну напругу на затворі до рівня вище  $-2$  В, захищаючи пристрій від дрейфу  $V_{GS(th)}$ . За потреби вживаються додаткові досить прості заходи, спрямовані на зменшення впливу індуктивності. Вони передбачають поділ заземлень драйвера та живлення, дозволяючи видалити індуктивність витоків з контуру керування затвором. Використання схеми Кельвіна, якщо це можливо, також значно підвищує ефективність, особливо за найвищих струмів стоку (див. рис. 2).

**ВПЛИВ ЗАРЯДУ ЗВОРОТНОГО ВІДНОВЛЕННЯ НА ВИБІР ТОПОЛОГІЇ**

Заряд зворотного відновлення — один з найважливіших параметрів, який слід враховувати особливо в резонансних топологіях або схемах, де використовується безперервна жорстка комутація внутрішнього діода, що проводить. Заряд  $Q_{RR}$  внутрішнього діода MOSFET необхідно видалити після закінчення провідності (див. рис. 3). Значних зусиль було зроблено, щоб суттєво зменшити цей заряд у ключів сімейства CoolMOS за рахунок застосування швидких вну-



**Рис. 3.** Заряд  $Q_{RR}$ , що відповідає заштрихованій ділянці ( $Q_F + Q_S$ ), слід видалити з внутрішнього діода після закінчення режиму провідності

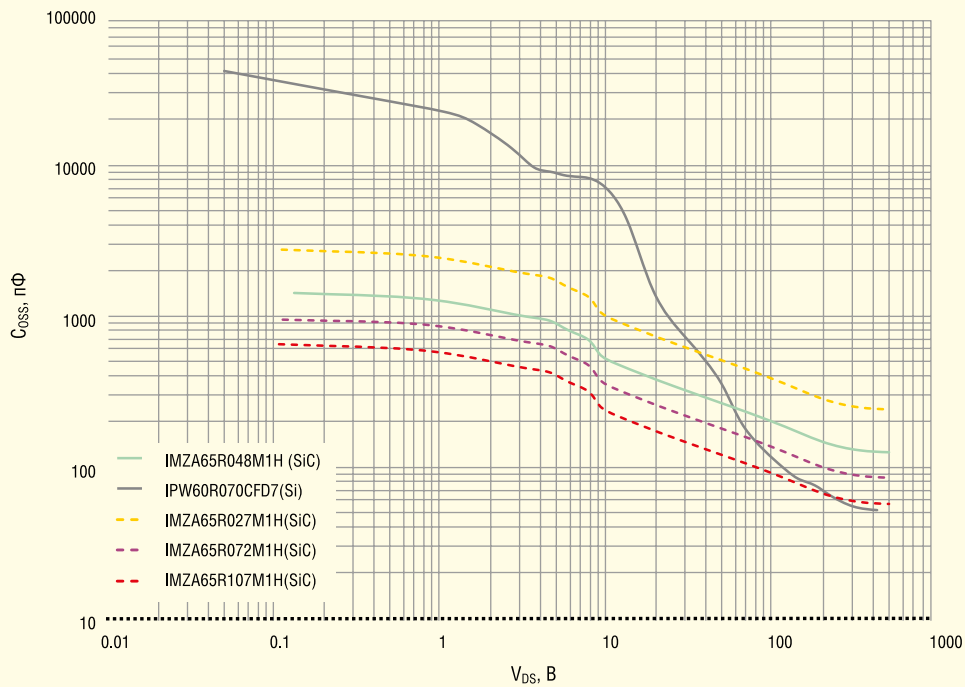


Рис. 4. Порівняння значень  $C_{OSS}$  за різних напруг  $V_{DS}$  ключа CoolMOS та кількох пристроїв CoolSiC

трішніх діодів з покращеними характеристиками. Так, наприклад, у колишніх моделях MOSFET заряд  $Q_{RR}$  став меншим у 10 разів, а у ключів CoolSiC він менший у 10 разів, ніж у найновіших пристроїв CoolMOS зі швидкими внутрішніми діодами.

Оскільки виробники напівпровідників прагнуть, щоб ефективність системи досягла 98% при 50%- навантаженні, ККД каскаду ККП не повинен бути мен-

ше 99%. Інакше ефективність системи значно скорочується. Завдяки тому, що у ключів CoolSiC величина  $Q_{RR}$  стала значно нижчою, в каскаді ККП можна використовувати топології жорсткого перемикачання. Замість використання режиму, у якому струм має трикутну форму (TCM), рекомендовану для CoolMOS, для ККМ можна у режимі безперервної провідності (CCM) реалізувати безмостовий ККП (Totem Pole PFC).

## ВИХІДНА ЄМНІСТЬ SiC-КЛЮЧІВ

Ще одним важливим показником під час використання ключів MOSFET, побудованих за однією з двох технологій, є вихідна ємність  $C_{OSS}$  (див. рис. 4). Енергія  $E_{OSS}$ , що накопичується в ній, повинна розсіюватися під час включення за ненульової напруги. Хоча менша ємність дозволяє використовувати більш високі швидкості перемикачання, все одно під

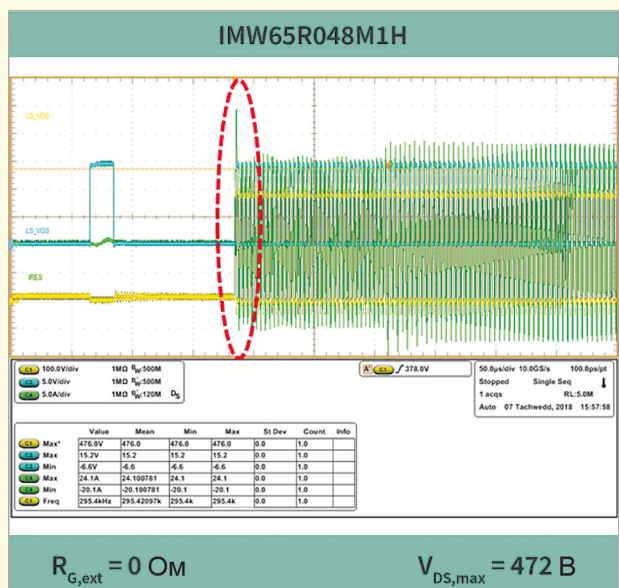
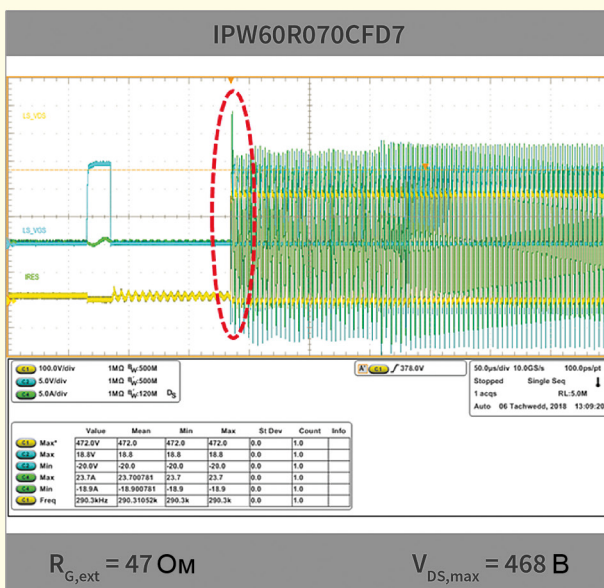


Рис. 5. Нормовану напругу  $V_{DS}$  резонансного LLC-перетворювача під час запуску можна легко зменшити до рівня 80% від номінальної напруги за допомогою CoolSiC MOSFET, не використовуючи резистор  $R_g$

час відключення виникає перенапруга на стоку  $V_{DS}$ . У ключах CoolMOS вона знижується за допомогою резистора  $R_G$  затвора, який зменшує швидкість комутації. Таким способом перенапругу вдається знизити до рівня 80% від номінальної напруги стік-вітик, проте через резистор  $R_G$  збільшуються комутаційні втрати, особливо при виключенні великих струмів.

Хоча у пристроїв CoolSiC — більша величина  $C_{OSS}$ , ніж у порівнянних ключах CoolMOS за  $V_{DS} \approx 50-60$  В, у них набагато лінійніша залежність між  $C_{OSS}$  і  $V_{DS}$ . Це означає, що в одному й тому ж ланцюзі ключі CoolSiC можна використовувати при меншому значенні зовнішнього резистора  $R_G$ . Така можливість буває затребувана у деяких комутаційних топологіях, наприклад в резонансних LLC DC/DC-перетворювачах (див. рис. 5).

Незважаючи на багато переваг технології SiC, кремнієві ключі MOSFET не можна просто замінити альтернативними SiC-пристроями, щоб покращити характеристики імпульсних джерел живлення. Слід враховувати, що у внутрішнього діода SiC MOSFET пряма напруга приблизно вчетверо вище, ніж у порівнянного Si-пристрою. Заміна Si-ключів SiC-пристроями неминуче призведе до втрат провідності цього діода, які приблизно в чотири рази вищі. При цьому можливі втрати ефективності становили б 0.5% за умов невеликого навантаження. Для максимальної ефективності необхідно забезпечити протікання струму через канал MOSFET (синхронне випрямлення), а не через внутрішній діод. На практиці з цією метою змінюють величину мертвого часу в такий спосіб, щоб повною мірою реалізувати переваги SiC MOSFET.

## ВИСНОВКИ

У міру того, як на ринку з'являється все більше рішень SiC MOSFET класу 650 В, ця технологія стає привабливою для використання в широкому ряду застосувань. До них відносяться системи з ефективністю вище 97%, перетворювачі з жорсткою комутацією, а також застосування з високою потужністю. Зауважимо, однак, що у SiC та Si MOSFET — зовсім різні характеристики. Слід розуміти, що у багатьох випадках в імпульсних джерелах живлення можна як і раніше успішно використовувати кремнієву технологію, а для реалізації всіх переваг карбідокремнієвих пристроїв потрібно змінити певні параметри схеми, наприклад напругу керування затвором і мертвий час. **СН**

**WeEn Semiconductors** є глобальною компанією — це спільне підприємство, створене в 2016 році компаніями NXP Semiconductor N.V. та Beijing JianGuang Asset Management Co. Ltd з Китаю. Головний офіс компанії розташований у Шанхаї, Китай. Елементи, вироблені компанією WeEn Semiconductors, створюються завдяки участі досвідченого колективу, який до 2016 року був частиною голландського виробника напівпровідників — компанії NXP (раніше Philips).

WeEn займається біполярною технологією, розробляє та виробляє широку гаму тиристорів, симісторів, діодів (у тому числі силових), високовольних транзисторів, компонентів на базі SiC та інших елементів, що широко використовуються в промисловості, автомобілебудуванні, телекомунікації, освітленні, побутовій електроніці тощо. Ця продукція народжується безпосередньо у NXP.

WeEn має заводи в Китаї, науково-дослідні центри (R&D) у Великій Британії та Шанхаї, а також торговельну підтримку в багатьох країнах світу.



# MASTEK

Авторизований дистриб'ютор  
WeEn в Україні

[info@mastek.com.ua](mailto:info@mastek.com.ua)  
[www.mastek.com.ua](http://www.mastek.com.ua)

м. Київ, провулок Радищева, 3, оф. 307  
тел. +38 (044) 451-60-80, моб. +38 (067) 919-51-15

# Індуктори компанії TDK для силової електроніки

Олексій Чистяков, інженер

**У статті розглядаються індуктори для силової електроніки виробництва компанії TDK. Коротко описуються основні властивості неекраниваних, напівекраниваних та екраниваних індукторів із осердям із феритів металевих сплавів, призначених для використання у виробках загального застосування та автомобільної електроніки.**

У силовій електроніці індуктори частіше використовуються як дросель вихідного фільтра в AC/DC- і DC/DC-перетворювачах для згладжування струму і акумулювання енергії. При цьому практично всі виробники перетворювачів наводять у довідковій документації розрахунок, в якому вказуються параметри фільтра і, отже, індуктивність дроселя. Однак для коректного вибору дроселя потрібно знати не лише його індуктивність, а й конструктивні особливості, а їх виробники перетворювачів не вказують.

Зрозуміло, індуктори виробляє не тільки компанія TDK, але, мабуть, з компаній, що активно присутні на ринку,

найбільший вибір індукторів, у т.ч. силових, — саме у TDK. У виробничій лінійці підприємства — понад 10 тис. найменувань. Є можливість підібрати індуктори практично для будь-якого застосування, включаючи автомобільну електроніку. Компанія виробляє індуктори, що відповідають вимогам стандарту AEC-Q200 з діапазоном робочої температури  $-40...125$  та  $-55...150$  °C. Такі пристрої працюють в електронних блоках у підкапотному просторі транспортного засобу.

Індуктори для силової електроніки повинні бути розраховані на великий струм, малий опір за постійного струму RDC та високу добротність.

Через індуктор фільтра протікає пульсуючий струм із великою постійною складовою; гармоніки вищих порядків у ньому невеликі. Таким чином, власна резонансна частота (SFR) не є критичним параметром — достатньо, щоб її величина не менше ніж у 7–10 разів перевищувала робочу частоту перетворювача.

При виборі силового індуктора, крім значень його індуктивності, максимального струму та діапазону робочої температури потрібно визначити матеріал осердя та конструктивне виконання, яке може бути таким:

- повністю екранироване;
- напівекранироване;
- суцільнолитий;
- неекранироване.

Усі варіанти конструкції показані на рисунку 1. Коректний вибір конструктивного виконання необхідний для забезпечення електромагнітної сумісності (EMC). Через індуктивність розсіювання індуктора випромінюються радіозаводи, які можуть перевищити допустимі

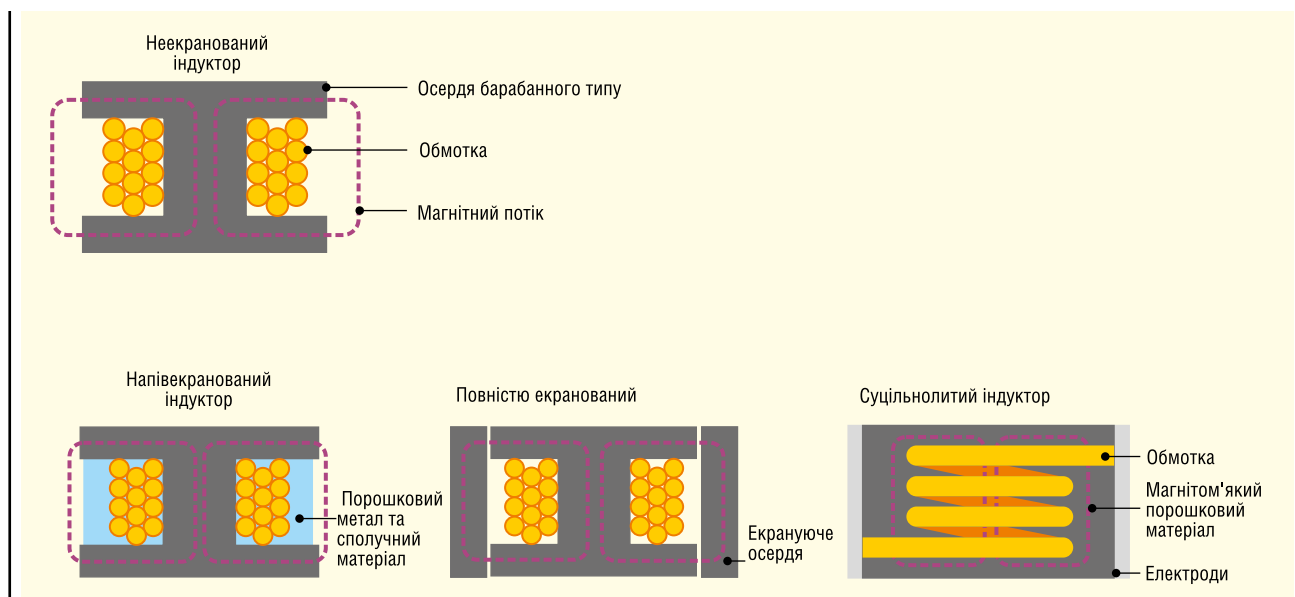
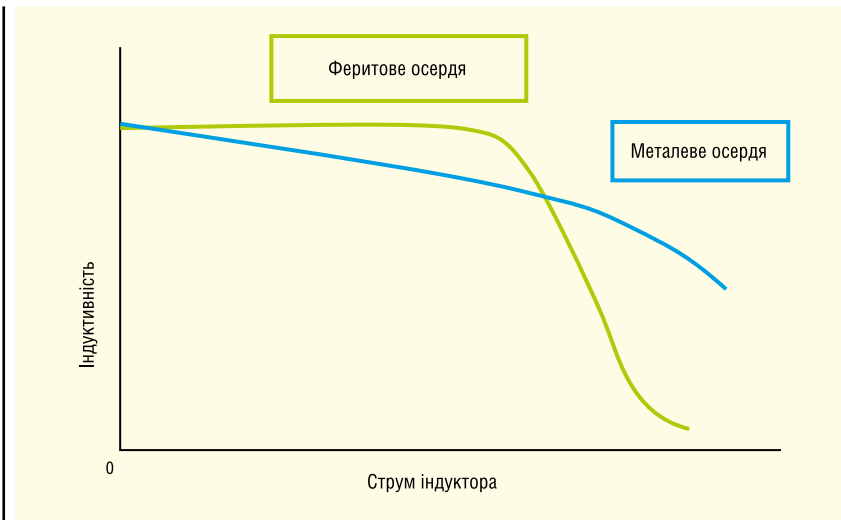


Рис. 1. Конструктивні варіанти виконання індукторів



**Рис. 2. Залежності відносної індуктивності індукторів з феритовим та металевим осерддями від струму**

граничні значення, встановлені стандартами ЕМС, а також викликати додаткові шуми в сигнальних ланцюгах системи та на шинах живлення.

Як видно з рисунка 1, найбільший потік розсіювання генерується неекранованим осерддям через розімкнене магнітне осердя. Зменшити індуктивність розсіювання можна за допомогою суцільнолитих, напівекранованих або повністю екранованих індукторів. Однак не варто безоглядно їх застосовувати — їх конструкція складніша, і вони дорожчі за неекрановані. До того ж у них, як правило, менший струм насичення та більші габарити. Отже, спочатку необхідно напевно переконатися, що неекранований індуктор непридатний для проектованої системи. Для цього потрібно вжити таких дій.

- Перевірити схему підключення. Необхідно, щоб початок обмотки індуктора було підключено до джерела завод. У цьому випадку при багатополосній обмотці верхній шар обмотки є екраном.
- По можливості вибирається індуктор меншого розміру; при цьому

зменшиться і індуктивність розсіювання.

Тільки в тому випадку, якщо завади, що випромінюються, не зменшилися до необхідної величини, слід використовувати екранований індуктор.

Матеріалом осердя можуть бути ферити або металеві сплави. Оскільки у феритових осерддів більша магнітна проникність, ніж у осерддів з металу, за інших рівних умов опір  $R_{DC}$  і втрати в міді у таких індукторів менше. Однак перехід кривої намагнічування в зону насичення і зменшення індуктивності у феритових осерддях носить явно виражений характер, як видно з рисунка 2. На ньому показані залежності відносної індуктивності індукторів з феритовим і металевим осерддями від струму. Як видно з рисунка, починаючи з точки насичення, величина індуктивності індуктора з феритовим осерддям різко зменшується. Ця обставина враховується, якщо передбачається значна величина пульсації струму, наприклад під час роботи перетворювача в режимі переривчастих струмів. Оскільки в цьому випадку струм пульсації дроселя фільтра істотно перевершує середній струм, для

роботи в таких режимах краще вибрати індуктор із осерддям із металевих сплавів.

При малих навантаженнях деякі перетворювачі для збільшення ККД можуть переходити в режим частотної модуляції (ЧІМ). При цьому частота комутації може зменшитися до діапазону звукової частоти, а індуктор фільтра — генерувати акустичний шум, що у деяких випадках неприйнятно.

Можливі дві причини виникнення шуму. По-перше, шум виникає в неекранованих індукторах через вібрацію проводів обмотки, яку викликають потоки розсіювання, і в екранованих індукторах через взаємне тяжіння частин осердя. Вирішити цю проблему дозволяє суцільнолитий дросель. У ньому відсутні окремі частини осердя, а обмотка залита в магнітом'який порошковий матеріал. Враховуючи, що осердя індукторів TDK виготовляється з матеріалів з низьким рівнем магнітострикції, така заміна має дати гарантовано позитивний результат.

Другою причиною акустичного шуму можуть стати компоненти магнітного матеріалу, розташовані настільки близько від індуктора, що на них впливає його поле розсіювання. В цьому випадку не обійтися без зміни конструкції плати — необхідно видалити компоненти від індуктора.

До продуктової лінійки компанії входять тисячі силових індукторів. Щоб полегшити вибір, на сайті TDK викладені у вільному доступі онлайн-інструменти, до складу яких входять симулятори SPICE, LTspice, PSpice, S-параметри, бібліотеки, еквівалентні схеми.

У таблиці 1 наводяться діапазони розмірів та індуктивностей силових індукторів загального призначення, а в таблиці 2 — ці параметри для силових індукторів автомобільної електроніки, відповідних стандарту AEC-Q200.

На закінчення наведемо основні параметри деяких найцікавіших, на наш погляд, продуктів компанії. Почнемо з

**Таблиця 1. Індуктори загального призначення**

Тип індуктора		Мінімальний розмір	Середній розмір	Великий розмір	Дуже великий розмір
Неекранований, феритове осердя	Розмір, мм	2.5×2.0; 3.2×2.5	6.1×5.6; 8.3×7.5	10.4×10...8.54×15.24	
	Індуктивність, мкГн	0.1–330	10–470	1–1000	
Напівекранований, феритове осердя	Розмір, мм	2.0×1.6...3.0×3.0	5.0×5.0; 6.0×6.0		
	Індуктивність, мкГн	0.24–100	0.47–680		
Екранований, феритове осердя	Розмір, мм	1.0×0.5...2.5×2.0		7.0×7.0...2×10	
	Індуктивність, мкГн	0.47–10		0.09–1500	
Напівекранований, металеве осердя	Розмір, мм	2.0×1.6; 2.5×2.0	3.0×3.0; 4.0×4.0		
	Індуктивність, мкГн	0.24–22	0.33–22		
Екранований, металеве осердя	Розмір, мм	1.6×0.8; 2.0×1.6	3.2×3...10.7×10.0	11.5×10.0; 13×12.6	
	Індуктивність, мкГн	0.47–2.2	0.2–22	0.18–2.8	

Таблиця 2. Індуктори для автомобільної електроніки					
Тип індуктора		Мінімальний розмір	Середній розмір	Великий розмір	Дуже великий розмір
Неекранований, феритове осердя	Розмір, мм	2.5×2.0...4.5×3	5.6×5.0		
	Індуктивність, мкГн	0.1–1000	1–100		
Напівекранований, феритове осердя	Розмір, мм		6.0×6.0		
	Індуктивність, мкГн		1–100		
Екранований, феритове осердя	Розмір, мм	2.0×1.2; 2.0×1.6	5.3×5.0...7.4×7.0	10.1×10.0...12.8×12.5	17.3×17.8...22.3×22.0
	Індуктивність, мкГн	0.47–4.7	1–470	1–470	1–35
Екранований, металеве осердя	Розмір, мм	2.0×1.6; 2.5×2.0	4.1×4.0...7.1×6.5	10.7×10.0	
	Індуктивність, мкГн	0.47–4.7	0.33–22	0.4–6.8	

індукторів для автомобільної електроніки. Усі вони, як зазначалося, відповідають вимогам стандарту АЕС-Q200. Можливо, читач вважав би за краще бачити наведені нижче дані в табличній формі, проте, на наш погляд таке уявлення було б не зовсім коректним. Таблична форма, як правило, передбачає порівняння, а воно в даному випадку не цілком доречне, тому що йдеться про індуктори різних розмірів, для різних призначень.

Осердя екранованого індуктора малого розміру MLD2012 складається з багат шарового фериту. Основні параметри індуктора:

- номінальне значення індуктивності на частоті 2 МГц: 0.47 мкГн;
- відхилення від номінального значення: ±20%;
- розмір: 2.0 × 1.25 мм;
- діапазон робочої температури: –40 ... 125 °С;
- R<sub>DC</sub>: 120 мОм ±30%;
- I<sub>TEMP</sub>: 1.2 А.

Величина струму I<sub>TEMP</sub> визначена з умови нагрівання індуктора на 40 °С вище за температуру навколишнього середовища. Зверніть увагу на

рисунок 3 із графіком максимального значення струму залежно від температури. Можливо, за рахунок використання багат шарового феритового осердя виробнику вдалося згладити криву зменшення індуктивності від струму, уникнувши різкої зміни індуктивності в точці насичення.

Ще один екранований індуктор малого розміру для автомобільної електроніки TFM291610ALMA має осердя із тонкоплівкового металевого матеріалу, що дозволяє збільшити індукцію насичення. До складу цього сімейства входять шість індукторів з номінальною індуктивністю 0.24–2.2 мкГн. Основні параметри індуктора 0.47 мкГн:

- номінальне значення індуктивності на частоті 1 МГц: 0.47 мкГн;
- відхилення від номінального значення: ±20%;
- розмір: 2.0 × 1.6 мм;
- діапазон робочої температури: –40 ... 150 °С;
- R<sub>DC</sub>: 28–39 мОм;
- I<sub>TEMP</sub>: 3.4 А;
- I<sub>SAT</sub>: 5 А.

При струмі насичення I<sub>SAT</sub> величина індуктивності зменшується на 30% від

початкової величини. Для порівняння наведемо короткі відомості про екранований індуктор великого розміру з металевим осердям для автомобільної електроніки SPM10040-HZ. До цього сімейства входять 11 індукторів з номінальним значенням індуктивності 0.47–22 мкГн.

Основні параметри індуктора 0.47 мкГн:

- номінальне значення індуктивності на частоті 100 кГц: 0.47 мкГн;
- відхилення від номінального значення: ±20%;
- розмір: 10 × 10.7 мм;
- діапазон робочої температури: –40 ... 125 °С;
- R<sub>DC</sub>: 1.7–1.87 мОм;
- I<sub>TEMP</sub>: 33 А;
- I<sub>SAT</sub>: 33.2 А.

Екранований індуктор малого розміру TFM159898ALC для виробів загального застосування має осердя з тонкоплівкового металевого матеріалу. До складу сімейства входять два індуктори з індуктивністю 0.47 та 1 мкГн.

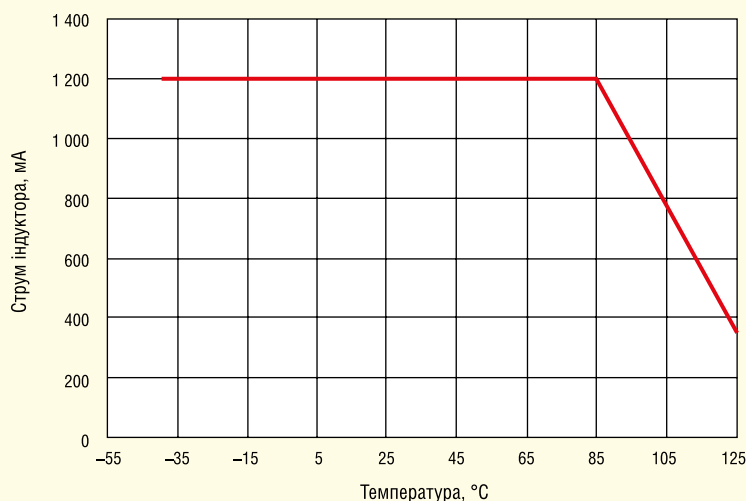
Наведемо основні параметри індуктора 0.47 мкГн:

- номінальне значення індуктивності, виміряне на частоті 1 МГц: 0.47 мкГн;
- відхилення від номінального значення: ±20%;
- розмір: 1.6 × 0.8 мм;
- діапазон робочої температури: –40 ... 125 °С;
- R<sub>DC</sub>: 54–62 мОм;
- I<sub>TEMP</sub>: 2.9 А;
- I<sub>SAT</sub>: 2.8 А.

Зауважимо, що діапазон робочої температури в даному випадку наведено з урахуванням саморозігріву індуктора. Для індукторів автомобільної електроніки виробник не запроваджує цю умову.

Екранований феритовий індуктор VLBS1007083 великого розміру також призначений для виробів загального застосування. До складу сімейства входять п'ять індукторів з індуктивністю 0.1–0.2 мкГн.

Основні параметри індуктора на 0.2 мкГн:



**Рис. 3. Залежність максимально допустимого струму індуктора MLD2012 від температури навколишнього середовища**



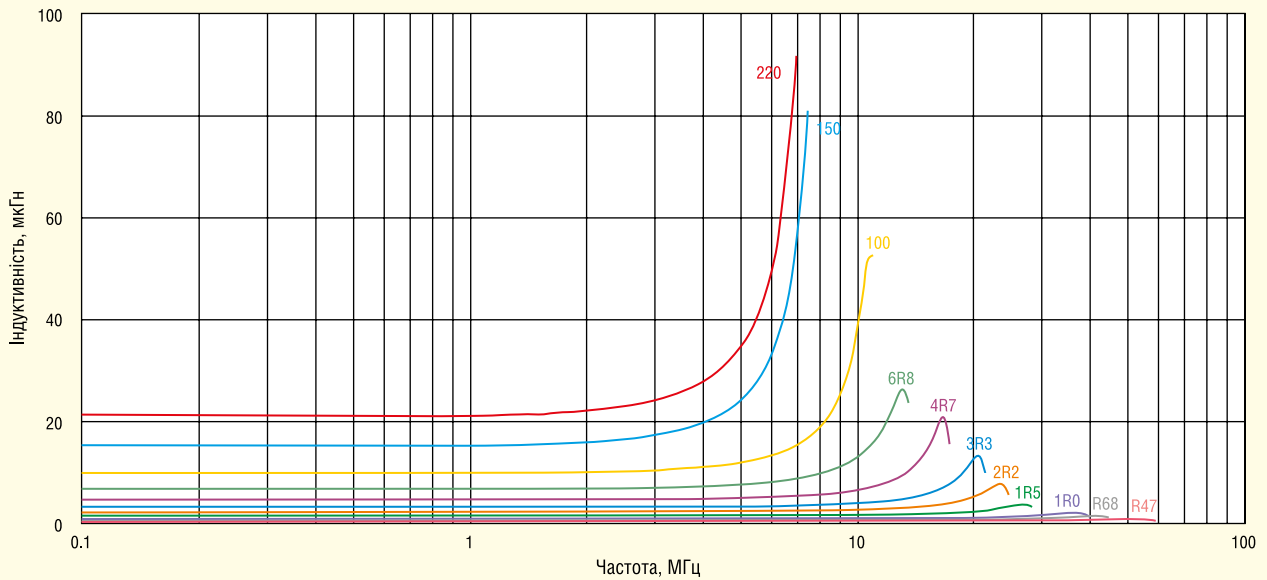


Рис. 4. Залежність індуктивності від частоти індукторів сімейства SPM10040-HZ з металевим осердям

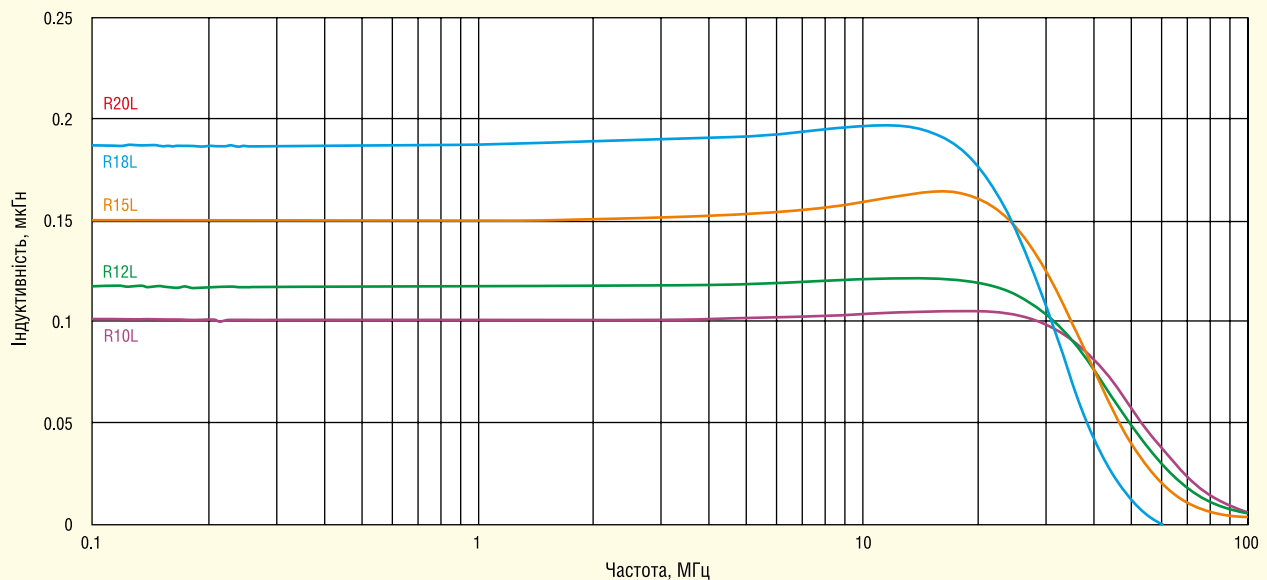


Рис. 5. Залежність індуктивності від частоти індукторів сімейства VLBS1007083 з феритовим осердям

- номінальне значення індуктивності на частоті 1 МГц: 0.2 мкГн;
- відхилення від номінального значення:  $\pm 15\%$ ;
- розмір:  $10 \times 7.0 \times 8.3$  мм;
- діапазон робочої температури:  $-40 \dots 125$  °C;
- $R_{DC}$ : 0.18 мОм;
- $I_{TEMP}$ : 70 А;
- $I_{SAT}$ : 50 А.

В цьому випадку діапазон робочої температури також вказаний з урахуванням розігріву, а величина струму насичення, на відміну від попередніх

прикладів, наведена для значення струму, при якому індуктивність зменшується не на 30, а на 20%, що викликано різкою зміною індуктивності феритів у точці насичення.

І, нарешті, вкажемо ще на одну відмінність індукторів з феритовими і металевими осердям. Вона може полягати у частотних властивостях. На рисунку 4 показана залежність індуктивності від частоти для індукторів сімейства SPM10040-HZ з металевим осердям, а на рисунку 5 — аналогічна залежність для індукторів VLBS1007083 з ферито-

вим осердям. Як видно з наведених рисунків, при збільшенні частоти індуктори з феритовими та металевими осердям поведуться зовсім по-різному.

Якщо мова йде про індуктори з перетворювачами, що серійно випускаються, робоча частота яких не перевищує 1.5–2 МГц, то подібною відмінністю в частотних властивостях можна частково знехтувати. Однак, якщо доводиться розробляти пристрій силової електроніки з робочою частотою вище 3–4 МГц, то зазначені відмінності, звичайно, необхідно врахувати.

CN

## ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ

від провідних виробників світу,  
зі складу та під замовлення

Гнучкі ціни



ТОВ "АДС ТІМ"

Україна, 03680, м. Київ  
пров. Радищева, буд. 3  
+38 (044) 361-46-78, 206-22-52  
+38 (067) 249-77-58, (050) 464-22-52

zapros@adcgr.com www.adcgr.com

## ТОВ Аіронікс КОМПОНЕНТ

тел.: +38 044 384-17-55  
+38 044 501-07-29  
+38 044 501-80-09  
info.aironics@gmail.com

- електронні компоненти
- друковані плати
- виготовлення дослідних зразків приладів
- контрактне виробництво
- перетворювачі частоти до 11 кВт (Україна) до 220 кВт (Китай)

м. Київ, вул. О. Довженка, 3  
www.aironics.com.ua  
www.aironics.prom.uaAltway Electronics, Inc  
5970 Unity Drive Suite E,  
Norcross, GA 30071, USA  
www.altwaygroup.comОПЕРАТИВНІ ПОСТАВКИ  
ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВТел. 044-3-922-911  
E-mail: sales.int@altwaygroup.com

## ТОВ «НВП АСТЕРА»

директор ТЕРЕЙКОВСЬКИЙ  
Артем СеменовичФерритові осердя,  
аксесуари, індуктивні елементи61072, Україна, Харків, вул. Тобольська 42 оф. 222  
тел.: 057-757-2859, факс: 057-728-1808  
050-323-3763, 067-575-4440, 068-616-7777  
http://www.ferrite.com.ua E-mail: ferrite@ukr.net

SONISON Amphenol LTW TE DARKCO OSRAM SAMSUNG MORNSUN

- Електронні компоненти
- Світлодіодне освітлення
- Друковані плати
- Контрактне виробництво

bis\_electronics @BISelectronic bis@bis-el.kiev.ua | bis-el.com  
+38 (044) 490-35-99

## VD MAIS

ДИСТРИБ'ЮЩА +  
КОНТРАКТНЕ  
ВИРОБНИЦТВО03061, Київ,  
вул. Михайла Донця, 6  
тел.: +380 (44) 201 02 02  
info@vdmails.ua  
www.vdmails.ua

- електронні компоненти
- електромеханічні компоненти
- промислова автоматизація
- вимірювальні прилади
- обладнання та матеріали для виробництва електроніки
- друковані плати
- контрактне виробництво

## VD MAIS

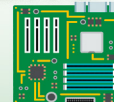
Контрактне  
виробництво  
електроніки  
(за стандартом IPC-A-610)

- автоматизований монтаж SMD-компонентів (до 2.5 млн на добу)
- автоматизована селективна пайка компонентів, що монтуються у отвори
- монтаж прототипів друкованих плат
- 100% автоматичний оптичний контроль якості монтажу
- виготовлення дослідних зразків виробів
- дрібносерійне та серійне виробництво
- більш ніж 10-річний досвід контрактного виробництва
- гарантія якості продукції

Сертифікація на відповідність вимогам  
стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015,  
IATF 16949:2016 та ISO 13485:2016.  
Ціни – оптимальніУкраїна, 03061, Київ, вул. Михайла Донця, 6  
тел./факс: (044) 201-0202, (057) 719-6718,  
(0562) 319-128, (032) 245-5478, (048) 734-1954,  
info@vdmails.ua; www.vdmails.ua

## ВЕРІКОМ КОМПОНЕНТ

- Виробництво друкованих плат від 1 шт
- Контрактне виробництво
- Власний склад електронних компонентів
- Покриття плат лаком і компаундами
- Відповідаємо вимогам стандарту ISO 9001:2015

Україна, м. Київ  
вул. Марії Капніст, 2а, оф. 114  
URL: www.verikom.kiev.uaтел./факс: (+380) 44-501-9335  
(+380) 67-508-0229  
E-mail: sales@temys.kiev.uaWINTEX (044) 5036112  
(067) 2983455  
Професійний ремонт (050) 2665517

- Електронні компоненти
- Модулі та датчики для розробників електроніки
- Модулі для ремонту ТВ, комп'ютерів, планшетів, комп'ютерів
- Роз'єми та конектори
- Розробка елементів альтернативної енергетики
- Ремонт усіх видів електроніки та побутової техніки

03150, Київ, вул. Велика Васильківська, 80



www.wintex.com.ua

ДП «Гальванотехніка» ПАТ «Київський завод  
"Радар"»  
ТОВ «НВЦ друкованих плат»

## Виготовлення друкованих плат:

- одно-, дво- та багатшарових 3<sup>го</sup>-5<sup>го</sup> класів складності;
- жорсткогнучких друкованих плат, гнучких кабелів;
- друкованих плат на металі (алюміній, мідь).

Швидке виготовлення (від 3-х днів).

Висока якість. Оптимальне співвідношення ціна/якість.  
Послуги по монтажу плат.03680, м. Київ, вул. Предславинська, 35  
тел.: (044) 592-5467, 528-2068, 528-3656http://plata.com.ua  
order@plata.com.ua



**Gamma**  
радіокомпоненти

Trxcom, FUZETEC, XTD, Microchip, FUZETEC, A.R.T.O., NORFIC, HF, SIMCom, HOPERF, nuvoton, BLAZE

**ГАММА УКРАЇНА**  
www.microchip.ua (056) 745-46-65, (0562) 36-07-92  
sale@microchip.ua (044) 494-35-72, (044) 223-84-63



Прямі поставки від виробника

FLUKE, AEB group, BIOMEDICAL, ALEXANDER ELECTRIC, JE

**Комплексні поставки електронних комплектуючих**

- Автоматика
- Датчики
- Джерела живлення
- Компоненти і модулі СВЧ
- Мікросхеми
- Рознімачі
- Реле
- Системи бездротового зв'язку
- Системи відображення інформації
- Хімічні джерела струму

38 (044) 239-96-06  
38 (044) 498-01-68

www.grandelectronic.com  
office@grandelectronic.com

Бульвар Вацлава Гавела, 8  
м. Київ, 03124

Незалежний постачальник електронних компонентів



www.evocom.ua

- Швидкі терміни поставок (до 7 днів)
- Безкоштовна доставка по Україні
- Більш ніж 6 млн. товарів в каталогі

www.evocom.ua

email: info@evocom.ua  
тел. (044) 520-19-13



Промислові комп'ютери та монітори, модулі вводу виводу


ask@ekzot.com.ua

Київ, М. Донця, 6, оф. 102 Б

+38 (050) 807-97-62

+38 (068) 972-95-70

**ЕКЗОТ**



**Інтегральні Комплексні Системи**  
Контрактне виробництво електроніки

+38 (050) 469-12-07 info@incos.kiev.ua www.incos.kiev.ua

Київ, вул. Бориспільська, 9, корпус 111



Науково-Впроваджувальна Фірма "Гранато"

Тел / факс 044-453-44-04, 453-44-06  
E-mail: granat@granato.kiev.ua, office@granato.kiev.ua  
Http://www.granato.com.ua, http://www.multiport.com.ua  
м. Київ, вул. Вацлава Гавела, 8, для листів: 03067, а/с 63, НВФ Гранато

**СИСТЕМИ ВІДОБРАЖЕННЯ, ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТЕЛЕКОНФЕРЕНЦІЙ, МУЛЬТИПОРТОВІ ПЛАТИ, ЕЛЕКТРОННІ ГОДИННИКИ, КОНТРОЛЕРИ**

**Інформаційні транспортні системи**  
Розробка та виготовлення на основі електромеханічних та світлодіодних індикаторів.

Бортові комп'ютери, передні, бокові, задні, внутрішні табло, аудіоінформатори.




**ВСЕ ДЛЯ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА АВТОМАТИКИ**

діоди, тиристори, триаки, IPM, IGBT; давачі струму та напруги LEM; запобіжники BUSSMANN; конденсатори електролітичні ВНС, плівкові, високовольтні; резистори середньої та великої потужності; напівпровідникові, електромеханічні реле; вентилятори радіальні та центробіжні; обладнання для шафів; кінцеві вимикачі, давачі тиску, рівня, вологості; світлові та звукові сигналізатори; UF та IR промислові лампи PHILIPS.

02090, м. Київ, вул. Сновська, 20  
E-mail: kiev@dacpol.ua, www.dacpol.ua  
T./ф: (+380 44) 501 93 44, GSM: (+380 50) 447 39 12



дистрибуція електронних компонентів контрактне виробництво

08298, смт. Коцюбинське  
вул. Пономарьова, 7

Тел. +38 044 33 44 575

www.eurocom-c.com E-mail: info@eurocom-c.com



**ДРУКОВАНІ ПЛАТИ**  
Виробництво одно-, дво-, багатшарових друкованих плат, плат на алюмінієвій основі з технологічними показниками відповідно до вимог міжнародного стандарту IPC-A-600

**Мембранні клавіатури**  
– мембранні клавіатурні панелі  
– лицеві і накладні панелі

www.pcbetal.com

ТОВ «РСВ-ЕТАЛ»  
28000, Кіровоградська обл., м. Олександрія, вул. Заводська, 1

Для замовлення:  
Тел.: +38 (066) 872-60-65  
e-mail: pcb@etal.ua

**Ціни знижено**

ЕЛЕКТРОНІКА • ЕЛЕКТРОТЕХНІКА • АВТОМАТИКА

**CHIP NEWS**  
НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ  
ВИДАЄТЬСЯ З 2001 РОКУ

(044) 490 74 99  
03061, Київ, (044) 490 74 30  
просп. Відрадянний, 10 info@chipnews.com.ua  
www.chipnews.com.ua

im  
Mi



**IMRAD**  
Електронні компоненти

Електронні компоненти  
провідних світових виробників  
зі складу в Києві та на замовлення

Інформаційна та технічна підтримка

- 03113, Україна, м.Київ  
вул. Шутова 9, офіс 211
- Тел. (044) 495-21-09, 490-91-59  
факс: (044) 495-21-10  
E-mail: imrad@imrad.kiev.ua  
www.imrad.com.ua

Радіодеталі зі складу – 35 000 найменувань!



Усе для розробки,  
ремонту та виробництва  
електроніки!

Від резистора до мікропроцесора, радіомонтажний  
інструмент та вимірювальні прилади, підбір аналогів  
та консультації.

www.ims.kh.ua      тел.: (057) 732 04 50, 732 01 76  
e-mail: imskharkov@gmail.com      (073) 757 25 21 (22, 23)

we who are not as others



Телефон: 044 501 90 90      Веб: info@cogito.com.ua



**ТОВ "КОМПАНІЯ ОЛЬВІЯ"**  
Корпуса пластикові. Клавіатура плівкова.  
Кабельно-провідникова продукція.

[044].599.7550      [044].503.3323      KORPUS.KIEV@GMAIL.COM  
ICQ#: 249-782-777

03113, м. Київ, вул. Дружківська, 12 А      korpus.kiev.ua



**КОМПАНІЯ СК-ТЕХНО**  
контрактне виробництво

- контрактне виробництво
- друковані плати
- монтаж
- комплектація

http://spcb.com.ua  
e-mail: info@spcb.com.ua  
тел./факс: (044) 369-53-67



м. Київ, пров. Радищева, 3, офіс 307  
тел. +38 (044) 451-60-80      info@mastek.com.ua  
моб. +38 (067) 919-51-15      www.mastek.com.ua

Авторизований дистриб'ютор  
NXP, STMicroelectronics, AMPLEON, WeEn в Україні



http://melsys.com.ua

- контрактне виробництво електроніки
- монтаж і виготовлення друкованих плат
- виготовлення трафаретів

ТОВ "Мелсис"      +38 044 578 18 15  
Київ, вул. Новозабарська, 2/6, оф. 204      +38 096 926 70 69  
info@melsys.com.ua      +38 063 435 68 10

Microdis Electronics GmbH  
Rheinauer Straße 1  
68766 Hockenheim  
Germany

**MICRODIS**

Дистриб'ютор електронних компонентів

Роман Прокопець  
Менеджер з продажу

М +380 67 475 81 86  
Roman.Prokopets@microdis.net

www.microdis.net

Партнерство в електроніці




03142, м. Київ, вул. Кржижановського, 4, офіс 101  
Тел.: 044 392-93-86, Факс: 044 392-93-87  
www.micropribor.com.ua      sales@micropribor.com.ua


ОПТОВИЙ ПРОДАЖ ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ




Польща | 30-198 Краків | вулиця Е. Годлевського 38  
тел. | WhatsApp | Telegram | VIBER | IMO: +48 601 480 223  
тел. +48 12 636 95 66 ext. 146 SKYPE: pavlogrd

[www.otladka.com.ua](http://www.otladka.com.ua)

 Автоматизований SMD монтаж друкованих плат

 Фрезерування панелей, корпусів та пластику

 3D-друк

ФОП Сарієв Р.Б.

+38 050 447-12-58 +38 098 661-97-97


КОНТРАКТНИЙ  
ВИРОБНИК ЕЛЕКТРОНІКИ  
ПІД ЗАМОВЛЕННЯ

 **PCBA**

+38 044 338 97 73  
info@pcba.com.ua  
pcba.com.ua

вбудовані процесорні плати

COMexpress  
Qseven  
PC-104  
ETX

 **ПРОКСИС**

промислові комп'ютери та системи


www.proxis.ua  
+380(44)4675977  
+380(44)5995977

**RADIODETALI**

- Паяльне обладнання
- Вентилятори
- Трансформатори
- Реле
- Конденсатори
- Резистори
- Світлодіодне обладнання
- Акумулятори
- Блоки живлення
- Мобільні аксесуари

КУПУЙ ВИГІДНО

radiodetali.com.ua



 **RAINBOW TECHNOLOGIES**

Rainbow Technologies — офіційний дистрибутор і постачальник в Україні:

**MICROCHIP, MAXIM, INFINEON, WINBOND, ALTERA, SAMSUNG (LED), LEDIL, VISHAY, ANALOG DEVICES, TEXAS INSTRUMENTS**

04112, Україна, м. Київ, вул. Дегтярівська, 62, оф. 46  
Тел./факс: +38 (044) 290-41-69, 290-41-82  
e-mail: cov@rainbow.com.ua

www.rainbow.com.ua

**Pcb24** — сервіс з експрес виробництва прототипів і невеликих партій одно- та двошарових друкованих плат



За 24 години ВИГОТОВИМО Ваше замовлення

Власне виробництво у м. Львів

ТОВ «Крейтив Лоджікс»  
[www.pcb24.com.ua](http://www.pcb24.com.ua)  
info@pcb24.com.ua  
pcbprint24@gmail.com  
068 614 38 28

 **PCBTUT**

Зручний онлайн РСВ-калькулятор мінімальне замовлення - 5 шт.

Постачання:  
- друковані плати FR-4;  
- алюмінієві друковані плати;  
- трафарети для паяльної пасту;  
- паяльна паста;  
- припій.

Сайт: [pcb24.com](http://pcb24.com)  
e-mail: [pcb24@pcb24.com](mailto:pcb24@pcb24.com)  
+38 (067) 674 99 14

 **EUROCOM COMPONENTS**

дистрибуція електронних компонентів  
контрактне виробництво

08298, смт. Коцюбинське  
вул. Пономарьова, 7

Тел. +38 044 33 44 575  
E-mail: [info@eurocom-c.com](mailto:info@eurocom-c.com)

[www.eurocom-c.com](http://www.eurocom-c.com)

**РАДИОМАГ**

МЕРЕЖА МАГАЗИНІВ РАДІОДЕТАЛЕЙ

Львів Київ Харків  
Одеса Дніпро

[www.rcscomponents.kiev.ua](http://www.rcscomponents.kiev.ua)  
+38(044)299-77-55 [sales@radiomag.com.ua](mailto:sales@radiomag.com.ua)

- мікросхеми
- транзистори
- діоди і діодні містки
- GSM, GPS, GPRS
- паяльне обладнання
- вимірювальне обладнання
- блоки живлення
- рознімачі
- інструмент
- пасивні компоненти
- батареї та акумулятори та багато іншого

ЕЛЕКТРОНІКА • ЕЛЕКТРОТЕХНІКА • АВТОМАТИКА

**CHIP NEWS**

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ  
ВИДАЄТЬСЯ З 2001 РОКУ

03061, Київ,  
просп. Відрадянний, 10

(044) 490 74 99  
(044) 490 74 30  
info@chipnews.com.ua  
[www.chipnews.com.ua](http://www.chipnews.com.ua)

Pe  
Te

**МП "РЕМІКС"**  
www.remix.com.ua  
Офіційний дистриб'ютор в Україні

**FineTek, Venanzetti Vibrazioni, Nivelko**  
Пропонує датчики рівня рідин та сипучих матеріалів, датчики тиску, різноманітні регулятори, панель метри, пневмо та електровібратори

Тел./факс +38 04563 99-760, 99-926, 99-775

**Rittal – The System.**  
Faster – better – everywhere.

Ріттал ТОВ · вул. Київська, 6В, 08132, Вишневе, Київська обл.  
Тел.: +380 (44) 536 99 44 · Факс: +380 (44) 536 99 45  
E-mail: office@rittal.com.ua  
www.rittal.com.ua

ENCLOSURES POWER DISTRIBUTION CLIMATE CONTROL IT INFRASTRUCTURE SOFTWARE & SERVICES

FRIEDHELM LOB GROUP

**Semisvit**  
Create with us

ТОВ "СЕМІСВІТ"  
вул. Б. Хмельницького, 16-22, оф. 504-Г  
01601, м. Київ, Україна  
тел./факс: +380 44 586-2580  
www.semisvit.com.ua  
info@semisvit.com.ua

Електронні компоненти зі всього світу.  
Створюйте з нами!

ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ ТА КОНТРАКТНЕ ВИРОБНИЦТВО

**SMD UKRAINE**

03057, м. Київ, вул. Желябова, 2-А, корп. 7, кім. 303

тел.: (044) 223-12-42  
(073) 705-70-05  
(096) 705-70-05

info@smdua.in.ua www.smdua.in.ua

**НВП ТЕХНОСЕРВІСПРИВІД**  
ВСЕ ДЛЯ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

Діоди та містки, діодні, тиристорні, IGBT модулі, силові напівпровідники (SEMİKRON), конденсатори косинусні, імпульсні, моторні (ELECTRONICON)  
Продаж, ремонт перетворювачів частоти, пристроїв плавного пуску (DANFOSS)

Для пошти: 04211, Київ-211, а/с 141  
Тел./факс: (044) 458-47-66, 456-19-57  
E-mail: tsdrive@ukr.net, Web: www.tsdrive.com.ua

**Rich El**  
electronic components

**ТОВ "РИЧЕЛ"**

Поставки електронних компонентів  
Асортимент зі складу та технічна підтримка

вул. Семена Скляренка, 9, оф. 401  
04073, м. Київ  
info@rekkon.kiev.ua  
http://rekkon.kiev.ua

тел.: +38 (044) 490-92-50  
факс: +38 (044) 494-27-08

Committed to excellence  
CONSULT | COMPONENTS | LOGISTICS | QUALITY

**RUTRONIK**  
ELECTRONICS WORLDWIDE

**Wilhelm Fleischhauer**  
Country Manager  
Phone: +49 7231 801 1403  
Mail: Wilhelm.Fleischhauer@rutronik.com

**Михайло Єлізаров**  
представник в Україні  
Тел. +038 (050) 312 01 07  
Mail: Mykhaylo.Yelizarov@rutronik.com

- Напівпровідники
- Пасивні компоненти
- Електромеханіка та кабельні рішення
- Дисплеї та монітори
- Промислові комп'ютери
- Рішення по DDR і SSD
- Бездротові технології

**SIM Com**  
a SUNSEA AIDT company

**Євгеній Рахно**  
технічна підтримка  
моб. +38 (050) 14-00-345

evgenij.rakhno@simcom.com

**SOFTPROM**  
VALUE ADDED IT DISTRIBUTOR

Дистриб'ютор Altium в Україні  
www.softprom.com/ua/vendor/altium  
altium@softprom.com

ТОВ "Софтпром Солощина"

Електронні компоненти Рознімачі З'єднувачі

**ТЕХПРОГРЕСС**  
www.tpss.com.ua

ТОВ «КП «Техпрогрес»  
04070, м. Київ,  
вул. Ігорівська, 8/10-А, оф. 38  
(044) 461-91-00

## TRANSFER MULTISORT ELEKTRONIK

понад 800  
ПРОВІДНИХ ВИРОБНИКІВ

понад 160 000  
ПРОДУКТІВ

**T M**  
**E**  
Electronic Components

**tme.eu**

- ЕЛЕКТРОТЕХНІКА
- ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ
- ПРОМИСЛОВА АВТОМАТИКА
- ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ
- ІНСТРУМЕНТИ

Łódź, Poland, +48 42 645 54 44, export@tme.eu

## ELFA DISTRELEC

ПОСТАВКИ ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ  
ЗІ СКЛАДУ У ЄВРОПІ.

**ТОК ЕЛЕКТРОНІКС**  
ОФІЦІЙНИЙ ДИСТРИБ'ЮТОР В УКРАЇНІ



04080, м. Київ  
вул. Вікентія Хвойки, 18/14  
склад 10/8

e-mail:  
ula@tok-el.com  
oksana@tok-el.com

Тел. +38 066 781 66 11  
+38 093 896 40 88

## PHOENIX CONTACT

phoenixcontact.ua

ФІЛУР  
ЕЛЕКТРИК

Електронні компоненти  
Електротехнічна продукція  
Технологічне обладнання, інструмент, матеріали

1-й пов., вул. Попудренка, 22/14, м. Київ  
тел. 044 495 75 75, моб. 068 496 75 75

www.filur.net  
office@filur.net



ТОВ "ЮНІТЕСТ"  
вул. Олесь Гончара, 6  
04053, м. Київ, Україна  
тел: +38 (044) 272-60-94  
тел./факс: +38 (044) 272-60-95  
e-mail: web@unitest.com  
http://www.unitest.com

**КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ**  
АВТОРИЗОВАНИЙ ДИСТРИБ'ЮТОР В УКРАЇНІ  
продаж • навчання • сервіс



Авторизований дистриб'ютор



## TMS PROJECT

Контрактне виробництво  
Сертифіковано ISO9001  
Постачання електронних компонентів



Україна, Київ  
вул. Марії Капніст, 2а, оф. 114  
тел./факс: (044) 501-9335  
URL: www.tmsproject.com.ua  
E-mail: sales@temys.kiev.ua

## Trafaret

Полімерні трафарети для SMD монтажу

www.trafaret.net.ua  
e-mail: order@trafaret.net.ua  
тел. 063-851-12-76, 098-871-58-76

## EUROCOM COMPONENTS

дистрибуція електронних компонентів  
контрактне виробництво

08298, смт. Коцюбинське  
вул. Пономарьова, 7

www.eurocom-c.com

Тел. +38 044 33 44 575

E-mail: info@eurocom-c.com

People · Power · Partnership



HARTING  
Polska  
Sp. z o.o.

Kateryna Bodaratska  
Business Manager

ul. Duńska 11 · 54-427 Wrocław, Polska · kateryna.bodaratska@HARTING.com  
☎ +48 (71) 352 81 71 int. 9 · mobile +48 607 078 277 · www.HARTING.com

ЕЛЕКТРОНІКА • ЕЛЕКТРОТЕХНІКА • АВТОМАТИКА

## CHIP NEWS

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ  
ВИДАЄТЬСЯ З 2001 РОКУ

03061, Київ,  
просп. Відрадний, 10

(044) 490 74 99  
(044) 490 74 30  
info@chipnews.com.ua  
www.chipnews.com.ua



### РОЗМІРИ РЕКЛАМНИХ БЛОКІВ

1 сторінка (200×270 мм)\*  
 2/3 сторінки (112×240 мм)  
 1/2 сторінки (170×120/83.5×240 мм)  
 1/3 сторінки (54×240/112×120/170×80 мм)  
 1/4 сторінки (112×100 мм)  
 1/6 сторінки (54×120/112×60/127×55 мм)  
 «Візитка» (80×40 мм)

\* Для усунення неточностей при обрізанні, розмір реклами, яка подається, повинен бути 210×280 мм (дообрізний формат з урахуванням «вильотів» по 5 мм з кожного боку, які краще заповнити основним фоном реклами). Значимі символи (текст, логотип та інші елементи оформлення, які гарантовано не повинні потрапити під обрізку) не повинні підходити до краю сторінки менш ніж на 10 мм (післяобрізний формат сторінки 200×270 мм).

Редакція журналу «CHIP NEWS» приймає до розміщення тільки повнокольорові рекламні блоки, розміри яких повинні в точності відповідати розмірам, наведеним у таблиці.

**Текст реклами повинен бути виключно українською мовою.**

### ЦІНА ПЕРЕДПЛАТИ НА 2022 рік

звичайна	550 грн
для студентів і бібліотек	450 грн

\* ПДВ не обкладається.

### ПРИ ОФОРМЛЕННІ ПЕРЕДПЛАТИ НА ЖУРНАЛ ЧЕРЕЗ РЕДАКЦІЮ, ПОЧИНАЮЧИ З БУДЬ-ЯКОГО НОМЕРА, НЕОБХІДНО:

переказати на вказаний нижче розрахунковий рахунок ТОВ «Булавіа-Посад л.т.д.» суму, згідно з ціною на передплату.

Для **фізичних осіб** обов'язково передати факсом (044) 490-74-99 або на email: [peredplata@chipnews.com.ua](mailto:peredplata@chipnews.com.ua), або вислати поштою на адресу редакції заповнений талон чи копію платіжного доручення, або іншого документа, який підтверджує оплату.

Банківські реквізити:

р/р № UA403510050000026008572392300 в ПАТ «УкрСиббанк», м. Київ МФО 351005, код по ЄДРПОУ 21500793, ІПН 215007926586

Отримувач: ТОВ «Булавіа-Посад л.т.д.»

Призначення платежу: Передплата на журнал «CHIP NEWS»

Тут також вкажіть точну поштову адресу (**індекс обов'язково**), телефон, П.І.Б. особи, відповідальної за передплату.

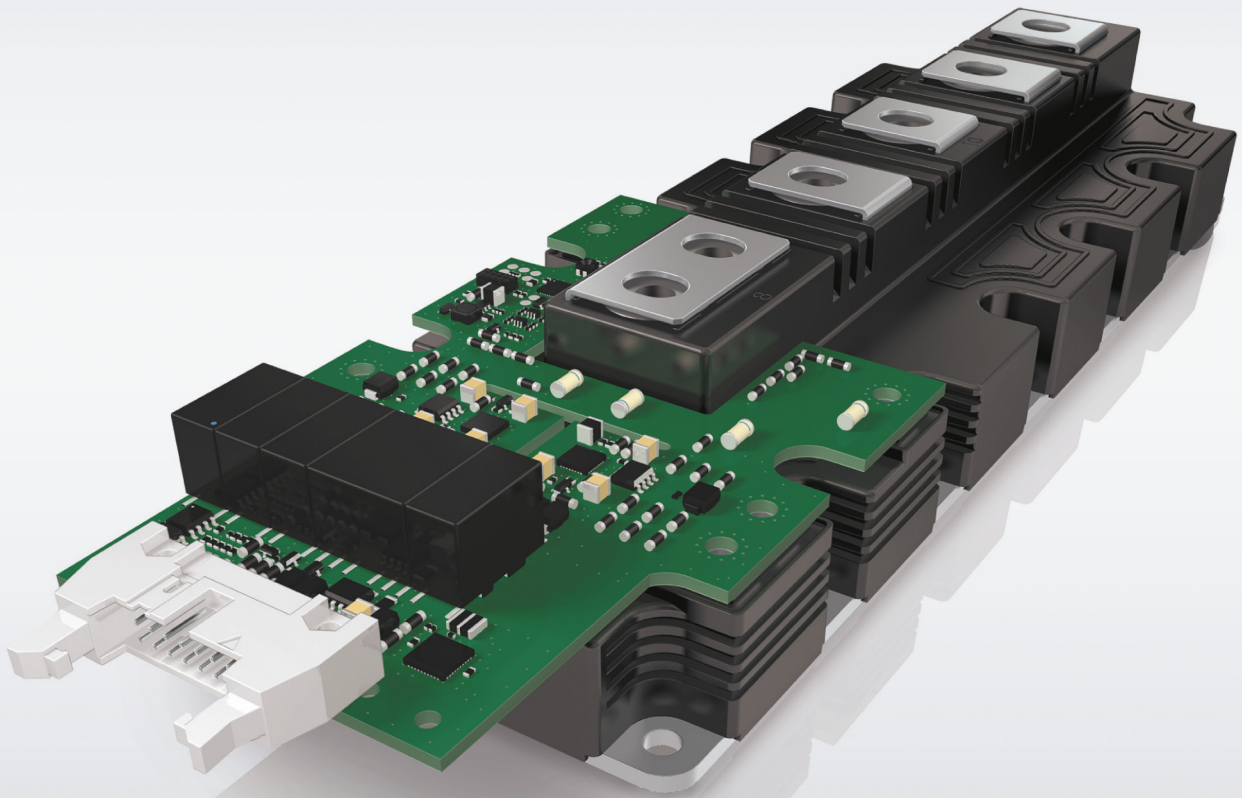
### ВИМОГИ ДО РЕКЛАМНИХ І АВТОРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ

**Рекламні матеріали** приймаються **тільки українською мовою в форматах «.eps» або «.tif» (300 dpi)**. Кольорова модель — **СМУК**. Сумарний процент фарб — не більше 300%. Якщо в форматі «.eps» є впроваджені растрові зображення, вони також повинні мати роздільну здатність 300 dpi і кольорову модель СМУК. **Всі шрифти обов'язково повинні бути переведені в криві.**

**Авторські матеріали.** Текст статті приймається в форматі «.doc» (Microsoft Word). Всі рисунки повинні бути підготовлені **тільки в форматах «.eps»**, фотографії — в форматі **«.tif» (300 dpi)**, кольорова модель — **СМУК** і надані окремими файлами. Кожний рисунок повинен мати підписуночний підпис і посилання на нього в статті. Якщо в статті є таблиці, то кожна таблиця повинна мати назву, посилання на неї в статті і надаватись в форматах «\*.doc» або «\*.xls».



# Нове покоління модулів SEMITRANS 10 і цифрових драйверів SKYPER PRIME



## Діапазон потужностей 500 кВт–1,5 МВт

Модулі IGBT в стандартному промисловому корпусі

Висока стійкість до термоцикування

Цифровий драйвер із наднизьким рівнем джиттеру та вихідним струмом 50 А

Два ізольованих канали передачі сигналів сенсорів з ШІМ-модуляцією

Волоконно-оптичний інтерфейс (опціонально)



Моторні  
приводи



Альтернативні  
джерела енергії



Перетворювачі  
потужності



Електротранспорт

[www.semikron.com](http://www.semikron.com)

[shop.semikron.com](http://shop.semikron.com)



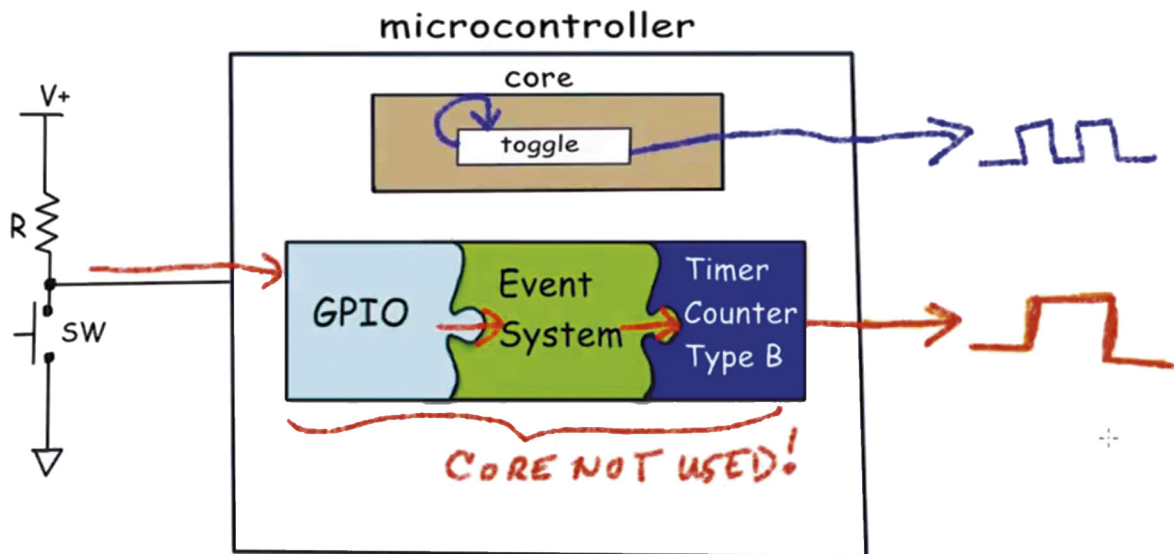
Нова концепція побудови 8-бітних мікроконтролерів від Microchip

## Розумні периферійні модулі, що взаємодіють між собою без втручання ядра

- Спрощується та прискорюється розробка нових проектів
- Зменшується розмір програмного коду
- Знижується енергоспоживання завдяки зниженню навантаження на ядро
- Сумісна робота периферії забезпечується навіть під час перебування ядра в режимі сну
- Можливість роботи системи на частоті, що перевищує тактову частоту мікроконтролера в десятки разів
- Просте налаштування за допомогою



Atmel | START



### Реалізовано в нових сімействах

- ATTINY202-214 / 402-417 / 804-817 / 1604-1617 / 3216-3217
- ATMEGA808-809 / 1608-1609 / 3208-3209 / 4808-4809
- PIC18FXXQ10 / PIC18(L)FXXK42 / PIC18(L)FXXK83 / PIC16(L)F184XX

Докладніше на [microchip.com/cip](http://microchip.com/cip)

Rainbow Technologies

[www.rainbow.com.ua](http://www.rainbow.com.ua)

04112, Україна, м. Київ, вул. Дегтярівська, 62, оф. 46

Тел./факс: +38 (044) 290-41-69, 290-41-82

[ted@rainbow.com.ua](mailto:ted@rainbow.com.ua)