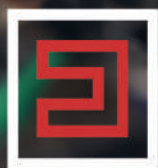


# CHIP NEWS

КОНТРАКТНЕ ВИРОБНИЦТВО ПОВНОГО ЦИКЛУ –  
ВІД РОЗРОБКИ ДО ГОТОВОГО ПРОДУКТУ



**EUROCOM  
COMPONENTS**

044 33 44 575  
[www.eurocom-c.com](http://www.eurocom-c.com)  
[info@eurocom-c.com](mailto:info@eurocom-c.com)

- Електроінструменти з БЖ і BLDC ... **стор. 12**
- Осердя з порошкових матеріалів ... **стор. 16**
- МК та СнК Geehy Semiconductor ... **стор. 21**

- Проектуємо 4-шаровий стек ДП ... **стор. 30**
- Збільшення вихідної потужності ... **стор. 32**
- NCP-3200: ДЖ та ЗП в одному ... **стор. 38**



Empowering the All Electric Society 

## Рішення для електропостачання як серце електрифікованого світу

Для реалізації візії All Electric Society важливо, щоб ключові сектори енергетики, промисловості, інфраструктури та мобільності були забезпечені електроенергією. Рішення для електропостачання від Phoenix Contact представлені в усіх секторах All Electric Society, надійно постачаючи електроенергію для застосувань у різних галузях промисловості.

Детальніше:

ТОВ "Фенікс Контакт"

<https://www.phoenixcontact.com/uk-ua/power-reliability>



№ 05 (225), 2023 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.uaРедакційна колегія:  
Войналович М. Ю., Крючатов С. Д.,  
Кунчак Н. К., Кураєв П. П.,  
Макаренко В. В., Мовчанюк А. В.,  
Першин М. О., Поліщук С. Й.,  
Рентюк В. К., Стецюк Л. В.,  
Файер О. М., Шевченко В. Л.Адреса редакції:  
03061, Київ,  
просп. Відрадний, 10E-mail: info@chipnews.com.ua  
http://www.chipnews.com.ua© «CHIP NEWS».  
Передрук матеріалів, опублікованих  
в журналі «CHIP NEWS», може бути  
здійснений тільки з письмового дозволу  
редакції. За рекламу інформацію  
редакція відповідальності не несе.

## ЗМІСТ

## НОВИНИ

Новини світу електронних компонентів. . . . . 4

## ІНОВАЦІЇ

Чи потрібен Вам центр обробки даних?  
Рішення Edge від Rittal може бути саме тим,  
що ви шукаєте . . . . . 10

## НА ДОПОМОГУ РОЗРОБНИКУ

Шиа Лін (Chia Lin), Пітер Грін (Peter Green)  
Адаптований переклад українською  
та технічне редагування: Віталій Шевченко  
Інструменти з батарейним живленням і безщітковими  
двигунами постійного струму . . . . . 12  
Артем Терейковський  
Осердя з порошкових матеріалів . . . . . 16

## МІКРОКОНТРОЛЕРИ

Антон Пащенко, Роман Боронніков  
Мікроконтролери та СпК від компанії Geehy Semiconductor . . . . . 21  
Стейан Согстед (Stian Sogstad)  
Застосування мікроконтролерів з інтелектуальною  
периферією для зменшення енергоспоживання . . . . . 26

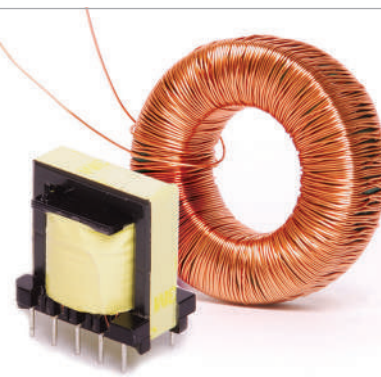
## ПРОЄКТУВАННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

Закарайа Петерсон (Zachariah Peterson)  
Адаптований переклад українською  
та технічне редагування: Олександр Соколовський  
Проектуємо в Altium Designer чотиришаровий стек  
друкованої плати з імпедансом 50 Ом . . . . . 30

## СИЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА

Бернхард Айхлер (Bernhard Eichler), Еміліано Меца (Emiliano Meza)  
Адаптований переклад українською  
та технічне редагування: Володимир Павловський  
Простий підхід до збільшення вихідної потужності  
для відновлюваних джерел енергії та електроприводів . . . . . 32

www.adcgr.com

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

Кенжі Хаторі (Kenji Hatori), Нілс Солтау (Nils Soltau),  
Ойген Штумпф (Eugen Stumpf)  
**SiC-модулі Mitsubishi Electric: новий рівень  
енергоефективності електропоїздів** ..... 36

### ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ

**NSP-3200: джерело живлення та зарядний пристрій  
в одному пристрої потужністю 3200 Вт** ..... 38

Жиган Льянг (Zhigang Liang), Ашвіні Равіндран (Ashwini Ravindran),  
Санкун Лім (Sungkeun Lim), Старрі Цай (Starry Tsai)  
**Оптимізація мобільних обчислювальних систем  
за допомогою нового зарядного пристрою для USB-C** ..... 40

Володимир Рентюк  
**Нові трифазні блоки живлення серії DRB потужністю  
120 і 240 Вт на DIN-рейку від TDK-Lambda** ..... 46

### ДРАЙВЕРИ

**Розуміння функціональної безпеки драйверів  
затвору та систем тягового інвертора** ..... 51

### ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

Адаптований переклад українською  
та технічне редагування: Віктор Бутирін  
**Випробування систем РЛС, радіоелектронної  
боротьби (РЕБ) і радіотехнічної розвідки (РТР):  
загальні проблеми випробувань.  
Рекомендації щодо застосування** ..... 54

### СИСТЕМИ ПОЗИЦІЮВАННЯ

**Точне позиціонування для автономних сервісних роботів** ..... 62

### ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

Раві Субраманіан (Ravi Subramanian)  
Адаптований переклад українською  
та технічне редагування: Роман Горелков  
**Використання можливостей Wi-Fi 6  
в епоху Інтернету речей** ..... 65

### ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ

Володимир Рентюк  
**Короткий путівник бездротовими технологіями  
«Інтернету речей». Частина 2. Близній радіус дії** ..... 68

### ПАМ'ЯТЬ

Костянтин Верхулевський  
**Пристрої компанії Foretau для зберігання  
та захисту важливої інформації** ..... 74

### МЕРЕЖІ, СИСТЕМИ, АПАРАТУРА

Фіонн Херлі (Fionn Hurley)  
**Чому 10BASE-T є каналом Ethernet, якого бракує  
для автомобільного зв'язку** ..... 80

**«CHIP NEWS»-2023 (зміст журналу за 2023 рік)** ..... 82

**ВІЗИТКИ** ..... 85

**ІНФОРМАЦІЙНА СТОРІНКА** ..... 90



# FLUX-OFF 05

Видаляч залишків флюсу для друкованих плат



- Аерозоль  
400мл

Ефективно очищає від:

- жиру
- бруду
- паяльних масел
- формувальних сумішей
- найстійкіших відкладень флюсу

# URETHANE 71

Поліуретанове вологозахисне покриття прозоре



Рідина 1/5л



Аерозоль  
400мл



Надзвичайна стійкість до:

- лугів
- розчинників
- хімічних речовин
- розведених кислот

# PLASTIC 70

Акрилове вологозахисне покриття прозоре



Рідина 1/5л



Аерозоль  
400мл



Захищає від агресивного середовища:

- солі
- вологи
- кислот
- теплового навантаження



[www.filur.net](http://www.filur.net)  
(068) 496-75-75  
e-mail: [shop@filur.net](mailto:shop@filur.net)

м. Київ, вул. Гетьмана Павла  
Полуботка, 22/14



Cleaning Solutions & Services



ВИРОБЛЕНО В НІМЕЧЧИНІ

# Новини світу електронних компонентів

## НОВИЙ СТАНДАРТ ПІДВИЩЕНОЇ БЕЗПЕКИ КОДУ В СІМЕЙСТВІ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ PIC18-Q24

Все більше і більше предметів повсякденного вжитку підключаються до хмарних технологій — від мобільних телефонів і транспортних засобів до розумних термостатів і побутової техніки. З таким зростанням зв'язку потреба у вдосконаленні заходів безпеки на рівні мікросхем, що захищають як прошивку, так і дані, є критично важливою. Для захисту від поточних і постійно виникаючих загроз безпеки компанія **Microchip Technology** випустила сімейство мікроконтролерів (MCU) PIC18-Q24.

Для протидії загрозі зловмисного перепрограмування пристрою у вбудованій системі в мікроконтролерах PIC18-Q24 реалізована функція відключення інтерфейсу програмування та налагодження (PDID). Коли ця функція увімкнена, вона блокує доступ до інтерфейсу програмування/налагодження та запобігає несанкціонованим спробам читання, модифікації або стирання прошивки.

«Безпека системи настільки сильна, наскільки сильна її найслабша ланка. Будь-який програмований компонент може бути вразливим, і дуже важливо впроваджувати розширені функції захисту, щоб запобігти потенційним зломам, — сказав Грег Робінсон, корпоративний віцепрезидент підрозділу 8-розряд-

них мікроконтролерів компанії Microchip. — Сімейство мікроконтролерів PIC18-Q24 від компанії Microchip розроблено з урахуванням передових технологій безпеки, щоб допомогти клієнтам боротися із загрозами на рівні фундаменту системи».

Оскільки багато захищених систем часто підключаються і обмінюються даними з різноманітними датчиками, мікросхемами пам'яті і процесорами, мікроконтролери PIC18-Q24 оснащені функцією багатонапругового вводу-виводу (MVIO). Ця функція усуває необхідність у зовнішніх перемикачах рівнів і дозволяє мікроконтролерам взаємодіяти з цифровими входами або виходами з різною робочою напругою. На додаток до зменшення складності плати та вартості специфікації, MVIO робить мікроконтролери PIC18-Q24 особливо придатними для використання як процесори керування системою, виконуючи функції моніторингу та телеметрії для більшого процесора. Ці, здавалося б, рутинні завдання, як правило, є найбільш вразливими для потенційних хакерів, які намагаються отримати доступ до вбудованих систем.

Сімейство PIC18-Q24 також має можливість використовувати незмінний завантажувач для додатків, які потребують безпечного способу оновлення мікропрограми.

МК PIC18-Q24 повністю підтримуються комплексною екосистемою розробки Microchip і призначені для інтеграції з MPLAB® Code Configurator (MCC). Eva-

luation Kit PIC18F56Q24 Curiosity Nano (EV01E86A) пропонує повну підтримку для проектування з використанням сімейства PIC18-Q24. Ці функції координують безперебійну розробку вбудовуваних систем і скорочують час виходу на ринок.

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

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ МОНТАЖУ У ВЕЛИКОСЕРІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Ринки E-Mobility, раціонального природокористування та центрів обробки даних потребують продуктів, які сприяють великосерійному виробництву. Для кращої автоматизації процесу встановлення часто використовують клеми Press-Fit, оскільки вони пропонують рішення для монтажу силових модулів на друковану плату без припою. Компанія **Microchip Technology** оголосила про те, що її розширений асортимент силових модулів SPIF і SP3F тепер доступний з клемами Press-Fit для масового виробництва.

Безприпойні клеми силових модулів Press-Fit дозволяють використовувати автоматизовану або роботизовану установку, що спрощує і прискорює процес складання, знижуючи виробничі витрати. Висока точність розташування клем і нова конструкція контактів Press-Fit в модулях живлення SPIF і SP3F забезпечує високонадійний контакт з друкованою платою. Загалом, рішення з

використанням модулів живлення Press-Fit може заощадити дорожочинний час і виробничі витрати. У портфоліо модулів живлення SPIF і SP3F від Microchip доступно понад 200 варіантів, з можливістю використання технології mSiC™ або напівпровідників Si, а також різноманітних топологій і номіналів. Модулі SPIF і SP3F пропонуються в діапазоні напруг 600–1700 В і струмом до 280 А.

Завдяки технології Press-Fit виводи модуля живлення не припаюються до друкованої плати. Замість цього електричне з'єднання здійснюється шляхом вдавлення контактів в отвори друкованої плати відповідного розміру. Ключова перевага рішення з силовими модулями Press-Fit полягає в тому, що воно усуває необхідність хвильової пайки. Це особливо важливо, коли друкована плата також містить компоненти для поверхневого монтажу (SMT).

«Наші модулі живлення з клемами Press-Fit пропонують клієнтам гнучкість для повної кастомізації дизайну і є економічно ефективними рішеннями для великосерійного виробництва, — сказав Леон Гросс (Leon Gross), віцепрезидент групи дискретних продуктів компанії Microchip. — Цей тип блоків живлення plug-and-play також забезпечує високонадійне монтажне рішення для автоматизованого або роботизованого складання».

Модулі живлення SPIF і SP3F, що легко конфігуруються, повністю відповідають вимогам Директиви про обмеження використання небезпечних речовин (RoHS).

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

## НОВА СЕРІЯ VFD ВІД MEANWELL

Розуміючи важливість викликів, що їх ставить глобальне потепління і зміни клімату, бізнес і уряди країн приділяють максимум уваги заощадженню електроенергії і показником чистих викидів. За статистикою Міжнародного енергетичного агентства (IEA), глобальна частка використання електрики та енергії в обладнанні, пов'язаному з електродвигунами, становить до 46%, що вище, ніж

[www.chipnews.com.ua](http://www.chipnews.com.ua)

**ТОБ «НВП АСТЕРА»**

ВН

MICROMETALS  
POWER CORE SOLUTIONS

EPCOS

TDK

FERROXCUBE  
A TAIYO COMPANY

IFCores

**ОСЕРДЯ, ФУРНІТУРА, МОТОЧНІ ВИРОБИ  
ВИМІРЮВАЛЬНІ ТРАНСФОРМАТОРИ СТРУМУ**

**ТОБ «НВП АСТЕРА»**  
61072, Харків, вул.Тобольська, 42 оф. 222, 223  
+38 (057) 757-2859, 728-1808, (050) 323-3763,  
(067) 575-4440, (068) 616-7777

ferrite@ukr.net  
ferrite.ua@gmail.com  
www.ferrite.com.ua

в освітленні — 19%. Це свідчить про те, що міжнародні стандарти з енергозбереження для електродвигунів набули значного визнання. Порівняно з традиційними індукційними двигунами, безщіткові двигуни постійного струму (Brushless DC Motors, BLDC) мають переваги, а саме висока ефективність, невеликі розміри, легкість, тривалий термін служби, тиха робота та легке керування. Завдяки можливості контролю змінної частоти, вони швидко набувають популярність серед виробників і замінюють традиційні двигуни через свої оптимальні енергозберігаючі властивості.

Як активний промоутер стандартів в сфері енергозбереження компанія **MEAN WELL** постійно досліджує і пропонує ринку технологічні інновації. Нова лінійка продуктів, драйвери перемінної частоти для промислових безщіткових двигунів постійного струму серії VFD, — це результат трирічних досліджень і випробувань. Серія включає 8 моделей, що охоплюють діапазон постійних і змінних вхідних напруг, а також 2 типи плат та формати закритого напівклейованого корпусу. Пристрої серії мають функцію компенсації кое-

фіцієнту потужності (тільки моделі змінного струму) в діапазоні від 150 до 750 Вт, а також стандартні сигнали керування та сенсорів, завдяки чому пристрій дозволяє гнучко налаштувати швидкість та гальмування двигуна, а також програмувати зовнішньою контрольною картою.

Всі моделі серії VFD працюють безшумно з ефективністю до 93% завдяки безвентиляторній системі охолодження. Моделі підтримують піковий струм до 200% та оснащені вбудованими комплексними функціями захисту, які відповідають міжнародним стандартам безпеки, таким як IEC/EN61800-5-1, і стандартам електромагнітної сумісності IEC/EN61800-3. Контролери підходять для термінальних систем, продуктів, які використовують безщіткові двигуни постійного струму (BLDC), включаючи вентилятори, системи кондиціонування повітря, системи витяжки, насоси для води, транспортні засоби з автоматичним керуванням, електроінструменти, автоматичні двері, механічне обладнання, медичні пристрої та інше.

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

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ЗАРЯДНИЙ ПРИСТРІЙ

Серія NPB-450 від компанії **MEAN WELL** має ультраширокий діапазон напруги стандарту «2x», можливість одному пристрою заряджати кілька типів акумуляторів (ексклюзивна запатентована інтелектуальна зарядка з визначенням напруги), гнучкі параметри заряджання, які визначаються користувачем, міжнародні сертифікати та високу надійність, що робить їх чудовим універсальним інтелектуальним зарядним пристроєм. З моменту старту їх виробництва 2 роки тому, вони отримали широке розповсюдження і гарні відгуки від клієнтів. Але щоб зробити налаштування параметрів зарядки більш зручним і швидким, **MEAN WELL** розробив нову серію NPB-450-NFC, яка оснащена технологією бездротового зв'язку малого радіуса дії NFC.

NPB-450-NFC — це розширена серія на основі оригінального NPB-450, що зберігає більшість своїх функцій; основна відмінність полягає в простішому і швидкому способі налаштування параметрів зарядки. За

допомогою застосунку «MEAN WELL» на смартфоні, користувачі можуть зручно налаштувати параметри заряджання, незалежно від того, живиться зарядний пристрій від мережі змінного струму чи ні.

На відміну від NPB-450, для конфігурації якого потрібне підключення до комп'ютера через програматор SBP-001, модель з NFC має простий і зручний спосіб налаштування. Новинка позбавляє необхідності купувати додатковий програматор SBP-001 і виключає використання будь-яких комунікаційних кабелів, значно підвищуючи зручність використання та знижуючи витрати.

Крім того, цей продукт пройшов сертифікацію з інформаційної безпеки IEC/EN/UL62368-1, що гарантує їх безпечне використання та робить його економично ефективним рішенням і універсальним пристроєм для зарядки електромобілів, самокатів, скутерів, моноколів, роботів, портативної техніки, дронів, переносних прожекторів, аудіоколонок та іншого обладнання з акумуляторним живленням.

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

# ПАЯЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ, ІНСТРУМЕНТИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПАЯННЯ



Системи димовидалення



Газові паяльники з кремнієвим та п'єзопідпалом



Радіомонтажний інструмент



Підігрівачі плат, мінітігелі, штативи для плат та інше



Припої для свинцевої або безсвинцевої пайки, паяльні пасти, флюси, флюс-гелі для пайки BGA-мікросхем, активатор для жал, захисна маска, губки для очищення жал, плетінка мідна для видалення припою



Паяльні станції, ремонтні станції, станції пайки гарячим повітрям



portasol

SOLOMON

Weller®

Erem®



ІННОВАЦІЇ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ



Україна, 02094, м. Київ, вул. Краківська, 13-Б  
тел./факс: +38 044 330-00-88  
info@sea.com.ua, www.sea.com.ua



**TIME-SENSITIVE NETWORKING (TSN) ЯК РУШІЙ ДЛЯ ШІ**

Компанія **Phoenix Contact** вперше представила інтегровану систему TSN, що складається з контролера і керованих комутаторів для Profinet. Система TSN дає змогу реалізувати конвергентні мережі інформаційних технологій/операційних технологій, зокрема й для таких сфер застосування ШІ, як машинне навчання.

Сьогодні системи інформаційних технологій і операційних технологій часто реалізуються в окремих мережах, щоб не перевантажувати їх і забезпечити критично важливий зв'язок у режимі реального часу. Конвергентна мережа, яка однаково використовується як системами інформаційних технологій, так і системами операційних технологій, має великий, здебільшого невикористаний потенціал. Конвергентна мережа особливо корисна для додатків ШІ, таких як оптичне виявлення аномалій: великі обсяги даних мають передаватися з поля до ШІ, а результат роботи ШІ впливає на процес, яким потрібно керувати в режимі реального часу. Високоточна синхронізація часу необхідна для обробки й оцінювання розподілених даних із поля. Технологія TSN забезпечує цю мережеву конвергенцію за допомогою різних інструментів. Щоб використати вищезгаданий потенціал, Phoenix Contact представляє систему TSN на базі контролера на основі технології PLCnext Technology і керованих комутаторів. Як протокол реального часу використовується Profinet. Керовані комутатори

тепер також доступні у версіях з оптоволоконним з'єднанням.

Всі пристрої підтримують такі функції TSN, як Quality-of-Service (якість обслуговування), пріоритет, точна синхронізація часу з PTP і синхронний зв'язок. Це дає змогу використовувати переваги TSN в середовищі Profinet без зміни вигляду програми. Наявні пристрої Profinet також можна використовувати без змін.

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

**КЛЕМА ДЛЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ ДЛЯ SINGLE PAIR ETHERNET**

Single Pair Ethernet (SPE) пропонує потужну технологію для реалізації систем Industrie 4.0 та промислового Інтернету речей. Клеми для друкованих плат серії Combicon від **Phoenix Contact** забезпечують оптимальну технологію з'єднання.

Об'єднання розумних пристроїв у мережі продовжує розвиватися. Особливо це стосується датчиків, які часто зазнають підвищеного впливу умов навколишнього середовища під час використання на польовому рівні. На додаток до можливості інтеграції IP-захисного з'єднувача на таких польових пристроях, існує також можливість використання кабельного вводу для створення необхідного ступеня захисту IP. У пристроях можна використовувати перевірені та придатні для передачі даних SPE клеми для друкованої плати. Це дає багато переваг. З одного боку, виробник пристрою може вільно визначити положення малих клем SPE на друкованій платі відповідно до своїх потреб. Мон-

тажники на місці також користуються перевагами від знайомої технології гвинтового з'єднання або технології з'єднання Push-in. Завдяки чіткому кольоровому маркуванню та інтуїтивно зрозумілому використанню, можна легко з'єднувати сині та білі жили кабелю SPE.

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

**ПІДГОТОВЛЕНІ МОНТАЖНІ КАБЕЛІ IPD**

Система монтажу IPD від **Phoenix Contact** є повністю змінною й дає змогу підключати 3-і 5-полюсні кабелі. Push-Lock як технологія з'єднання без використання інструментів забезпечує швидкий монтаж гнучких і одножильних провідників із поперечним перерізом від 0.5 до 2.5 мм<sup>2</sup>.

З'єднувачі IPD оснащені швидкою системою фіксації, тому з ними легко працювати навіть у складних умовах монтажу. Вставне положення фіксується чітко й надійно завдяки механічному кодуванню для запобігання неправильному встановленню й захисту від дотику відповідно до DIN EN 0105. Завдяки ударостійкості IK07 та ступеню захисту IP66/IP68/IP69 встановлення також особливо міцне й безпечне, а також захищене від води та пилу. Це забезпечує особливу надійність системи навіть на відкритому повітрі та у вологих приміщеннях.

Підготовлені кабельні модулі IPD передусім спрощують монтаж і пришвидшують введення в експлуатацію у великих проєктах з прокладання кабельних з'єднань. Phoenix Contact пропонує з'єднувальні кабелі та кабелі керування з ПВХ у чотирьох різ-

них варіантах довжини 0.5, 1, 3 і 5 м зі штекером або муфтою та вільним кінцем кабелю або зі штекером на муфту. За запитом можна також виготовити вироби нестандартної довжини.

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

**КОМПАКТНИЙ І УНІВЕРСАЛЬНИЙ РОЗПОДІЛ СИГНАЛУ**

Нові вставні клемні блоки РТ 2.5-2МТВ від **Phoenix Contact** мають дві зони роз'єднання. У поєднанні з трьома подвійними функціональними шахтами вони пропонують широкий спектр застосувань для розподілу на невеликій площі. Як порівняти зі стандартною роз'єднувальною клемою, компактна РТ 2.5-2МТВ зменшує довжину клемної колодки вдвічі.

Нова клема з ножовими розмикачем використовується переважно у вітроенергетичних установках, у виробництві розподільчих пристроїв, у технологіях виробничих процесів або в машинобудуванні для складних завдань сигналізації. Наразі вона обслуговує діапазон поперечно-го перерізу від 0.14 до 4.0 мм<sup>2</sup>. Завдяки зонам роз'єднання можна виконувати кілька завдань з'єднання і тестування в одному клемному блоці. Крім того, кожен клемний блок має власне тестове гніздо. Хороший огляд забезпечують кольорові роз'єднувальні ножі й натискні елементи.

Також доступна клема з розмикачем РТ 2.5-2ТГВ, яка підходить до клеми з ножовими розмикачем для використання зі змінними запобіжниками та змінними штекерами пристроїв. Цей

## MAXTENA

**M7HCT-A-SMA**



- Active quadrifilar helix antenna for RTK applications
- Concurrent GNSS reception on L1: GPS, GLONASS, Galileo, Beidou L2: GPS L2C, GAL E5B, GLO L3OC L5: GPS (M8HCT-A-SMA) L-Band (M9HCT-A-SMA)
- Rugged IP-67 rating with SMA
- Dimensions (mm) Ø 35 x H 57

**MAXTENA MPA-254-WIFI**



**M1575HCT-22P-SMA (GG)**



- I High performance passive GPS or GPS/GLO antenna
- Very low axial ratio
- IP-67 mounted and unmounted
- Ultra light weight - 10 grams
- Ground plane independent
- Dimensions (mm) Ø 18.5 x H 38
- SMA connector
- Internal version available: Ø 12.85 x H 24.30, only 2g weight

**MAXTENA MEA-2400-UWB-SM**



**M1575HCT-22P-SMA (GG)**



- I High performance passive GPS or GPS/GLO antenna
- Very low axial ratio
- IP-67 mounted and unmounted
- Ultra light weight - 10 grams
- Ground plane independent
- Dimensions (mm) Ø 18.5 x H 38
- SMA connector
- Internal version available: Ø 12.85 x H 24.30, only 2g weight

**MAXTENA MEA-2400-MM**



[WWW.MICRODIS.NET](http://WWW.MICRODIS.NET)
Роман Прокопеч – менеджер з продажу (067) 475-81-86
[Roman.Prokopets@microdis.net](mailto:Roman.Prokopets@microdis.net)

клемний блок також має дві зони розділення.

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

## ПК ДЛЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗІ ШІ

Компанія **Advantech** представила нові комп'ютери для залізничних додатків — ІТА-510NX та ІТА-560NX.

Advantech застосувала весь свій досвід проектування промислових систем штучного інтелекту (ШІ) для залізничного транспорту і граничних систем, щоб задовольнити потреби розробників рішень для залізничного транспорту. Відповідно, ІТА-510NX і ІТА-560NX стануть одними з перших систем на базі Jetson Orin NX, сумісних із залізничною галуззю і призначених для застосування на залізничних коліях і рухомому складі, наприклад, для автоматичного керування рухом поїздів, підрахунку людей, виявлення рухомих перешкод, інтелектуальної діагностики та предикативного обслуговування сигналів, джерел живлення, залізничних колій і рухомого складу.

Комп'ютери ІТА510NX і ІТА-560NX відповідають стандартам залізничної галузі, включно з EN 50155 і протипожежним стандартом EN 45545-2. Вони можуть бути налаштовані з широким діапазоном вхідного живлення від DC 24 до 110 вольт і пропонують 19-дюймові стійкові системи для різних типів поїздів, як-от високошвидкісні поїзди, поїзди метро, трамваї тощо. З платформою NVIDIA Jetson edge AI стають можливими автономні рішення і діагностика в реальному часі для автономного водіння, інтелектуального моніторингу, рішень з розпізнавання об'єктів і образів. Модулі Jetson Orin NX забезпечують до 100 TOPS продуктивності штучного інтелекту, що втричі вище за продуктивність модуля NVIDIA Jetson AGX Xavier і в п'ять разів вище за продуктивність Jetson Xavier NX.

У стандартних конфігураціях ІТА-510NX і ІТА-560NX мають один CAN, один COM, два USB, цифрові входи/виходи, один HDMI і чотири Ethernet-інтерфейси. Залізничні комп'ютери ІТА-510NX і ІТА-560NX оснащені двома інтерфейсами M.2, які можуть бути використані для додаткових

можливостей GNSS, LTE/5G і Wi-Fi за допомогою додаткових модулів. У них додано підтримку різних периферійних пристроїв, що дає змогу налаштувати модулі вводу/виводу та модулі зв'язку з поїзною мережею через інтерфейс Mini PCIe, як-от послідовний інтерфейс, CAN, ProfiNET, TCN або MVB. Опціонально інтерфейс M.2 дає змогу розширити обсяг флеш-пам'яті з 32 до 512 ГБ для збільшення простору зберігання даних.

ІТА-510NX і ІТА-560NX отримують комплект розроблення NVIDIA JetPack™ 5.X з операційною системою Ubuntu 20.04 Linux з оновленими пакетами CUDA 11.4, TensorRT 8.4.1 і cuDNN 8.4.1 для глибокого навчання, машинного зору та обчислень із GPU-прискоренням. Крім того, Advantech попередньо інтегрує драйвери для периферійних пристроїв і модулів бездротового зв'язку в пакети підтримки плат. Ключовою перевагою є надання повноцінного середовища розробки з численними бібліотеками та драйверами для тестування модулів Jetson і Advantech. Це дасть змогу скоротити час виведення на ринок рішень залізнич-

ного ШІ, а розробники зможуть спиратися на реалізацію наявних сценаріїв застосування замість того, щоб починати з нуля.

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

## РОЗШИРЕННЯ СЕРІЇ БЕЗВЕНТИЛЯТОРНИХ МОДУЛЬНИХ БУДОВАНИХ СИСТЕМ

Компанія **Advantech** повідомила про випуск MIC-770 V3 — нового покоління компактної безвентиляторної системи серії MIC-7, що отримала широке визнання.

MIC-770 V3, оснащений сучасним процесором 12-го/13-го покоління Intel® Core™ і з роз'ємом LGA1700 і чіпсетом Intel® R680E / H610E, забезпечує виняткову обчислювальну продуктивність, широкий набір інтерфейсів вводу/виводу і гнучкі можливості розширення за рахунок інтеграції i-Modules і технології iDoor. Крім того, MIC-770 V3 підтримує технологію EdgeSync 360, що дає змогу здійснювати віддалене керування для моніторингу стану та виявлення



**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**

аномалій у режимі реального часу. Завдяки своїм розширеним можливостям MIC-770 V3 слугує надійним шлюзом даних або промисловим контролером для різноманітних застосувань інтелектуального аналізу на кордоні та AIoT.

MIC-770 V3 — це безвентиляторна система, оснащена новітнім процесором Intel® Core i 12-го/13-го покоління з сокетом, що забезпечує виняткові обчислювальні можливості та широкі можливості розширення. MIC-770 V3 має до 16 ядер і 24 потоків, що дає змогу підвищити продуктивність процесора на понад 40% порівняно з його попередником. Ця система, оснащена процесором Intel® R680E PCN, підтримує двоканальну пам'ять DDR5-4800 ECC, пропонує до чотирьох незалежних дисплеїв і забезпечує зберігання даних 1 x NVMe PCIe x4 M.2. Конструкція процесора з роз'ємами дає змогу замовникам вибрати ідеальний процесор, що відповідає їхнім специфічним вимогам до продуктивності, забезпечує простоту встановлення та надійність роботи в різних сценаріях промислового застосування. Міцна конструкція MIC-770 V3 підтримує широкий діапазон робочих температур (-20~60 °C) і широкий діапазон вхідної напруги (9~36 В постійного струму), що робить його дуже придатним для розгортання навіть у найскладніших умовах.

Для задоволення різноманітних вимог MIC-770 V3 має широкі можливості вбудованого вводу/виводу. До їх числа входять 2 інтерфейси GigaLAN, 2 інтерфейси USB 3.2 (Gen2), 6 інтерфейсів USB 3.2 (Gen1), 2 інтерфейси RS-232/422/485, а також підтримка до 4-х незалежних дисплеїв. Крім

того, система має розширену функціональність завдяки можливостям розширення Flex I/O, iDoor і i-Module від Advantech.

Advantech пропонує низку варіантів i-Module, що забезпечують потужні можливості розширення, включно з 1-, 2-, 4-слотовими модулями, модулями зберігання даних або модулями розширення GPU. Така гнучкість дає змогу замовникам реалізувати свої специфічні потреби, чи то додання додаткових карт, збільшення обсягу пам'яті, чи то підвищення обчислювальної потужності. Поєднання MIC-770 V3 з i-модулями дає змогу забезпечити виняткову продуктивність для високошвидкісного опрацювання даних, виводів ШІ, глибокого навчання та інших ресурсномістких застосунків.

Модульна конструкція MIC-770 V3 забезпечує замовникам гнучкість і зручність. Вона скорочує час складання на виробничій лінії, знижує витрати на обслуговування в польових умовах і підвищує ефективність роботи. Крім того, система забезпечує надійність у різних додатках, задовольняючи специфічні вимоги до використання.

MIC-770 V3 повністю сумісний з EdgeSync 360 — програмним рішенням, що полегшує віддалене керування пристроями для різних промислових застосувань. Завдяки використанню EdgeSync 360 MIC-770 V3 забезпечує комплексний доступ, конфігурацію, моніторинг, аналіз і управління всіма пристроями мережі IoT. Це усуває необхідність у обслуговуванні на об'єкті, скорочує час простою системи та експлуатаційні витрати. Інтеграція особливо корисна для таких галузей, як безперервне виробництво і граничні обчислення на

основі штучного інтелекту, де перебої в роботі систем можуть призвести до значних простоїв і зниження продуктивності. Це робить її ідеальним рішенням для впровадження і розширення додатків AIoT, що пропонує практичний і орієнтований на застосування підхід для задоволення специфічних галузевих потреб.

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

### ВСТАНОВЛЕНО НОВИЙ РЕКОРД ГЕНЕРАЦІЇ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ

У Великій Британії зафіксували новий рекорд із вироблення вітрової енергії. За даними Національного оператора електроенергетичної системи, він становив 21.8 ГВт за півгодини і був встановлений 21 грудня між 8:00 і 8:30. Протягом цього часу енергія вітру забезпечувала 56% всієї потреби країни в електроенергії. Тим самим було побито попередній рекорд у 21.6 ГВт, встановлений 10 січня 2023 року.

Ймовірно, рекорд пов'язаний зі штормом «Пія», який приніс сильний вітер, повалив дерева і спричинив відключення електрики в десятках тисяч будинків. Через негоду на північному сході Англії 40 тис. домогосподарств залишилися без електрики.

Виконавчий директор некомерційної асоціації з торгівлі поновлюваними джерелами енергії RenewableUK Ден МакГрейл висловив надію на тісну співпрацю галузі поновлюваних джерел енергії з урядом у новому році. Він закликав уряд встановити амбітні параметри для наступного аукціону за новими проєктами чистої енергії найближчим літом, щоб залучити максимальну кіль-

кість інвестицій і досягти нульового викиду вуглецю.

МакГрейл також наголосив, що це дасть змогу знизити вартість електроенергії для всіх і створити нові робочі місця в секторі відновлюваних джерел енергії.

<https://electrek.co/>

### НОВА ПОТЕНЦІЙНО РЕВОЛЮЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ У КЕРАМІЦІ!

Скло і кераміка: ці два матеріали є ключовими компонентами нової системи зберігання даних, представленої німецькою компанією Cerabyte. Крім того, що пристрій об'єднує величезну ємність, він, як стверджується, є екологічно чистим і, насамперед, стійким. За прогнозами компанії, термін його служби становитиме 5000 років. В епоху Великих Данних генеруються величезні обсяги даних, щоб задовольнити нашу ненаситну спрагу до інформації. Цей вибух даних означає, що необхідно ефективно зберігати астрономічні обсяги інформації. Саме на цьому тлі Cerabyte, німецький стартап, представляє своє революційне рішення для зберігання даних. Система, яка поки що перебуває на стадії прототипу, заснована на архітектурі зі скла і кераміки. Cerabyte описує її як «ідеальне рішення для більш ніж 70% даних, що зберігаються в центрах обробки даних». Компанія має на увазі, зокрема, дані, які ніколи не використовуються, але, тим не менш, зберігаються десятиліттями на носіях, що постійно споживають енергію. Ба більше, через короткий термін служби ці носії доводиться часто замінювати. У недавньому відеоролику, що демонструє прототип, компанія показала, що її технологія працює. Тепер вона планує випустити картриджі, здатні зберігати до 10 000 терабіт даних до 2030 року. Cerabyte також стверджує, що її пристрій зберігання має безпрецедентний термін служби і здатний зберігати дані протягом 5000 років. У світі, де довговічність носіїв інформації постійно ставиться під сумнів, це справжнє досягнення.

Прототип системи Cerabyte складається з однієї стійки читання-запису. Це пристрій, який може як записувати дані на носій, так і зчитувати їх згодом. Крім того, система містить кілька кар-

# K206

## Електронні компоненти

Все для виробництва та ремонту зі складу та на замовлення

www.k206.net

+38 096 77-99-665





триджів для зберігання даних у стійких, що утворюють свого роду роботизовану бібліотеку. Ця бібліотека оснащена автоматичним механізмом, який переміщує картриджі в стійку читання/запису, щоб їх можна було прочитати або отримати нові дані. Коли картридж переміщується в стійку читання-запису, він відкривається, щоб оголити носій. Під час запису даних — процесу запису інформації — система використовує мільйони лазерних променів для створення нанометричних візерунків на носії. Структура написів нагадує QR-код, але, звісно, в набагато меншому масштабі. Цифровий мікродзеркальний пристрій налаштовує лазерні промені з граничною точністю. Візерунки виходять шляхом формування невеликих отворів у поверхні керамічного шару. Вигравіруваний малюнок являє собою дані в двійковому форматі. Після запису носій інформації перевіряється мікроскопічною камерою в міру його повернення у вихідне положення, забезпечуючи точність запису. Після перевірки даних носій поміщається назад у картридж і повертається в роботизовану бібліотеку для зберігання.

Кожен картридж розміром з долоню складається зі скляної основи, вкритої керамічними наночастинами. Цей унікальний склад надає технології виняткової стійкості до екстремальних умов. Зокрема, система здатна витримувати температури від  $-273$  до  $+300$  °C, а також різкі та значні зміни температури. Така стійкість робить технологію Cerabyte ідеальним кандидатом для довгострокового зберігання даних, передбачуваної термін служби яких становить понад 5 000 років. Крім тривалого терміну служби, цей продукт вирізняється зниженим впливом на навколишнє середовище. Він обіцяє скоротити викиди CO<sub>2</sub> на 99% порівняно зі звичайними хмарними сховищами даних, пропонуючи екологічнішу альтернативу наявним системам зберігання. З економічної точки зору Cerabyte дає змогу скоротити загальні витрати центру обробки даних на 75%. Довговічність, низька вартість і низький вуглецевий слід — все це свідчить про те, що технологія Cerabyte стане справжньою революцією в галузі зберігання даних.

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

## НАЙМІНІАТЮРНІШІ В ГАЛУЗІ МОДУЛІ ПОНИЖУВАЛЬНИХ РЕГУЛЯТОРІВ

Компанія **Vishay Intertechnology** оголосила про випуск нових 6-, 20- і 25-амперних модулів синхронних понижувальних регуляторів сімейства microBRICK, призначених для підвищення густини потужності та ефективності перетворювачів, локалізованих до навантаження. Модулі SiC931, SiC951 і SiC967, які випускає підрозділ Vishay Siliconix у корпусі розміром 10.6 мм × 6.5 мм × 3 мм, є найменшими пристроями такого типу на ринку і розраховані на широкий діапазон вхідних напруг від 4.5 до 60 В.

Випущені модулі регуляторів на 69% менші за інші рішення і містять по два високоефективні MOSFET, дросель і контролер, водночас кількість зовнішніх компонентів, необхідних для задавання конфігурації та стабілізації контуру регулювання, мінімальна. Компактні розміри пристроїв значно підвищують густину потужності, а високий рівень інтеграції знижує складність конструкції та

час виведення продукту на ринок. Контролери регуляторів споживають мінімальний струм спокою, забезпечуючи піковий ККД до 97%. У центрах обробки даних, телекомунікаційній інфраструктурі та промислових додатках регулятори microBRICK допоможуть знизити енергоспоживання завдяки більш високому ККД джерел живлення ПЛІС, спеціалізованих мікросхем і ядер СпК.

Завдяки широким можливостям конфігурування в регуляторах поєднуються великий діапазон вхідних напруг зі здатністю стабілізувати вихідні напруги від 0.3 В. Крім того, SiC931 має чотири програмовані частоти перемикання: 600 кГц, 1 МГц, 1.5 МГц і 2 МГц, а SiC967 і SiC951 дають змогу регулювати частоту перемикання в діапазонах від 100 кГц до 2 МГц і від 300 кГц до 1.5 МГц, відповідно. Усі три пристрої мають регульований обмежувач струму, SiC931 містить регульований ланцюг плавного запуску, а сумісний з PMBus 1.3 SiC951 підтримує керування послідовністю подачі живлення, стежить за режимом і синхронну роботу декількох регуляторів.

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

# ПРОДАМ

## матеріали Rogers

### зі складу або на замовлення

**ЄВРОКОНТАКТ**

[www.eurocontact.kiev.ua](http://www.eurocontact.kiev.ua)

т/ф +380 44 500 7991

[info@eurocontact.kiev](mailto:info@eurocontact.kiev)

**ЄВРОКОНТАКТ**

[www.eurocontact.kiev.ua](http://www.eurocontact.kiev.ua)

т/ф +380 44 500 7991

[info@eurocontact.kiev.ua](mailto:info@eurocontact.kiev.ua)

# Чи потрібен Вам центр обробки даних?

## Рішення Edge від Rittal може бути саме тим, що ви шукаєте

**В епоху цифрових технологій підприємства генерують і обробляють величезні обсяги даних, як ніколи раніше. Цей інформаційний ландшафт призвів до зростання попиту на ефективні та надійні центри обробки даних для зберігання, обробки та аналізу цієї інформації.**

Однак традиційні центри обробки даних не завжди є ідеальним рішенням для певних застосувань і галузей. Рішення Edge від Rittal пропонує привабливу альтернативу для тих, хто шукає центр обробки даних, здатний задовольнити специфічні потреби з високою продуктивністю та гнучкістю. У цій статті ми розглянемо переваги рішення Rittal's Edge і те, чому воно може стати ідеальним рішенням для зберігання та захисту даних.

### ІНТЕРФЕЙСИ ДЛЯ ВСІХ ДАТЧИКІВ, МАШИН І ПРИСТРОЇВ

Однією з ключових переваг рішення Rittal Edge є його здатність безперешкодно взаємодіяти з різними датчиками, машинами та пристроями. У промисловому середовищі, де численні взаємопов'язані системи працюють злагоджено, наявність центру обробки даних, який може з'єднатися з різноманітним обладнанням, має вирішальне значення. IT-рішення Rittal пропонують комплексну сумісність, що дозволяє підприємствам ефективно централізувати дані з різних джерел.

### НИЗЬКА ЗАТРИМКА ВХІДНОГО СИГНАЛУ В КРИТИЧНО ВАЖЛИВИХ ДОДАТКАХ

Для додатків, які вимагають обробки в режимі реального часу та низької затримки, традиційних хмарних дата-центрів може бути недостатньо. Рішення Edge від Rittal наближає центр обробки даних до точки генерації да-

них, зменшуючи затримки та забезпечуючи швидший час відгуку. Це особливо цінно в таких критично важливих сферах, як промислова автоматизація, автономні транспортні засоби та віддалена охорона здоров'я, де рішення, що приймаються за частки секунди, можуть мати велике значення.

### ЗБІР ТА АНАЛІЗ НЕСТРУКТУРОВАНІХ ДАНИХ

Ландшафт даних стрімко розвивається, щодня генерується все більший обсяг неструктурованих даних. Надсилання всіх цих даних у хмару для аналізу може бути дорогим і неефективним. Рішення Edge від Rittal має можливість збирати та аналізувати неструктуровані дані на місці, уникаючи непотрібної передачі великих обсягів даних у хмару. Це гарантує, що в хмару надсилаються лише релевантні та цінні відомості, оптимізуючи обробку даних та витрати.

### ВЗАЄМОДІЯ З ІНШИМИ ПЕРИФЕРІЙНИМИ ЦЕНТРАМИ ОБРОБКИ ДАНИХ І ХМАРНИМИ СЕРВІСАМИ

Рішення Edge від Rittal розроблено з урахуванням гнучкості, що дозволяє безперешкодно взаємодіяти з іншими периферійними центрами обробки даних і хмарними сервісами. Така інтеграція дозволяє підприємствам створювати гібридні IT-середовища, збалансовуючи розподіл навантаження між локальними периферійними центрами обробки да-

них і хмарними сервісами. Універсальність рішення Edge від Rittal дозволяє підприємствам адаптуватися до мінливих вимог та ефективно масштабувати свої операції з даними.

### ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОХОЛОДЖЕННЯ

Центри обробки даних, незалежно від їх розміру та розташування, потребують ефективних рішень для охолодження, щоб забезпечити оптимальну продуктивність та довговічність обладнання. Рішення Edge від Rittal оснащене інноваційною технологією охолодження, яка компактно та ефективно підтримує ідеальну робочу температуру. Це не тільки підвищує надійність критично важливих систем, але й знижує енергоспоживання та експлуатаційні витрати.

### ВИСНОВОК

Завдяки зручному інтерфейсу, низькій затримці, ефективному аналізу даних та інноваційній технології охолодження рішення Rittal Edge є ідеальним вибором для підприємств, які прагнуть оптимізувати обробку даних, зменшити час затримки та підвищити продуктивність. Відкрийте для себе майбутнє центрів обробки даних з рішенням Rittal's Edge і відкрийте нові можливості для своїх операцій, заснованих на даних.

**Про ці та інші продукти більш детально ви можете дізнатися на нашому сайті або звернувшись до нас в офіс:**

**ТОВ «Ріттал»,  
08132, м. Вишневе,  
Київська обл.,  
вул. Київська, 6В,  
тел. (044) 536-99-44,  
office@rittal.com.ua  
www.rittal.com.ua**

# PDU RITTAL

- ПРОСТИЙ МОНТАЖ БЕЗ ІНСТРУМЕНТІВ
- ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА КОНСТРУКЦІЯ
- ПРОФЕСІЙНИЙ МОНІТОРИНГ



## ВАРІАНТИ ВИКОНАННЯ PDU:

### PDU BASIC

КОМПАКТНИЙ БАЗОВИЙ РОЗПОДІЛЮВАЧ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ІТ-СИСТЕМ.

### PDU METERED

ПОФАЗНИЙ ВИМІР ЕНЕРГІЇ, ТОБТО ПОТУЖНІСТЬ ВСІЄЇ ІТ-ШАФИ.

### PDU METERED PLUS

ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ ПО РОЗЕТКАМ, ТОБТО ВИМІР ПОТУЖНОСТІ ОКРЕМИХ СПОЖИВАЧІВ.

### PDU SWITCHED

ФУНКЦІЯ ВИМІРЮВАННЯ ПО ФАЗАМ ТА КЕРОВАНІ ОКРЕМО РОЗЕТКИ.

### PDU MANAGED

HIGH-END ІТ-ШАФА, ЕЛЕКТРОРОЗПОДІЛ ІЗ ФУНКЦІЯМИ ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ КОЖНОЇ РОЗЕТКИ.



# Інструменти з батарейним живленням і безщітковими двигунами постійного струму

**Шиа Лін (Chia Lin), Пітер Грін (Peter Green), Infineon Technologies**  
**Адаптований переклад українською та технічне редагування:**  
**Віталій Шевченко, технічний спеціаліст, Rainbow Technologies**  
 E-mail: svl@rainbow.com.ua

**У статті розглядаються основні вимоги до електроінструментів. Пропонується комплексне рішення, що базується на компонентах виробництва компанії Infineon Technologies.**

## ВСТУП

Інструменти з батарейним живленням стають дедалі більш популярними не тільки у професіоналів, а й у любителів майструвати своїми руками. Ці інструменти портативні, прості в застосуванні, забезпечують високу електробезпеку, а встановлені безщіткові двигуни постійного струму (Brushless Direct Current, BLDC) роблять їх багато в чому універсальними. Проте виробникам доводиться вирішувати завдання щодо зменшення масогабаритних показників інструментів, а також продовжувати термін служби батарей.

Одна з головних особливостей пристроїв з батарейним живленням — керування електродвигуном, характеристики якого забезпечують необхідну функціональність. У статті розглядаються проблеми, розв'язання яких дає змогу створити електроінструменти, що відповідають актуальним завданням, і обговорюється роль високоінтегрованих компонентів у цих приладах.

## РИНОК ЕЛЕКТРОІНСТРУМЕНТІВ

Продажі електроінструментів великі й постійно збільшуються. За оцінкою консалтингової компанії Future Market Insights, у 2015 р. ринок електроінструментів становив 27 млрд дол., а у 2025 р.

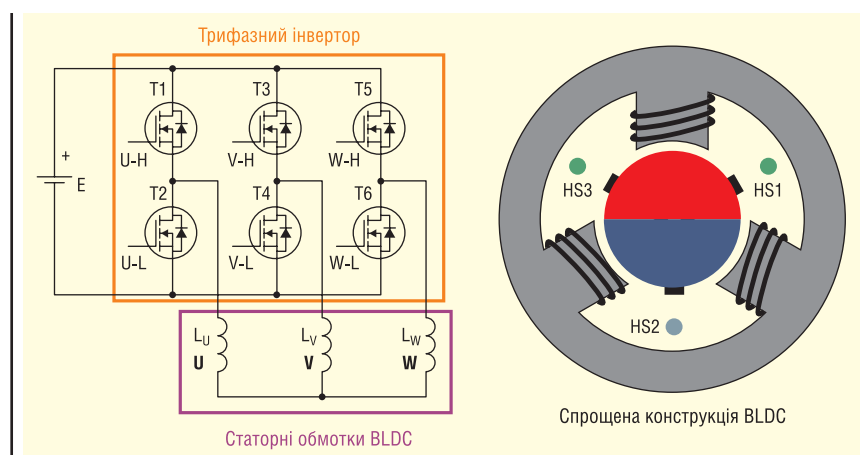
очікується підвищення обсягу ринку до 45 млрд дол. Причому щорічне зростання ринку за період 2021–2030 рр. становитиме 5.1%. Цьому сприяють багато чинників, до яких належать сприятливі обставини в будівельній промисловості.

У зв'язку зі збільшенням вартості переїзду під час зміни житла чимало власників вважають за краще покращувати житлові умови власними силами, зокрема за рахунок ремонту, а не зміни квартири. Реальність сьогодні ще більшою мірою прискорила цей процес — люди змушені проводити більше часу вдома, і в них з'явилася можливість модернізувати свої оселі. Зростає питома вага електроінстру-

ментів і в промисловості: їх дедалі частіше використовують на складальних лініях для підвищення ефективності та зменшення часу складання.

До основних переваг використання електроінструменту в промислових і домашніх умовах належать його зручність, безпека і портативність. Чималу роль відіграє і відсутність мережевого шнура, за який можна зачепитися. До того ж він обмежує переміщення користувача.

Раніше в таких інструментах встановлювали стандартні двигуни постійного струму з колекторно-щітковим вузлом і акумуляторні батареї NiCd або NiMH, що створювало певні обмеження через відносно невисоку надійність електродвигунів. Використання безщіткових електродвигунів постійного струму з інтегрованим модулем керування значно покращило ситуацію та підвищило надійність інструменту, а перехід на живлення від літєво-іонних батарей суттєво збіль-



**Рис. 1.** Конструкція електроінструменту з BLDC

шив час роботи інструментів без підзарядки. Конструкцію електроінструменту схематично показано на рисунку 1.

### ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ РОЗРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРОІНСТРУМЕНТУ

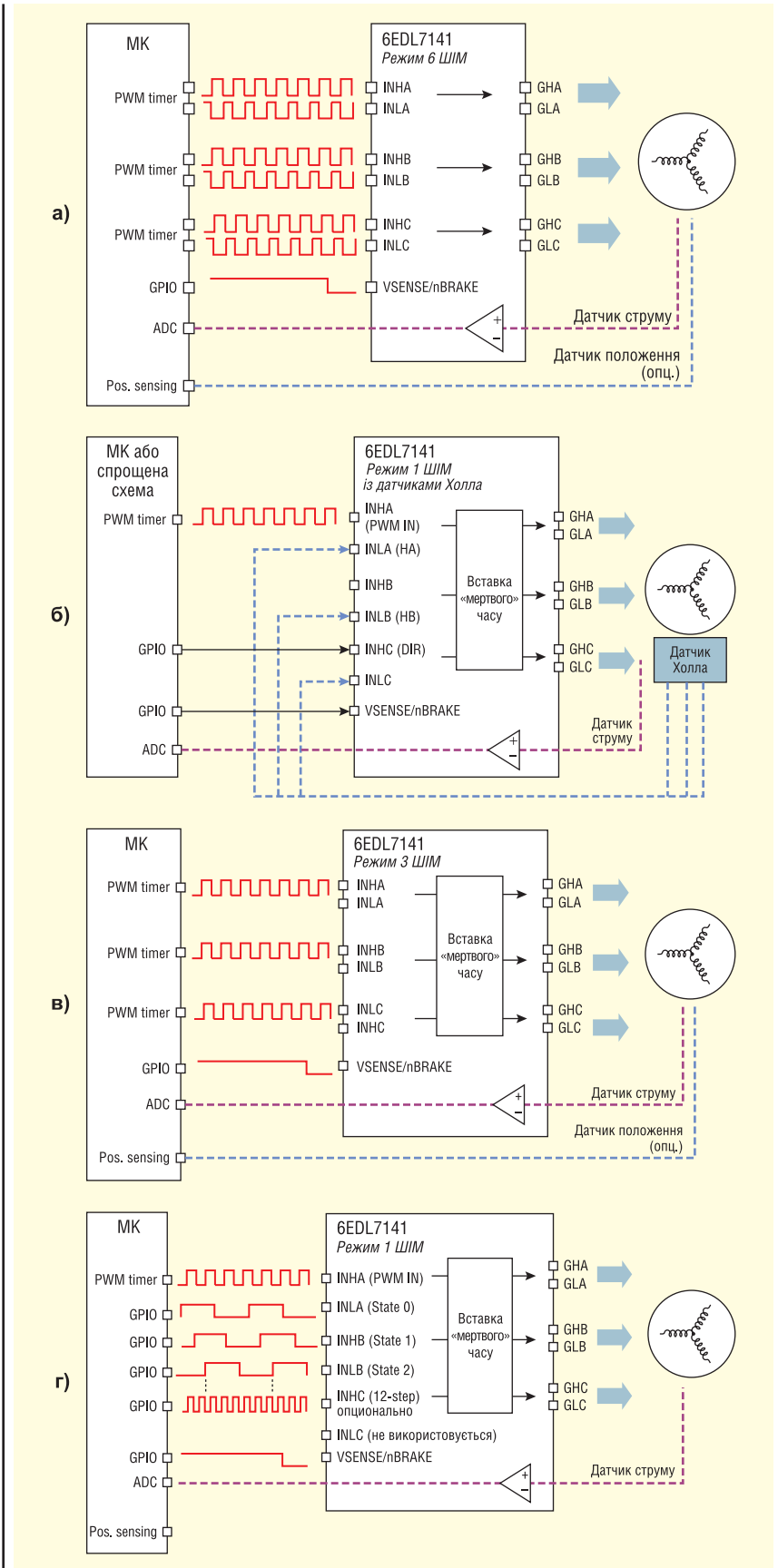
У фахівців, зайнятих розробкою електроінструментів з батарейним живленням, дві проблеми: скоротити його масогабаритні показники і збільшити час роботи без підзарядки акумуляторів. Фактично обидві вимоги суперечать одна одній: щоб збільшити час роботи без підзарядки, необхідна більша ємність і, отже, розмір батареї. Однак при цьому зростають габарити і вага інструменту.

Усунути цю суперечність здатний електродвигун BLDC: його ККД і надійність вищі, ніж у простого двигуна постійного струму, через відсутність колекторно-щіткового вузла. Двигунам BLDC не потрібні ні щітки, ні колектор, а отже, відсутні втрати на тертя і механічне зношування. До того ж габарити BLDC-двигунів менші за тієї ж потужності. На жаль, вони дорожчі і ними складніше керувати.

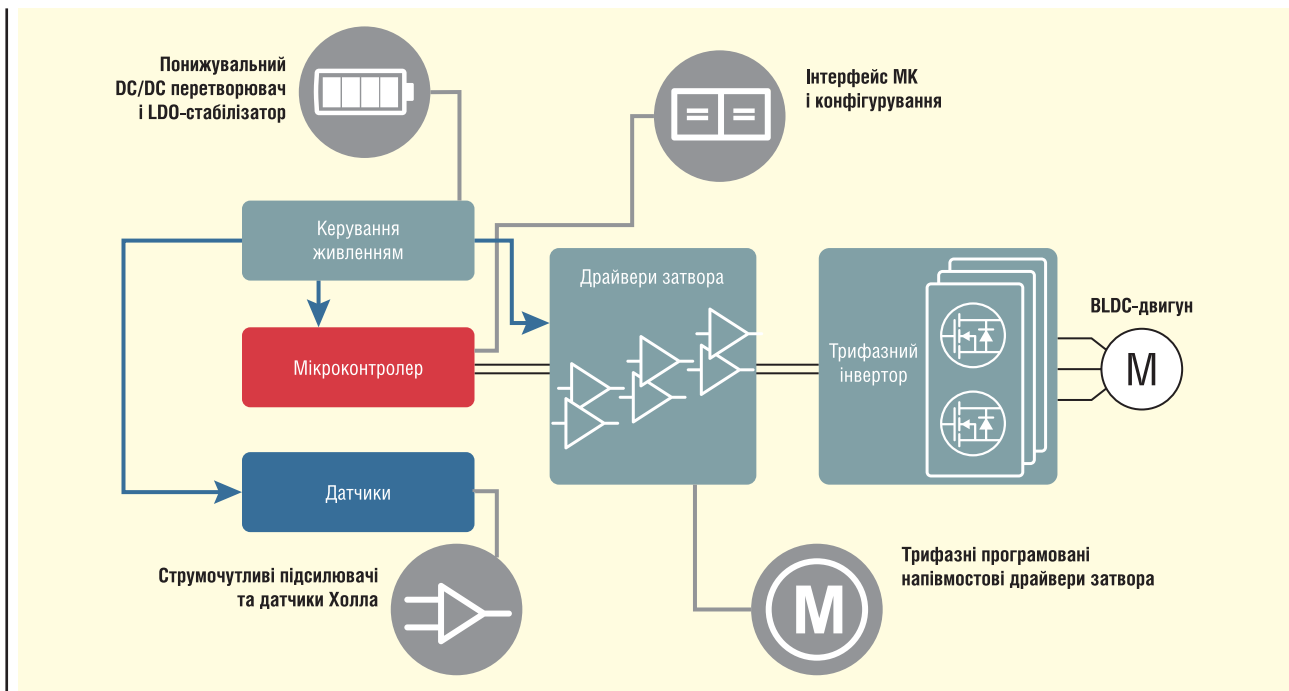
Оскільки професійні користувачі потребують інструментів протягом усього робочого дня, під час проектування чимало уваги слід приділяти ергономіці. Інструмент має зручно лежати в руці. Необхідно ретельно продумати його конструювання, розміщення батареї та двигуна. Крім того, інструмент має бути ударо- і вібростійким, адже під час роботи він постійно піддається подібним механічним впливам. Його потрібно надійно захистити від проникнення вологи і пилу, а такий захист погіршує охолодження. Відповідно, потужність електроприводу інструменту, що розсіюється, має бути якомога меншою. І нарешті, ненадійний в експлуатації інструмент завдасть шкоди репутації компанії і призведе до фінансових втрат.

### ОСНОВНІ ВУЗЛИ ЕЛЕКТРОІНСТРУМЕНТА

До основних вузлів електроінструменту належать акумуляторні батареї, схема керування електроприводом, електродвигун, схема захисту електродвигуна і мікроконтролер (МК), який нерідко входить до складу схеми керування. У більшості випадків акумулятор знімний і заряджається від зовнішнього зарядного пристрою.



**Рис. 2.** Керування електродвигуном BLDC: у режимі 6 ШИМ (а); у режимі 1 ШИМ з датчиками Холла (б); у режимі 3 ШИМ (в) і в режимі 1 ШИМ без датчиків Холла (г)



**Рис. 3. Структурна схема 6EDL7141**

Частоту напруги живлення електродвигунів BLDC зазвичай регулює силовий трифазний інвертор, яким керує ШІМ-послідовність, сформована мікроконтролером. Кожна з трьох статорних обмоток BLDC під'єднується до однієї з фаз інвертора; фази напруги інвертора зсунуті на  $120^\circ$  одна відносно одної, вимірювання виконуються за допомогою трьох датчиків Холла. Існують два підходи до формування ШІМ-послідовності. У першому випадку МК формує однофазний ШІМ-сигнал, а фазовий зсув і напрямок обертання двигуном здійснюють за допомогою додаткових ліній порту вводу/виводу. У другому випадку МК формує трифазну послідовність для прямого керування інвертором.

У складі схеми захисту передбачено операційні підсилювачі або аналогові компаратори, що вимірюють струми фаз і температуру BLDC-двигуна. Вихідні сигнали схеми захисту можуть безпосередньо впливати на режим роботи електродвигуна, але частіше вони надходять у МК, який забезпечує безпечну роботу двигуна. Звісно, можна створити систему керування електроприводом з окремих компонентів, але вона виявиться доволі громіздкою і складною, тому розробники вважають за краще використовувати інтегроване рішення.

## КОМПОНЕНТИ КОМПАНІЇ INFINEON TECHNOLOGIES ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОІНСТРУМЕНТУ

Один з останніх виробів компанії — високоінтегрована мікросхема 6EDL7141, яка призначена для керування трифазним електродвигуном у застосуваннях з акумуляторним живленням. Вона містить усі основні компоненти для створення електроприводу інструмента. Її основу становить програмований напівмостовий драйвер затвора трифазного інвертора з керуванням «мертвим» часом, напругою і струмом затвора.

На рисунку 2 наведено структурні схеми ввімкнення 6EDL7141 для різних режимів керування електродвигуном

BLDC. Крім того, реалізовано три режими гальмування (верхнє плече, нижнє плече і змінний). Драйвери можуть налаштуватися на роботу з різними MOSFET; при цьому не потрібно вводити резистори в коло затворів або додаткові діоди, що зменшує кількість зовнішніх компонентів.

У мікросхемі 6EDL7141 вбудовано три компаратори, до яких можна під'єднати датчики Холла, і три операційні підсилювачі з регульованим підсиленням і зсувом, які можна використовувати в схемі захисту двигуна для підвищення надійності системи. Понижувальний DC/DC-перетворювач розширює діапазон вхідної напруги до 5.5–70 В за максимального вихідного струму 600 мА, а LDO-регулятори формують напругу живлення системи зі струмом споживання до 300 мА. У складі силового каскаду є драйвери затвора верхнього і нижнього плечей і зарядові насоси для живлення драйверів.

Мікросхема 6EDL7141 відповідає вимогам стандартів електромагнітної сумісності. Проте передбачено можливість зміни швидкості наростання вихідного сигналу для зниження рівня електромагнітних завад. Структурна схема 6EDL7141 наведена на рисунку 3.



**Рис. 4. MOSFET BSC007N04LS6 сімейства OptiMOS 6**



## MOSFET СІМЕЙСТВА OPTIMOS 6 ДЛЯ ЕЛЕКТРОІНСТРУМЕНТІВ

Отже, мікросхему 6EDL7141 можна налаштувати для роботи з будь-якими MOSFET, але оптимальним варіантом є MOSFET BSC007N04LS6 від компанії Infineon Technologies. Ці 40-В MOSFET належать до сімейства OptiMOS 6, а їхній опір відкритого каналу  $R_{DS(ON)} = 0.7$  мОм вважається найкращим у своєму класі. Слід звернути увагу і на відмінні комутаційні характеристики завдяки низькій величині сумарного заряду затвора  $Q_G$ . Наведені характеристики поряд з максимально допустимою температурою переходу  $175$  °C і здатністю розсіювати потужність  $180$  Вт роблять ці силові ключі гарним вибором для використання в найскладніших електроінструментах.

Показник якості  $Q_G \times R_{DS(ON)}$  MOSFET сімейства OptiMOS 6 покращено на  $29\%$ , порівняно з MOSFET попереднього покоління, а величина  $Q_{GD} \times R_{DS(ON)}$  — на  $46\%$ . Такі параметри забезпечують необхідну ефективність електроінструменту. MOSFET BSC007N04LS6 випускають у 8-вивідному корпусі для поверхневого монтажу SuperSO8 (див. рис. 4) розміром  $5 \times 6$  мм, їх легко вбудовують у конструктив електроінструмента.

### ПІДТРИМКА РОЗРОБКИ

Мікросхема 6EDL7141 легко конфігурується та налаштовується за допомогою графічного інтерфейсу користувача (GUI) і входить до програмного забезпечення від Infineon, що є у вільному доступі. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс дає змогу вибрати параметри системи зі спливаючих меню і зберегти параметри конфігурації в окремому файлі, а також створити прошивку керування електроприводом, яку потім можна завантажити в МК через вбудований інтерфейс SPI.

За допомогою GUI можна контролювати стан 6EDL7141 і вміст його регістрів у процесі роботи, що робить його надзвичайно корисним під час розроблення та налагодження. На допомогу розробникам компанія випустила тестувальну плату (плату розробника) (EVAL\_6EDL7141\_TRAP\_1SH), показану на рисунку 5. Вона оптимізована для живлення від 18-В батарей і реалізує трапецієподібну форму напруги живлення BLDC-двигунів.

До складу плати входять шість MOSFET BSC007N04LS6, які дають

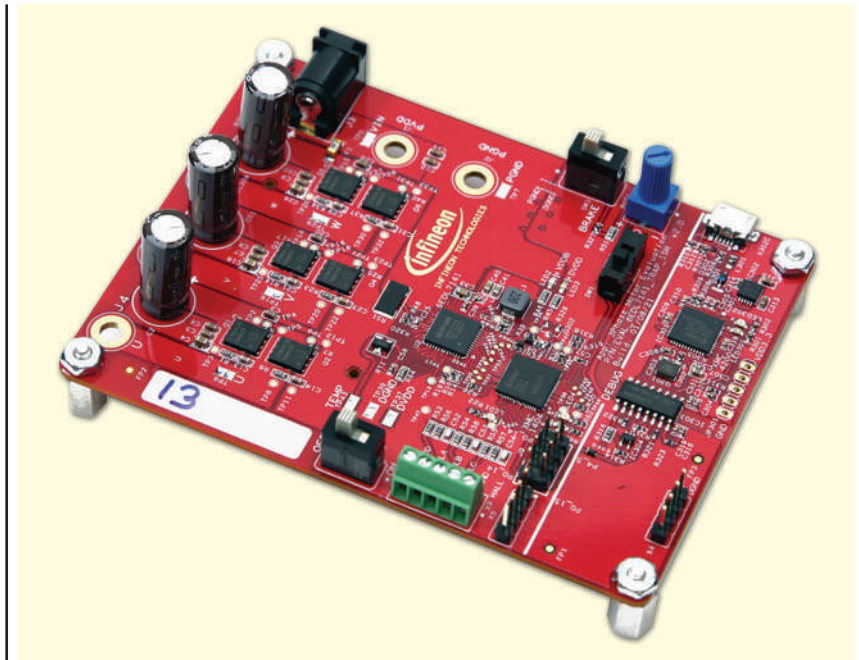


Рис. 5. Тестувальна плата (плату розробника) EVAL\_6EDL7141\_TRAP\_1SH

змогу збільшити потужність керованого двигуна BLDC. За необхідності на плату встановлюються радіатори. Система керування базується на МК XMC1400 компанії Infineon. До її складу входить відладчик, що підключається до комп'ютера через порт USB. Вихідний код МК створено в інтегрованому середовищі Eclipsebased DE, DAVE. За допомогою плати EVAL\_6EDL7141\_TRAP\_1SH зручно оцінити можливості системи керування з використанням 6EDL7141 і МК XMC1400, а також налагодити алгоритми керування з функціями, вбудованими спеціально для використання в електроінструменті.

### ВИСНОВКИ

Багато користувачів віддають перевагу інструментам з батарейним живленням завдяки їхній портативності, мобільності та безпеці. Після того як в електроінструментах стали використовуватися літєво-іонні батареї та електродвигуни BLDC, вони практично зрівнялися за характеристиками з мережевими інструментами.

Під час проектування електроінструментів розробникам доводиться вирішувати кілька проблем: створити зручний у використанні виріб із тривалим часом роботи без підзарядки батарей і дотримуватися обмежень за розміром і вагою інструменту. Крім того, електродвигуни BLDC хоча й легші, але керувати ними складніше.

Подолати всі перепони можна тільки за допомогою високоінтегрованого рішення. У складі мікросхеми керування трифазним двигуном 6EDL7141 компанії Infineon передбачено більшість елементів схеми керування електроінструментом. Силові MOSFET не входять до складу 6EDL7141, що дає змогу підібрати оптимальні MOSFET із сімейства OptiMOS для розв'язання різних завдань.

Спільно з 6EDL7141 використовують МК сімейства XMC; водночас для проектування всього виробу застосовують середовище розроблення DAVE IDE, також у вільному доступі є графічний інтерфейс користувача, що полегшує налаштування, конфігурування та налагодження всього рішення.

Оскільки ринок електроінструментів демонструє стабільне зростання, компанія Infineon продовжує інвестувати в розробку комплексних рішень для нього. Продукція, яка з'явиться найближчим часом, безсумнівно матиме вищий рівень інтеграції та працюватиме з вищою батарейною напругою.

**Більш детальну інформацію можна отримати, звернувшись до партнера компанії Infineon на території України — компанії Rainbow Technologies:**

**04112, Україна, м. Київ,  
вул. Дегтярівська, 62, оф. 46,  
тел./факс: (044) 290-41-69,  
(044) 290-41-82,  
e-mail: svl@rainbow.com.ua,  
www.rainbow.com.ua**

CN

# Осердя з порошкових матеріалів

**Артем Терейковський, директор, ТОВ «НВП АСТЕРА»**

E-mail: ferrite@ukr.net

**В статті розглянуті традиційні та нові магнітом'які порошкові матеріали, історія їх створення та перспективи розвитку. Наведені порівняння та приклади застосування осердь із різних МПМ при проєктуванні різноманітних дроселів для імпульсних джерел живлення.**

## ВСТУП

Магнітом'які матеріали є найважливішими елементами пристроїв, що генерують і перетворюють енергію. Однією з основних сфер застосування магнітом'яких матеріалів є осердя різних дроселів в імпульсних джерелах живлення (ІДЖ). Силові дроселі є свого роду трансформаторами, що у парі із ключами перетворюють постійний струм на змінний, а дроселі фільтрів послаблюють енергію високочастотних завод.

Магнітом'які порошкові матеріали (МПМ) є окремим видом магнітом'яких матеріалів. У МПМ накопичення енергії відбувається в магнітному полі в проміжках між частинками порошку, рівномірно розподілених по всій довжині магнітного шляху осердя. На відміну від осердь із дискретними проміжками, наприклад, феритових, розподілений проміжок забезпечує помітно менші крайові поля і вихрові струми в осерді, що сприяє зниженню втрат.

Магнітом'які порошкові матеріали, розроблені кілька десятиліть тому, як і раніше, широко застосовуються для виробництва осердь. Стрімкий розвиток напівпровідників та нових топологій схем створив потребу в компактних дроселях з високою питомою енергоємністю і малими втратами, здатних працювати на частотах аж до одиниць мегагерц. Мета цієї статті — ознайомити читачів з історією створення та перспективами розвитку МПМ, а також допомогти розробникам у виборі оптимального матеріалу та проникності осердя під час проєктування ефективних дроселів для сучасної радіоелектронної апаратури (РЕА).

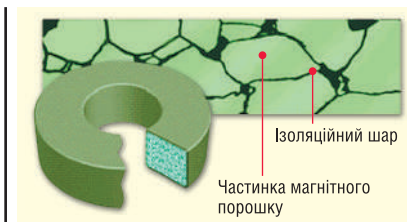
## ІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ МПМ

### Порошкове залізо (Iron Powder)

Перші відомі осердя, які застосовувалися в котушках індуктивності телеграфних систем у першій половині XIX століття, були зроблені зі змугтів тонкого металевого дроту. Такі осердя були дуже недосконалими, тому потребували суттєвого покращення характеристик. Роботи зі створення нових типів осердь почалися в компанії Bell Telephone Laboratory у другій половині XIX ст.

Спочатку осердя з пресованого залізного порошку запропонував використати Хевісайд в 1887 році, потім Долезалек в 1900 році [1], однак придатні для серійного виробництва та комерційного застосування осердя з регламентованими характеристиками були описані Бакнером Спідом тільки в 1918-му році в Патенті США № 1274952 [2].

У 1921 році Бакнер Спід і Дж. Елман опублікували в журналі Американського Інституту інженерів-електриків (Transactions of the American Institute of Electrical Engineers, A.I.E.E. Transactions) статтю «Магнітні властивості пресованого залізного порошку» [3]. У цієї статті описано магнітом'який матеріал, придатний для створення осердь котушок з невеликою індуктивністю та трансформаторів. Автори запропонували спосіб виготовлення осердь з обпаленого залізного порошку з розміром частинок 80 мкм, отриманого електролітичним методом. Дуже тонка, при цьому механічно міцна ізоляція окремих частинок, яка не руйнувалася під час пресування, забезпечувалася оксидацією їхньої поверхні. Як додатковий ізолятор і сполучний компаунд використовувався рідкий



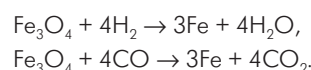
**Рис. 1. Осердя із МПМ у розрізі**

розчин смоли натурального походження (шелак). За цією технологією компанія Western Electric виробляла тороїдальні осердя аж до 1929 року.

Підготовлена суміш порошку і діелектрика зазнавала дуже високого тиску в пресах так, що на поперечному зрізі отримане осердя було схоже на монолітне. Оскільки кожна магнітна частинка відокремлена одна від одної шаром діелектрика, в отриманій структурі формується так званий розподілений повітряний проміжок (рис. 1).

Притаманна залізу висока індукція насичення в поєднанні з розподіленим проміжком дає змогу одержувати МПМ з високою питомою енергоємністю і проникністю не більше 100. Сімейство матеріалів, основою яких служить порошок чистого заліза, згодом отримало усталену назву «розпилене залізо» (Iron Powder).

Нині порошок заліза для виробництва осердь отримують кількома способами. Найдешевший відновлення заліза з оксиду  $Fe_3O_4$  за високої температури в середовищі водню або чадного газу. Відповідні хімічні реакції мають такий вигляд [4]:

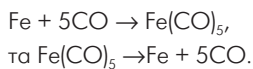


Отримані таким чином частинки мають відносно великий розмір  $\sim 45$  мкм і нерегулярну форму. Через губчасту структуру частинок порошок має низьку щільність і високу пористість, що ускладнює ізоляцію частинок порошку в осерді. Інші способи більш затратні, проте дають змогу отримувати порошки високої якості.

Порошкове залізо має низький питомий опір, і отже, високі втрати на вихрові струми. Це обмежує застосування осердь із порошкового заліза переважно в дроселях із невеликою амплітудою високо-частотних пульсацій струму, наприклад, у вхідних та вихідних фільтрах ІДЖ, а також у дроселях фільтрів диференціальних завод, для яких високі втрати матеріалу та низька добротність ( $Q$ ) є скоріше перевагою, аніж недоліком. Залежно від типу діелектрика, осердя можуть бути загально-призначення або призначені для експлуатації за високих температур.

Висока індукція насичення (до 1.5 Т) та низька відносна вартість зробила осердя із порошкового заліза найбільш поширеними серед магнітодіелектриків, однак схильність до термічного старіння, низький ККД та значні розміри дроселів на таких осердях зводять нанівець ці переваги.

Одним із різновидів порошкового заліза є карбонільне залізо, яке зазвичай отримують методом відновлення синтетичного пентакарбонілу заліза  $Fe(CO)_5$  [5]. Відповідні реакції наведено нижче:



Забруднення у вигляді залишкового вуглецю та інших домішок видаляються відпалом порошку у водневому середовищі. Цей метод дає змогу отримати дуже дрібні магнітні частинки (3–7 мкм) правильної сферичної форми, що мають так звану «цибулинну» структуру, за якої шари атомарного заліза чергуються з шарами вуглецю. Початкова магнітна проникність і частотні властивості матеріалу залежать від розмірів частинок, товщини шару та характеристик полімеру, що застосовується при виготовленні осердь. Оскільки магнітні частинки карбонільного заліза містять у структурі діелектрик у вигляді шарів вуглецю, основною функцією полімеру є створення механічно міцного зв'язку між магнітними частинками.

Малий розмір і форма частинок забезпечують високу добротність ( $Q$ ), температурну, амплітудну і довготривалу стабільність параметрів матеріалу і дуже низькі втрати на високих частотах, що дає переваги під час використання осердь із карбонільного заліза на частотах від 50 кГц до 200 МГц. Останніми роками карбонільне залізо знайшло застосування у складі композитних МПМ, які будуть розглянуті далі.

У радіотехніці на основі осердь із карбонільного заліза роблять висо-

кочастотні та широкосмугові котушки індуктивності та трансформатори. У силовій електроніці осердя з карбонільного заліза застосовують у дроселях з високою стабільністю індуктивності при сильному підмагнічуванні.

### Fe-Si

До кінця XIX століття чисте залізо було єдиним відомим магнітом'яким матеріалом. У 1882 році англійський вчений Роберт А. Хедфілд почав багаторічні дослідження, під час яких вивчали магнітні та електричні властивості сплавів заліза з різними добавками, насамперед, з вуглецем, алюмінієм, нікелем та кремнієм. Додавання більшості цих елементів помітно знижувала індукцію насичення сплаву, не даючи відчутних покращень інших параметрів. Легування кремнієм також знижувало максимальну індукцію в сплаві, але призводило до значного збільшення магнітної проникності, питомого електричного опору, а також до зменшення коерцитивної сили. Звіт про магнітні властивості матеріалів, опублікований Барретом, Брауном і Хедфілдом у 1900-му році [6], вважається початком комерційного застосування магнітом'яких матеріалів на основі сплавів заліза та електротехнічної (кремнієвої) сталі.

На рисунку 2 показано залежність питомого опору бінарного сплаву заліза від невеликої частки (до 2%) вмісту легувальних добавок. Вочевидь, що кремній і алюміній найбільшою мірою впливають на цей параметр.

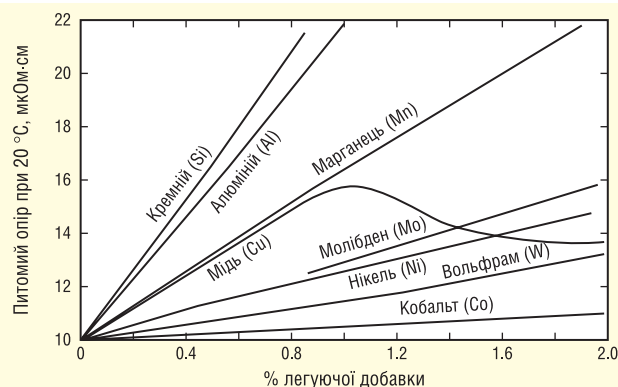
Відкриття Гедфілда надалі досліджували Геймліх у 1912-му і Кемпбелл у 1920 роках [7], які виявили, що додавання 6.5% кремнію дає змогу досягти найкращих магнітних і електричних властивостей сплаву. Істотною проблемою виявився той факт, що при вмісті кремнію понад 3.2% сплав ставав крихким і

погано піддавався традиційним методам обробки. Протягом наступних 40 років потреба в якісній електротехнічній сталі стабільно зростала, але розробити технологію виробництва пластичної сталі з вмістом кремнію понад 3.2% не вдалося, тому формула  $Fe-3.2Si^1$  тривалий час залишалася «золотим стандартом» в електротехніці.

З початком 1970-х років потреба в магнітом'якому матеріалі з високим питомим опором повернула  $Fe-6.5Si$  сталь у фокус уваги розробників. Деякі зі створених згодом технологій дали змогу досягти чудової пластичності сталі  $Fe-6.5Si$ , але її широкому застосуванню перешкождала висока ціна.

Тут і далі, говорячи про електротехнічну сталь, ми маємо на увазі сплав  $Fe-6.5Si$ . Оскільки вона крихка, як і всі сплави із вмістом кремнію понад 3.2...5.5%, електротехнічна сталь легко подрібнюється на порошок. Осердя, виготовлені з такого порошку, продемонстрували чудові властивості, до числа яких можна зарахувати високу індукцію насичення, пристойну стійкість до підмагнічування постійним струмом (тут і далі — DCB-характеристика), помірні втрати на частоті 10 кГц, хорошу стабільність параметрів за високих робочих температур і слабку магнітострикцію. Невдовзі кілька провідних виробників оголосили про початок виробництва осердь з порошку  $Fe-6.5Si$ . Південнокорейська компанія ChangSung стверджує, що вона першою у світі освоїла серійне виробництво матеріалу з порошку  $Fe-6.5Si$  під торговою маркою MegaFlux. Надалі будемо використовувати термін MegaFlux як загальне поняття, незалежно від фірми-виробника.

<sup>1</sup> Запис виду  $Fe-3.2Si$  є скороченням від звичної форми  $Fe-3.2wt\%Si$ , яка означає вміст 3.2% масової частки кремнію у  $Fe-Si$  сплаві



**Рис. 2.** Залежність питомого опору бінарного сплаву заліза від % вмісту легувальної добавки



Відносно високі втрати обмежують можливості застосування осердь з MegaFlux на високих частотах, але велика індукція і плавна характеристика насичення роблять осердя з MegaFlux ідеальним вибором для низькочастотних силових дроселів з високою питомою енергоємністю та стабільністю індуктивності дроселя при пікових значеннях струму. MegaFlux успішно замінює «розпилене залізо» за необхідності зниження втрат у дроселі.

### Fe-Ni (пермалой)

Перші досліді зі сплавами заліза і нікелю розпочав Хопкінсон 1889 року [1], проте всебічне вивчення поведінки залізо-нікелевих сплавів у слабких і середніх магнітних полях провів Дж. Елмен у 1913 р. Метою досліджень було створення матеріалу з високою магнітною індукцією без застосування дефіцитного кобальту. У результаті з'явилася група сплавів із різними легувальними добавками з дуже високою, близько 100 000, проникністю. У процесі експериментів було розроблено методику термообробки сплавів із вмістом від 50 до 90% нікелю, що дістала назву пермалоевої і дала змогу значно збільшити початкову магнітну проникність матеріалу [8]. Спочатку поняття «пермалой» відносилося тільки до сплаву Fe-78Ni, проте тепер пермалоем називають усі Fe-Ni сплави.

Слідом за Елменом, у 1915 році Йенсен ретельно вивчив властивості сплаву Fe-50Ni [1]. Одним із результатів його робіт стало розроблення методу відпалу пермалоевих сплавів у водневому середовищі, що дало змогу збільшити проникність Fe-50Ni до значення, отриманого Елменом для сплаву Fe-78Ni. Проникність сплавів Fe-45Ni...Fe-50Ni збільшувалася від 2 до 5 разів, залежно від температури під час відпалу і ступеня забрудненості сировини сторонніми домішками, водночас істотно знижувалися втрати. Важливою перевагою Fe-50Ni перед Fe-78Ni є вища індукція насичення, 1.5 Т проти 0.75 Т відповідно. Поєднання високої індукції насичення, найкращої DCB-характеристики, найнижчих втрат і чудової температурної стабільності зумовило широке застосування пермалоевої Fe-50Ni в силовій електроніці.

Подальші покращення властивостей пермалоевих сплавів досягалося ретельним контролем вмісту домішок і оптимізацією режиму термообробки (відпалу).

На рисунку 3 показано залежність індукції насичення залізо-нікелевих спла-

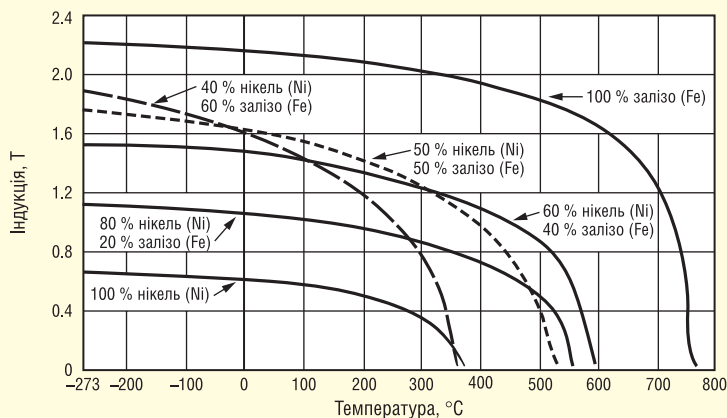


Рис. 3. Залежність індукції насичення різних залізо-нікелевих сплавів від температури [9]

вів із різним вмістом нікелю залежно від температури.

Осердя, виготовлені з подрібненого на порошок пермалое, знайшли застосування в котушках індуктивності, призначених для компенсації ємності підводних мідних кабелів телефонних і телеграфних систем зв'язку. Морська вода, яка є хорошим провідником, збільшувала ємність кабелів, спричиняючи в такий спосіб звуження діапазону і збільшення спотворень сигналів, унаслідок чого швидкість передавання знижувалася до 10–12 слів на хвилину. Застосування компенсувальних індуктивностей дало змогу розширити діапазон, підвищити якість і десятикратно збільшити дальність передавання сигналів. Одним із способів компенсації ємності стало екранування кабелю шляхом спіральної навивки на нього металеві стрічки або дроту з матеріалу з високою магнітною проникністю, наприклад, му-металу.

Пермалоевий сплав, який назвали му-металом (MUMETALL), розробили британські вчені Willoughby S. Smith і Henry J. Garnett і його було запатентовано в 1923 році для компенсувальних котушок та екранів підводних телеграфних кабелів британської компанії Telegraph Construction and Maintenance Co. Ltd. (існує нині під назвою Telcon Metals Ltd.), яка займалася прокладанням таких кабелів [10]. Особливістю сплаву стало додавання певної кількості міді для покращення його пластичності. Для екранування 1.6 км підводного кабелю було потрібно близько 80 км дроту з му-металу діаметром 1.27 мм, що породжувало величезний попит на нього. До початку 1930-х років Telcon Metals Ltd. щотижня виробляла близько 30 тонн му-металу, після чого почалося зниження його споживання аж до II світової війни. На початку 1940-х років

було знайдено нові сфери застосування му-металу, зокрема, як екранів трансформаторів і плавких запобіжників у військовій радіотехнічній апаратурі. У 1985 році Telcon Metals Ltd. продала торговельну марку MUMETALL; останнім з відомих власників марки стала компанія Magnetic Shield Corporation, Illinois.

### Fe-Ni-Mo (молібден-пермалой)

Якісний стрибок у розвитку МПМ стався на початку 1940-х років, коли інженери компанії Bell Telephone Laboratory і Western Electric Company розробили пермалоевий сплав, легований молібденом [1]. Цей матеріал виробляється і нині практично без змін під торговельною маркою Molybdenum Permalloy Powder (MPP). Інші джерела стверджують, що MPP винайшли Легг і Гівен з компанії AT&T Laboratories у 1940-му році [11]. Спочатку сплав призначався для виготовлення осердь котушок навантаження, дроселів фільтрів і трансформаторів телефонної апаратури, що працюють на носійних частотах багатоканального телефонного устаткування та в звуковому діапазоні. Завдяки унікальним властивостям, MPP швидко знайшов застосування в промисловій і військовій електроніці. До таких властивостей можна віднести:

- високий питомий опір;
- мінімальну зміну проникності в слабких і середніх магнітних полях;
- довготривалу стабільність магнітної проникності та втрат в осердях у широкому діапазоні робочих температур і значень магнітної індукції;
- збереження проникності після намагнічування сильним постійним струмом.

Легування молібденом знизило максимальну магнітну індукцію в сплаві, але

зменшило його чутливість до механічної деформації та спростило технологію виготовлення. Виробництво порошку здійснювалося механічним подрібненням гарячекатаних брусків, відлитих з композиції 16Fe-82Ni-2Mo, до розміру частинок близько 120 мкм для роботи осердь у звуковому діапазоні і до <35 мкм для високочастотних застосувань.

Поява матеріалу МПП призвела до революційного стрибка в розвитку ІДЖ. Спільне застосування MOSFET-транзисторів і осердь з МПП значно зменшило габарити та підвищило надійність джерел живлення і систем, що живляться ними, загалом. Підвищення ККД і зниження робочої температури дало змогу джерелу живлення працювати без виникнення несправностей аж до завершення терміну експлуатації всього пристрою [1].

Протягом тривалого часу МПП вважали рекордсменом за рівнем втрат, проте сучасні МГМ в окремих випадках забезпечують ще менші, ніж у МПП, втрати за вищої магнітної індукції. Незважаючи на найвищу питому вартість, осердя з МПП широко застосовуються в сучасній РЕА. Експерти ринку відзначають стабільне збільшення щорічного світового обсягу виробництва МПП, який до 2030 року має наблизитися до 1 мільярда доларів США [18].

### Fe-Si-Al (Сендаст) і Fe-Si-Cr

Надзвичайні властивості сплаву заліза, кремнію та алюмінію виявив 1936 року Хакару Матсумото з Імперського Університету Тохоку в японському місті Сендай. Метою вченого був пошук недорогої альтернативи пермалоевим сплавам і му-металу. Як видно з діаграми на рисунку 4, найнижче значення магнітної анізотропії ( $k$ ), нульове значення магнітострикційної константи ( $\lambda_s$ ) і найбільша проникність сплаву досягаються за змісту 9.5–10% кремнію і 5–5.5% алюмінію. Як і інші сплави із вмістом кремнію понад 3.2...5.5%, FeSiAl виявився доволі крихким, завдяки чому легко подрібнювався на дрібний порошок (dust). Ця особливість і назва міста дали найменування новому матеріалу — сендаст (SENDUST, від SENDai + DUST). Для сендаста характерні помірна вартість, низькі втрати і майже нульова магнітострикція за відносно високої індукції насичення (близько 1.0 Т). Ці властивості зробили сендаст одним із найпопулярніших і найпоширеніших порошкових матеріалів, який також входить до складу багатьох сучасних композитних МГМ.

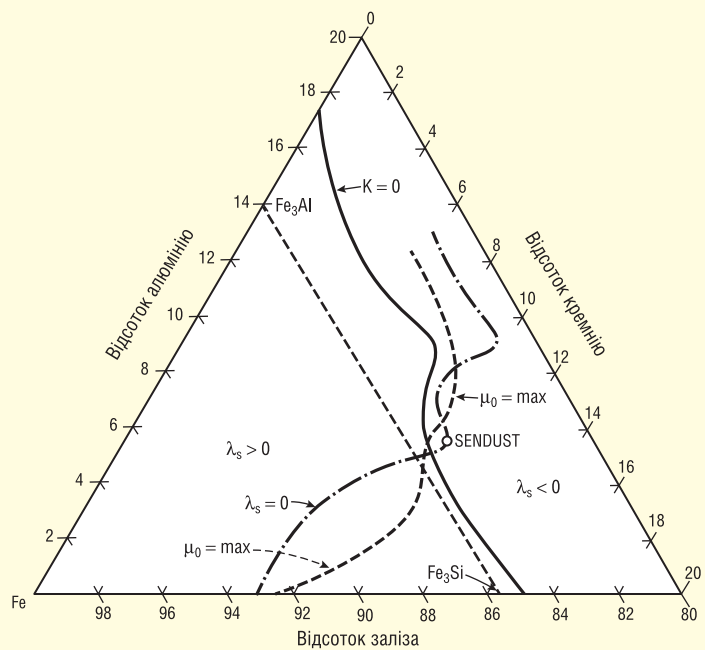


Рис. 4. Потрійна діаграма залежності властивостей сплаву Fe-Si-Al від вмісту алюмінію і кремнію [9]

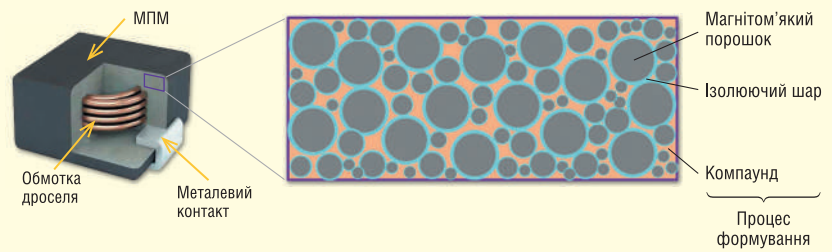


Рис. 5. Схематичне зображення формованого дроселя, виготовленого із МГМ

Останніми роками для виготовлення осердь силових дроселів дедалі частіше застосовують сплав Fe-Si-Cr [12, 13]. За магнітними характеристиками цей матеріал дещо поступається сендасту [14], але додавання хрому робить його надзвичайно стійким до корозії [12]. Завдяки корозійній стійкості, цей МГМ широко використовують при виготовленні т.з. формованих дроселів, в яких обмотка знаходиться всередині об'єму магнітного матеріалу, а не зовні. Схематичне зображення формованого дроселя з використанням МГМ наведено на рисунку 5.

### Fe-Co

Серед усіх магнітних матеріалів, залізо-кобальтовий сплав Fe-35Co має найвищу індукцію насичення 2.45 Т і найвищу температуру Кюрі 937С (рис. 6). Сплави Fe-Co дають змогу створювати електродвигуни, генератори і трансформатори з високою питомою потужністю, однак через високу ціну кобальту такі виробники застосовують переважно в авіа-

ційній та космічній техніці. Низька проникність і висока коерцитивна сила перешкоджають застосуванню сплавів Fe-Co в силовій електроніці, тому вони допоки не розглядаються як перспективні.

### ВІД ДОСЛІДЖЕНЬ ДО ВИРОБНИЦТВА

Як показано на рисунку 7а, третє покоління напівпровідників на основі SiC та GaN мають високу питому потужність і можуть функціонувати на частотах до 10 МГц [19]. Ключі, які застосовуються в електромобілях, вбудованих зарядних пристроях та компактних інверторах, здатні комутувати потужності порядку 3.3–11 кВт (рис. 7б) [20], що вимагають від силових дроселів здатності стабільно функціонувати у широкому діапазоні температур на високих частотах при значному підмагнічуванні постійним струмом. Найважливішим параметром у разі стає сумарне значення втрат у МГМ. З іншого боку, дроселі

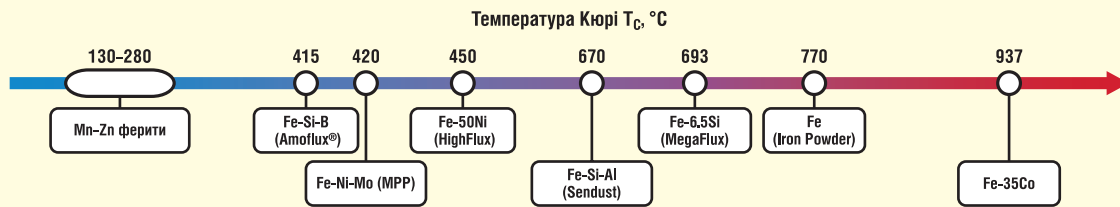


Рис. 6. Температура Кюрі кількох поширених магнітотопких матеріалів [16, 17]

мають бути компактними, що забезпечується високою питомою енергоємністю та гарною ДСВ-характеристикою. По можливості, МПМ повинні мати якомога більший набір з перерахованих характеристик при помірній вартості:

- низькі втрати на перемагнічування;
- низькі втрати на вихрові струми;
- висока проникність у слабких магнітних полях;
- висока індукція насичення;
- відсутність ефекту старіння;
- однорідні магнітні характеристики.

У наступній частині будуть описані підходи до покращення параметрів МПМ та розглянуті сучасні композитні порошкові матеріали.

**Більш детальну інформацію щодо застосування осердь із МПМ та їх придбання можна отримати, звернувшись до компанії ТОВ «НВП АСТЕРА»:**

**61072, Україна, м. Харків,  
вул. Тобольська, 42, оф. 222,  
факс: (+38) 057-728-1808,  
тел.: (+38) 057-757-2859,  
(+38) 050-323-3763,  
(+38) 067-575-4440,  
(+38) 068-616-7777,  
e-mail: ferrite@ukr.net,  
www.ferrite.com.ua**

Література:

1. Colonel Wm. T. Mclyman, *Transformer and Inductor Design Handbook, Fourth Edition*, CTC Press. 2011.
2. <https://patentimages.storage.googleapis.com/5c/0a/7f/f67d887b354348/US1274952.pdf>
3. B. Speed, G.W. Elmen, *Magnetic properties of compressed powdered iron*, *Trans. Am. Inst. Electr. Eng.* XL 1913, pp 1321–1359.
4. J. He, H. Yuan, M. Nie, H. Guo, H. Yu, Zh. Liu, R. Sun, *Soft magnetic materials for power inductors: State of art and future development*, *Materials Today Electronics* 6. 2023.
5. Сыркин В. Г. *Химия и технология карбонильных материалов*. — М.: Химия. 1972.

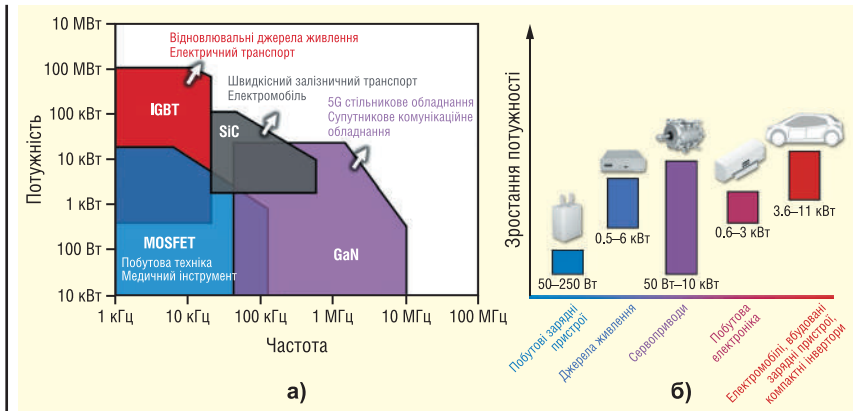


Рис. 7. Функціональне порівняння декількох типів силових напівпровідників (а); сфери застосування та потужності напівпровідників 3-го покоління (б) [20]

6. W. F. Barrett, W. Brown, and R. A. Hadfield, *Electrical conductivity and magnetic permeability of various alloys of Fe*, *Sci. Trans. Roy. Dublin Soc.* 1900, pp 67–126.

7. GaoYuan Ouyang, Xi Chen, Yongfeng Liang, Chad Macziewski, Jun Cui *Review of Fe-6.5 wt%Si high silicon steel — A promising soft magnetic material for sub-kHz application*, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials Volume 481*, 1 July 2019, pp 234–250.

8. H.D. Arnold, G.W. Elmen, *Permalloy, a new magnetic material of very high permeability*, *Bell Syst. Tech. J.* 2 (3), 1923, pp 101–111.

9. R. M. Bozorth, *Ferromagnetism*, Wiley, Hoboken, N.J., 2003.

10. <https://en.wikipedia.org/wiki/Mu-metal>

11. Tim Slattery, *Applications Engineer, The Arnold Engineering Company, Marengo, Illinois, USA May 2000, A Comparison of Molybdenum Permalloy Powder and Sendust Cores for Energy Storage Inductor*.

12. H. Long, X. Wu, Y. Lu, H. Zhang, J. Hao, *Effect of polyimide-phosphating doublecoating and annealing on the magnetic properties of Fe-Si-Cr SMCs*, *Materials* 15, 2022, 3350 (Basel).

13. B. Zou, T. Zhou, X. Wei, T. Song, *Influence of Cr Content on Electronic Structures and Electromagnetic Properties of FeSiCr Powders*, *Rare Met. Mater. Eng.* 42, 2013, pp 313–316.

14. P. Jang, *Effects of annealing on structure and magnetic properties of Fe-Si-Al flakes*, *Korean J. Met. Mater.* 56, 2018, pp 680–685.

15. Y. J. Choi, M. Y. Lee, B. W. Lee, *Magnetic Property Improvement and Core-Loss Reduction of Fe-Si-Cr-Based Soft Magnetic Composites with Addition of Fe-50Ni Nanopowder*, 2023, *The Minerals, Metals & Materials Society*.

16. F. Fiorillo, G. Bertotti, C. Appino, M. Pasquale. *Soft magnetic materials*. *Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, 1999, pp 1–42.

17. A. Talaat, M. V. Suraj, K. Byerly, A. Wang, Y. Wang, J. K. Lee, P. R. Ohodnicki, *Review on soft magnetic metal and inorganic oxide nanocomposites for power applications*, *J. Alloy. Compd.* 870, 2021, 159500.

18. Rameshramurp, *MPP Magnetics Powder Core Market Size, Growth, Forecast 2023–2030*.

19. Q. Lu, *The development and latest technical trend of metal magnetic cores*, in: *Proceedings of the Power Converters & Magnetic Components Joint Annual Conference of China*, 2022.

20. S. Che, *Development progress of soft magnetic materials for the third generation semiconductor high frequency power supply*, in: *Proceedings of the Power Converters & Magnetic Components Joint Annual Conference of China*, 2022.

Далі буде



# Мікроконтролери та СнК від компанії Geehy Semiconductor

Антон Пащенко, Роман Боронніков

У статті розглядаються мікроконтролери та СнК китайської компанії Geehy Semiconductor. Широка виробнича лінійка цієї компанії, що має мікроконтролери на базі добре відомих процесорних ядер ARM Cortex-M0+, Cortex-M3 і Cortex-M4, не викличе труднощів під час переходу на продукцію компанії. Бездротові СнК і СнК захисту даних доповнюють мікроконтролери та дають змогу створювати функціонально закінчені вироби, в основному, на базі продукції Geehy Semiconductor.

## ВСТУП

Китайська компанія Geehy Semiconductor понад 20 років спеціалізується на розробці мікроконтролерів (МК) для промислових систем і автомобільної електроніки. За цей час вона досягла відчутних успіхів, створивши МК для систем управління і безпечні платформи для передачі даних.

Компанія має шість центрів R&D, п'ять з яких розташовані в Китаї, а шостий — у шт. Північна Кароліна (США). У Geehy Semiconductor працюють понад 500 інженерів, які надають повний спектр послуг, починаючи з «заліза» і закінчуючи софтом, а також виробництво мікросхем. Нещодавно Geehy Semiconductor стала старшим членом RT-Thread, що розробляє платформи операційних систем для Інтернету речей (IoT). Спільно з RT-Thread

Geehy Semiconductor створює нову екосистему розробки.

## ПРОДУКТОВА ЛІНІЙКА КОМПАНІЇ GEEHY SEMICONDUCTOR

Вибір МК компанії дуже широкий. Щоб переконатися в цьому, достатньо поглянути на кодування продукції під час замовлення (рис. 1). Виробнича лінійка компанії складається з трьох основних груп:

- мікроконтролери серії APM32 для промислового застосування та автомобільної електроніки;
- багатоядерні гетерогенні СнК захисту даних від хакерських атак;
- бездротові СнК стандарту BLE 4.2 і BLE 5.2 з дуже малим енергоспоживанням.

Найбільш широко представлені МК серії APM32. На рисунку 2 показано продукцію цієї групи. Вибір досить широкий і не обмежується МК на основі єдиного процесорного ядра. Представлено МК з ядрами ARM Cortex-M0+, Cortex-M3 і Cortex-M4. Відповідно, великий вибір і функціональних можливостей — від МК з дуже малим споживанням до високопродуктивних МК.

До складу групи бездротових СнК входять мікросхеми GW881 і GW3322, що підтримують стандарти BLE 4.2 і BLE 5.2, відповідно. Крім того, два СнК GS400 і GS500 входять до групи захисту даних.

## МК СЕРІЇ APM32

МК серії APM32 на основі добре відомого ядра Cortex-M0+ мають значні функціональні можливості порівняно з аналогічними МК інших компаній. Далеко не всі з них можуть похвалитися вбудованою флеш-пам'яттю більшого об'єму, багатоканальними 12-бітовими АЦП і 12-бітовими ЦАП або 100-вивідними корпусами. Перелічимо деякі основні параметри МК APM32 Cortex-M0+.

- об'єм флеш-пам'яті: 16–256 Кбайт;
- об'єм ОЗП: 2–32 Кбайт;

AP/G	M/W	32/88	F/11	103	T	4	T	6	S
Компанія Geehy	M: МК W: бездротові	Семейство 32: СнК 88: BLE 33: 32-біт МК + BT	F Тип A автомобільні E з розширеним функціоналом F базовий L наднизьке споживання S стандартні T сенсорна панель W бездротові	Особливості (3 символи) 0xx початковий рівень, наднизьке споживання 10x масова серія 4xx висока продуктивність	Число виводів корпусу D 14 F 20 E 24 G 28 K 32 T 36 H 40 S 44 C 48 U 63 R 64 J 72 M 80 O 90 V 100 Q 132 Z 144 A 169 I 176	Об'єм пам'яті, Кбайт 4 16 6 32 7 48 8 64 9 72 A 96 B 128 Z 192 C 256 D 384 E 512 F 768 G 1024	Корпус H LFBGA/TFBGA I UFBGA Pitch 0.5 J UFBGA Pitch 0.8 k UFBGA Pitch 0.65 M SOP P TSSOP T QFP U QFN Y WLCSP	Діапазон робочої температури 6 и A: -40...85 °C 7 и B: -40...105 °C 3 и C: -40...125 °C D: -40...150 °C	Тип SIP S: SIP 2MB SDRAM не заповнено — не SIP

Рис. 1. Кодування продукції під час замовлення

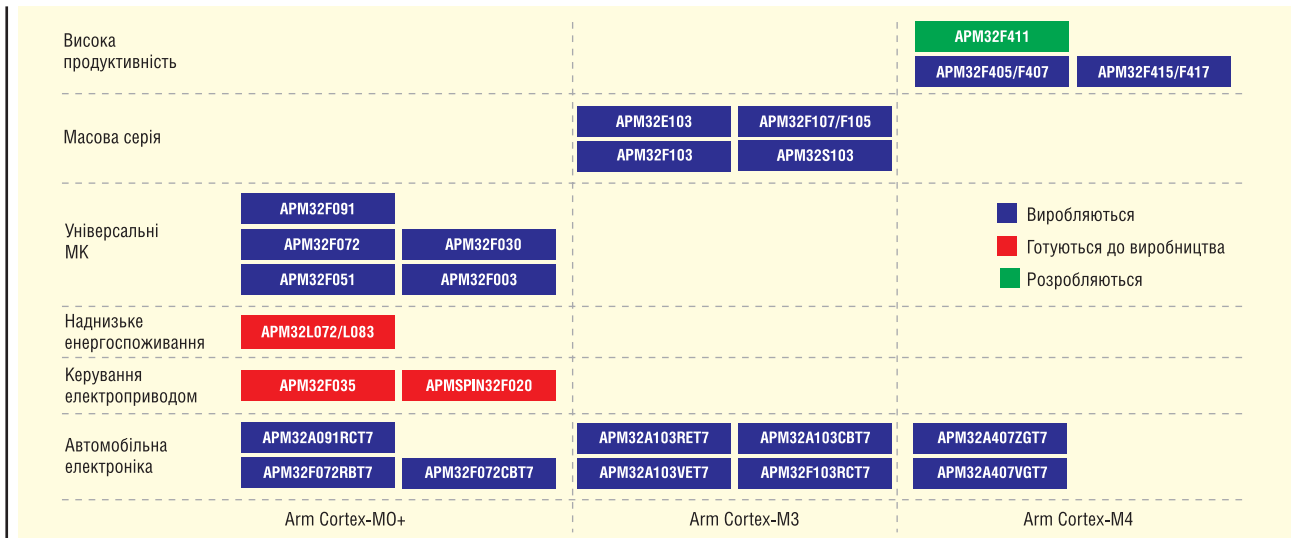


Рис. 2. Продуктова лінійка МК серії APM32

- кількість ліній введення/виведення: 16–88;
- напруга живлення: 3.6 і 5.5 В;
- кількість модулів 12-біт АЦП: 1;
- кількість каналів 12-біт АЦП: 8–16;
- кількість каналів 12-біт ЦАП: 1 або 2;
- кількість послідовних інтерфейсів: 5–16.

Приблизно те ж саме, що про МК серії APM32 Cortex-M0+, можна сказати і про функціональні можливості МК серії APM32 з ядром Cortex-M3. На наш погляд, воно забезпечує золоту середину між економічністю і продуктивністю. МК на основі цього ядра, з одного боку, розв'язують досить складні завдання в режимі реального часу. З іншого, їхня вартість зазвичай невисока, і тому їх частіше застосовують там, де цей показник виходить на перший план. Крім того, МК Cortex-M3 відмінно підходять на заміну 8-біт МК, якщо з якоїсь причини не вистачає можливостей останніх. Перелічимо деякі основні параметри МК серії APM32 з ядром Cortex-M3:

- об'єм флеш-пам'яті: 16–512 Кбайт;
- об'єм ОЗП: 16–128 Кбайт;
- кількість ліній введення/виведення: 26–112;
- напруга живлення: 3.6 В;
- кількість модулів 12-біт АЦП: до трьох;
- кількість каналів 12-біт АЦП: до 21;
- кількість каналів 12-біт ЦАП: два;
- кількість послідовних інтерфейсів: 6–18.

Компанія забезпечила високу продуктивність МК серії APM32 з ядром Cortex-M4. Збільшився об'єм пам'яті, зросла тактова частота. Крім того, в ядрі Cortex-M4F можна використовувати модуль для опрацювання даних з плаваючою комою. З'явився також ін-

терфейс Ethernet, що помітно збільшило мережеві можливості МК. Деякі основні параметри цієї групи:

- об'єм флеш-пам'яті: 512–1024 Кбайт;
- об'єм ОЗП: 192 Кбайт;
- кількість ліній введення/виведення: 51–140;
- напруга живлення: 1.8 або 3.6 В;
- кількість модулів 12-біт АЦП: до трьох;
- кількість каналів 12-біт АЦП: до 24;
- число каналів 12-біт ЦАП: два;
- кількість послідовних інтерфейсів: 6–18.

Додамо, що в цю групу продукції входять МК, сертифіковані для використання в автомобільній електроніці.

Оскільки, як кажуть, краще один раз побачити, ніж сім разів почути, ми коротко розглянемо МК серії APM32 Cortex-M0+ і APM32 Cortex-M4. Вони знаходяться на протилежних полюсах продуктової лінійки компанії Geehy Semiconductor і дадуть гарне уявлення про продукцію цієї компанії.

Структурна схема МК серії APM32 Cortex-M0+ APM32F003x4x6 подана на рисунку 3. Видно, що вона гранично лаконічна і добре знайома практично будь-якому розробнику. Застосування цих МК не повинно викликати будь-яких складнощів у проектувальників, які мають досвід роботи з МК на основі

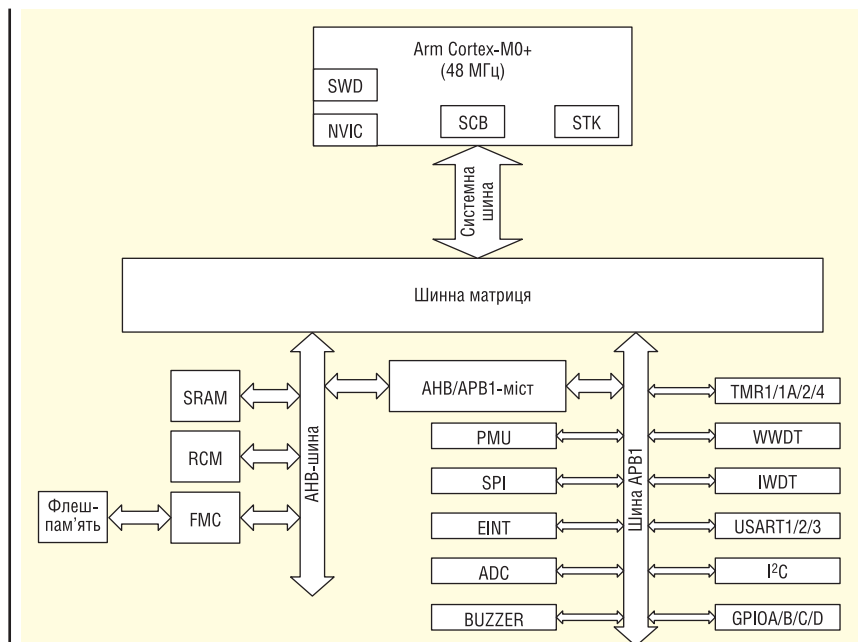


Рис. 3. Структурна схема МК серії APM32 Cortex-M0+ APM32F003x4x6 Cortex-M0+ APM32F003x4x6

ядер ARM. Виходячи з цього, ми дуже коротко опишемо периферію МК APM32 Cortex-M0+, почавши з таймерів. Вони поділяються на три типи:

- таймери з розширеними можливостями;
- універсальні таймери загального призначення;
- базові таймери.

Таймери з розширеними можливостями також можуть виконувати роль універсальних і базових таймерів. Вони підтримують чотири канали захоплення/порівняння і можуть використовуватися для прямого та реверсивного напрямку лічби. Універсальний таймер має три канали захоплення, але в нього немає функції порівняння вихідних даних і можливості здійснювати реверсивну лічбу. Базовий

таймер служить тільки для синхронізації, і в нього відсутній зовнішній інтерфейс.

До складу МК серії APM32 Cortex-M0+ вбудовано добре відомі послідовні інтерфейси SPI, I<sup>2</sup>C, I2S, USART/UART, CAN.

12-біт АЦП може мати до семи зовнішніх каналів і один внутрішній канал. Усі зовнішні канали працюють у диференціальній або несиметричній конфігурації. АЦП працює в режимі тривалого опитування заданих каналів, у режимі одноразового опитування. Передбачено можливість буферизації вихідних даних. Після закінчення кожного перетворення формується переривання. Старт перетворення здійснюється не тільки від зовнішнього, а й від внутрішнього джерела сигналу.

На рисунку 4 показано структурну схему МК серії APM32 Cortex-M4 APM32F405/415xG / APM32F407RxT6. Таким чином, до складу МК цієї групи входить набагато більше функціональних модулів, ніж до складу МК серії APM32 Cortex-M0+.

Крім ядра Cortex-M4, продуктивнішого порівняно з МК Cortex-M0+, у цю групу МК додано інтерфейси USB і Ethernet, а також інтерфейс камери. Значно збільшено об'єм вбудованої пам'яті, вбудовано контролер зовнішньої пам'яті та контролер сенсорної панелі, збільшено кількість таймерів і кількість модулів АЦП, додано модулі апаратних криптоприскорювачів. Усі перераховані вдосконалення дають змогу використовувати МК серії

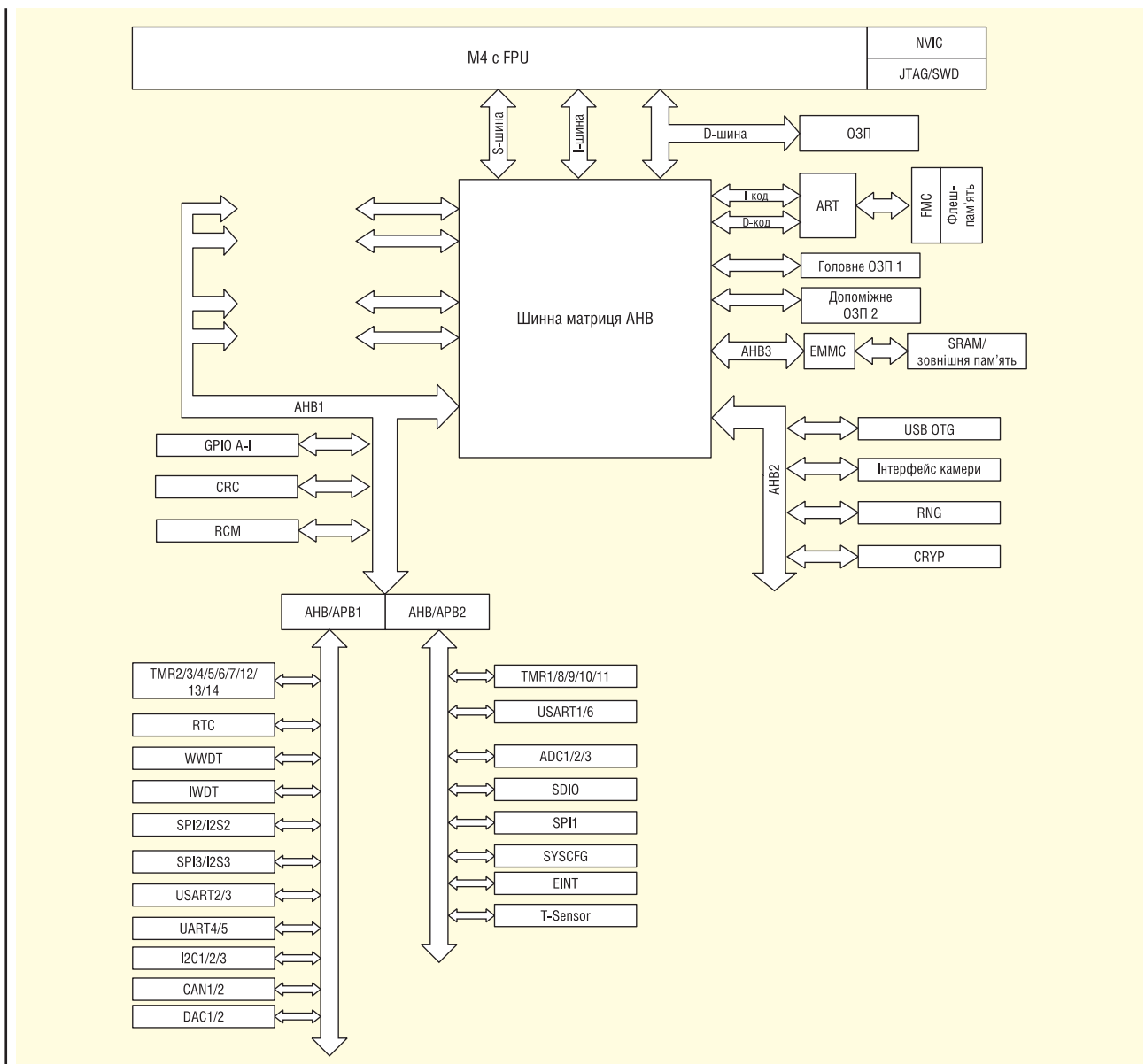


Рис. 4. Структурна схема МК серії APM32 Cortex-M4 APM32F405/415xG/APM32F407RxT6



APM32 Cortex-M4 у людино-машинно-му інтерфейсі (HMI) і, отже, на середньому рівні АСУ ТП.

Слід згадати і кілька системних модулів. Контролер конфігурації дає можливість переконфігурувати карту пам'яті, обирати інтерфейс MAC PHY, налаштувати зовнішні переривання і керувати функціями введення/виведення. Ці можливості підвищують адаптивність МК до вимог конкретного проєкту. Модуль керування живленням дає змогу формувати три режими зниженого енергоспоживання: сон, зупинка й очікування. Окремий контролер зовнішніх переривань дає змогу диференціювати зовнішні сигнали та спровоє їх оброблення.

## СНК ЗАХИСТУ ДАНИХ І БЕЗПЕКИ

Апаратні та програмні засоби Geehy Semiconductor забезпечують аутентифікацію, визначають автентичність та ідентифікатор користувача. Вони підтримують безпеку зв'язку та цілісність каналу передавання даних, а також реалізують безпечно зберігання даних, запобігають незаконному копіюванню та фальсифікації.

Гетерогенні СНК GS400 і GS500 захищують дані розроблені на базі пропрієтарних ядер СК810F, СК803S і СК802. СНК мають двоядерну архітектуру. Перелічимо деякі основні особливості СНК GS500, у якій більше функціональних можливостей:

- напруга живлення: 2.97-3.6 В;
- частота тактування ядра СК810F (макс.): 600 МГц;
- частота тактування ядра СК803S і СК802 (макс.): 200 МГц;
- об'єм ОЗП: 584 Кбайт;
- чотири поштові скриньки для між'ядерних комутацій;
- шифрування:
  - 128/193/256-біт AES;
  - 64/192- 3DES;
  - SM2, SM4;
  - SHA;
  - ECC;
- чотири групи 32-біт ліній порту вводу/виводу;
- таймери:
  - два 32-біт таймери;
  - 64-біт таймер;
  - 32-біт сторожовий таймер;
  - 32-біт лічильник реального часу;
- периферія:
  - РКД з роздільною здатністю 1280×800 при частоті кадрів 60 Гц;

- NFC з NANDwFlash;
- SD-карта;
- дев'ять UART;
- п'ять SPI;
- чотири I<sup>2</sup>C;
- три USB 2.0;
- ШІМ;
- 10-канальний 12-біт АЦП із продуктивністю 1 Мвиб/с;
- 2-Гбайт зовнішня пам'ять DDR2/DDR3 SDRAM;
- процесор обробки зображень;
- корпус BGA525.

Погодьтеся, значний список можливостей, що дає змогу крім захисту даних вирішувати й завдання керування. Додамо, що крім згаданих серійно вироблених СНК, можлива розробка на вимогу замовника. У цьому випадку можлива реалізація 2-, 4- і 7-ядерної архітектури, а також розробка однокристального рішення.

## БЕЗДРОТОВІ СНК

Виробляються дві СНК GW881 і GW3322, що підтримують стандарти BLE 4.2 і BLE 5.2, відповідно. СНК GS400 базується на процесорному ядрі Cortex-M0+. Порівняно з розглянутим вище МК APM32 Cortex-M0+, у СНК додано квадратурний декодер і РЧ-модуль, а замість 12-біт АЦП вбудовано 10-біт АЦП.

Основні параметри СНК GS400:

- вихідна потужність передавача (макс.): 4 дБм;
- чутливість приймача: -94 дБм;
- споживаний струм при передачі сигналу 0 дБм: 4.8 мА;
- споживаний струм під час приймання сигналу 0 дБм: 2.8 мА;
- споживаний струм у режимі глибокого сну 1 мкА.
- об'єм флеш-пам'яті: 512 Кбайт;
- кількість ліній введення/виведення: 21 або 32.
- розмір корпусу: 5.0×5.0×1.0 мм.

Інакше побудована СНК GS500. Її створено на основі пропрієтарного ядра RISC V, завдяки чому частоту тактування збільшено до 160 МГц (у GS400 — 48 МГц), завдяки чому вищою є і продуктивність СНК. Трохи покращено і параметри РЧ-модуля — максимальна потужність передачі зросла до 9 дБм. Більш продуктивне процесорне ядро дало змогу додати інтерфейс USB і помітно збільшити можливості аналогової периферії: тепер до її складу входить 13-канальний 10-біт АЦП і 2-канальний 12-біт ЦАП.

## ЕКОСИСТЕМА

До екосистеми Geehy Semiconductor входять:

- тестувальні набори (плати розробника), розроблені компанією;
- тестувальні набори (плати розробника) сторонніх компаній;
- вбудоване програмне забезпечення;
- онлайн-тренінги.

Загалом, компанія виробляє 13 тестувальних наборів (плат розробника) для всіх МК і СНК компанії. До тестувальних наборів (плат розробника) сторонніх компаній входять IDE, тестувальні набори та інструменти практично всіх світових компаній, що спеціалізуються в цьому проєкті. Вбудоване ПЗ містить:

- Huawei LiteOS;
- IAR Embedded Workbench;
- Geehy Semiconductor Secured RT-Thread.

## ВИСНОВКИ

У статті розглянуто продукцію компанії Geehy Semiconductor. Широка виробнича лінійка компанії дає змогу створювати системи збирання та оброблення даних, а також системи управління промисловими об'єктами, використовуючи тільки мікроконтролери і СНК Geehy Semiconductor. На базі МК серії APM32, до складу якої входять МК з процесорними ядрами Cortex-M0+, Cortex-M3 і Cortex-M4, будується система управління промисловими об'єктами в режимі реального часу, а комунікаційні інтерфейси розширюють мережеві можливості МК.

Якщо додати до МК серії APM32 бездротові СНК і СНК, що забезпечують безпечно передавання та зберігання даних, можна отримати функціонально завершену систему управління або систему збирання та обробки даних. МК, сертифіковані для автомобільної електроніки, розширюють сферу застосування продукції компанії. Для розробки та налагодження можна скористатися розвинутою екосистемою, що містить усі необхідні інструменти від Geehy Semiconductor і сторонніх компаній.

**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

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

APM32 MCU  ARM Cortex  BLE SoC

**GEEHY SEMICONDUCTOR** є дочірньою компанією Apex Microelectronics з 20-річним досвідом розробки мікросхем. Компанія Geehy прагне надавати високоякісні продукти та рішення для створення інтелектуальної та безпечної нової екосистеми для розвитку IoT.

ПОБУТОВА  
ЕЛЕКТРОНІКА



ПРОМИСЛОВИ  
ЗАСТОСУВАННЯ



МЕДИЧНЕ  
ОБЛАДНАННЯ



АВТОМОБІЛЬНА  
ЕЛЕКТРОНІКА



РОЗУМНИЙ  
ТРАНСПОРТ



РОЗУМНА  
ЕНЕРГІЯ



## APM32 Загальний MCU промислового класу

- На основі ядер ARM Cortex-M0+/M3/M4/M7
- Висока продуктивність, низьке енергоспоживання
- Скоротить час і вартість розробки, оптимізує продуктивність
- Послідовність, надійність і стабільність; IEC61508, USB-IF-сертифікація
- -40...+105°C, ESD>8kV

## Bluetooth Low-Energy SoC

- На основі ARM Cortex-M4F і двоядерної архітектури
- Створить функцію бездротового зв'язку з найнижчою вартістю BOM
- Висока чутливість, високий рівень безпеки, низьке енергоспоживання
- Високі радіочастотні характеристики, ефективність захисту від завад
- Кращий досвід роботи з користувачем завдяки інтелектуальній взаємодії з пристроєм

**Geehy за роки існування**

20 років досвіду в розробці мікросхем

450 мільйонів мікросхем щорічно поставляється

4 офіси (1 північноамериканський, 3 офшорні)

5 науково-дослідних об'єктів (R&D лабораторії, центри)

AP/G	M/W	32/88	F/11	103	T	4	T	6	S
<b>Brand</b> Geehy	<b>M:</b> MCU <b>W:</b> Wireless	<b>Family</b> 32: 32-bit MCU 88: BLE SoC 33: 32-bit MCU+BT	<b>F Product type</b> A Auto grade E Enhanced F Foundation L Ultra-low-power S Standard T Touch sensing W Wireless	<b>Specific features (3 digits)</b> 0xx Entry-level Ultra-low-power 10x Mainstream 4xx High-performance	<b>Pin count (pins)</b> D 14 F 20 E 24 G 28 K 32 T 36 H 40 S 44 C 48 U 63 R 64 J 72 M 80 O 90 V 100 Q 132 Z 144 A 169 I 176	<b>Code size (Kbytes)</b> 4 16 6 32 7 48 8 64 9 72 A 96 B 128 Z 192 C 256 D 384 E 512 F 768 G 1024	<b>Packaging</b> H LFBGA/TFBGA I UFBGA Pitch 0.5 J UFBGA Pitch 0.8 k UFBGA Pitch 0.65 M SOP P TSSOP T QFP U QFN Y WLCSP	<b>Temperature range</b> 6 and A: -40°C-85°C 7 and B: -40°C-105°C 3 and C: -40°C-125°C D: -40°C-150°C	<b>SiP type</b> S: SiP 2MB SDRAM Blank=Non-SiP
			<b>11 Specific features</b> 11 BLE4.2 23 BLE5.2						

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

# Застосування мікроконтролерів з інтелектуальною периферією для зменшення енергоспоживання

Стейан Согстед (Stian Sogstad), Microchip Technology

**У статті розглядається приклад використання мікроконтролерів, що дають змогу знизити енергоспоживання. Приклад заснований на спільному застосуванні мікроконтролерів сімейства ATtiny1627 виробництва компанії Microchip та інфрачервоних датчиків руху.**

Розроблення систем із батарейним живленням передбачає розв'язання кількох завдань, головне з яких полягає в зниженні енергоспоживання. У деяких випадках, наприклад у медичних системах або в застосуваннях, пов'язаних із безпекою, це завдання може стати критично важливим. Таким чином, до вибору компонентів слід поставитися вкрай уважно.

Наприклад, під час вибору мікроконтролера (МК) важливо оцінити не тільки його енергоспоживання в різних режимах роботи, а й наявність інтелектуальних периферійних модулів, а також аналогової периферії. Використання подібних МК дасть змогу скоротити кількість зовнішніх компонентів і, отже, знизити енергоспоживання, а також зменшити розміри виробу.

У системах забезпечення безпеки часто використовують інфрачервоний датчик руху (PIR). Цей датчик детектує інфрачервоне випромінювання, інтенсивність якого змінюється залежно від температури об'єкта і характеристик його поверхні. Проходження людини перед датчиком PIR виявляється шляхом зміни інтенсивності ІЧ-випромінювання. У міру того як людина наближається до датчика інтенсивність випромінювання зростає, а в міру віддалення — падає до початкового рівня. Відповідний сигнал  $V_{PIR}(t)$  формується на виході датчика PIR.

Якщо перед датчиком переміщується об'єкт, температура якого відрізняється

від температури навколишнього середовища, але в об'єкта інші властивості поверхні, датчик виявить і таке переміщення. На рисунку 1 наведено залежність вихідної напруги датчика  $V_{PIR}(t)$  від об'єкта, що переміщується перед ним. Оскільки величина напруги  $V_{PIR}(t)$  не перевищує 1 мВ, вихід датчика PIR не можна безпосередньо під'єднати до входу АЦП, не сформувавши попереднього тракту посилення.

Щоб оцінити завдання з проектування, розгляньмо датчик PIR Click виробництва компанії MicroE. Датчик розташований на друкованій платі, на яку встановлено всі пасивні компоненти й операційні підсилювачі (ОП) для посилення сигналу мікрвольтового рівня та АЦП. Ця плата, що є типовим «коробковим виробом», підходить для створення

прототипів і оцінки працездатності. Для створення простого прототипу на додаток до цієї плати можна скористатися тестувальним набором (платою розробника) Curiosity Nano Evaluation Kit виробництва компанії Microchip.

Водночас використання мікроконтролера ATtiny1627 виробництва компанії Microchip із вбудованим 12-бітовим АЦП із диференціальним входом і ОП із програмованим коефіцієнтом підсилення дасть змогу значно скоротити кількість зовнішніх компонентів — необхідність у зовнішньому АЦП усунуто, а підсилювальний каскад спрощено. На рисунку 2 показано як спроститься схема. Знаком закреслення X позначені зовнішні компоненти, у використанні яких відпала необхідність.

На рисунку 3 показано остаточну електричну схему датчика PIR спільно з МК сімейства ATtiny1627. На схемі видно, що кількість зовнішніх компонентів значно зменшилася. На цьому ж рисунку показано друковану плату, розроблену для цієї схеми. Менша кількість компонентів дасть змогу спростити топологію плати і скоротити довжину сигнальних

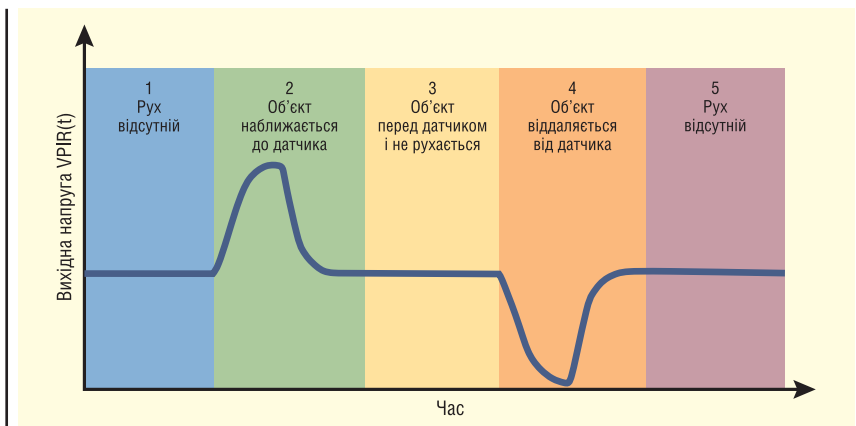
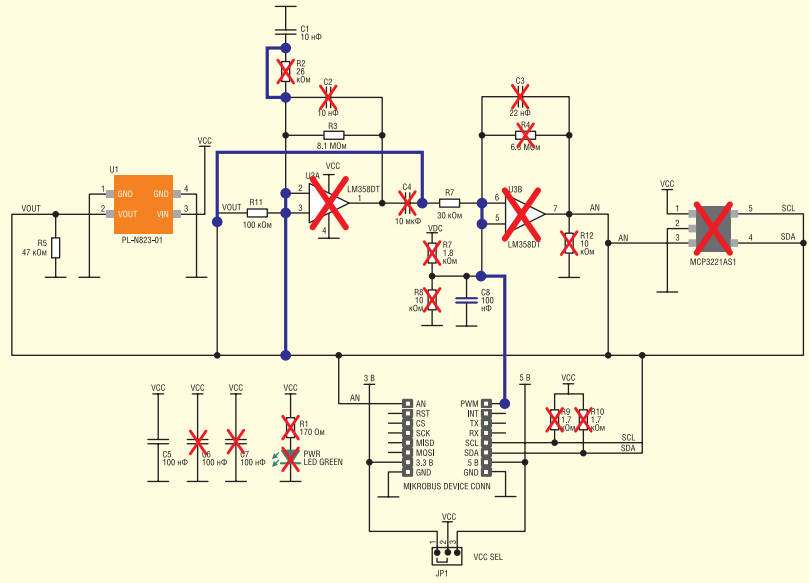
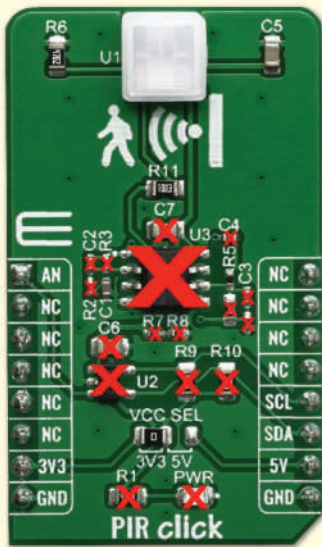
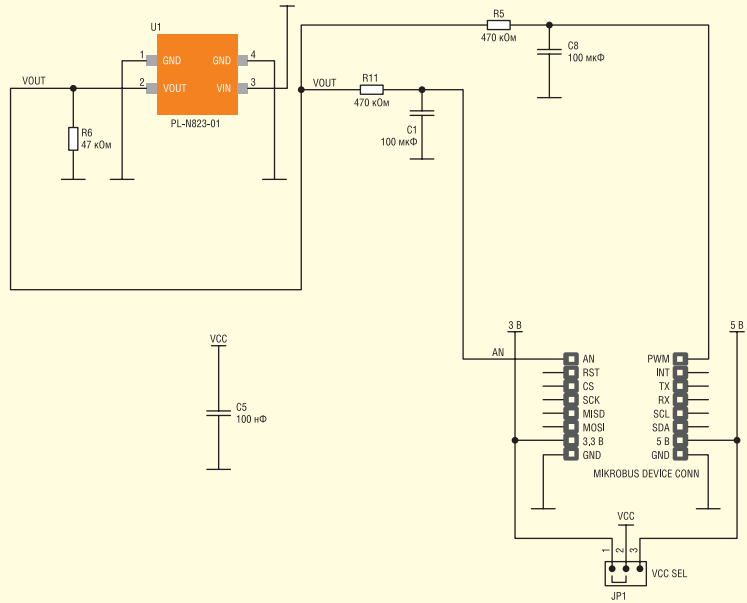
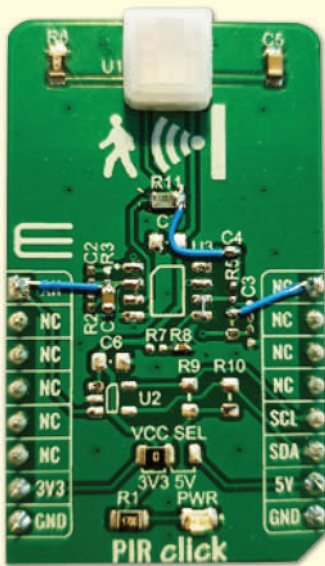


Рис. 1. Залежність вихідної напруги  $V_{PIR}(t)$  датчика PIR від переміщення об'єкта





**Рис. 2.** Зміна схеми під час використання МК ATtiny1627: знаком закреслення X позначено зовнішні компоненти, у застосуванні яких відпала необхідність



**Рис. 3.** Остаточний варіант електричної схеми використання датчика PIR спільно з МК сімейства ATtiny1627

провідників, підвищивши заводо захищеність, що дуже важливо, коли амплітуда сигналу становить сотні мкВ.

У рішенні з МК сімейства ATtiny1627 спрощується і програмне забезпечення, оскільки периферійні модулі МК працюють автономно і не використовують ресурси процесорного ядра. Крім того, схема з МК легко модифікується, і її можна використовувати для різних проєктів. За допомогою програмного забезпечення можна зменшити енергоспоживання за допомогою відповідних режимів МК. Слід врахувати і можливість помітно поліпшити алгоритм детектування об'єктів. Наприклад, мож-

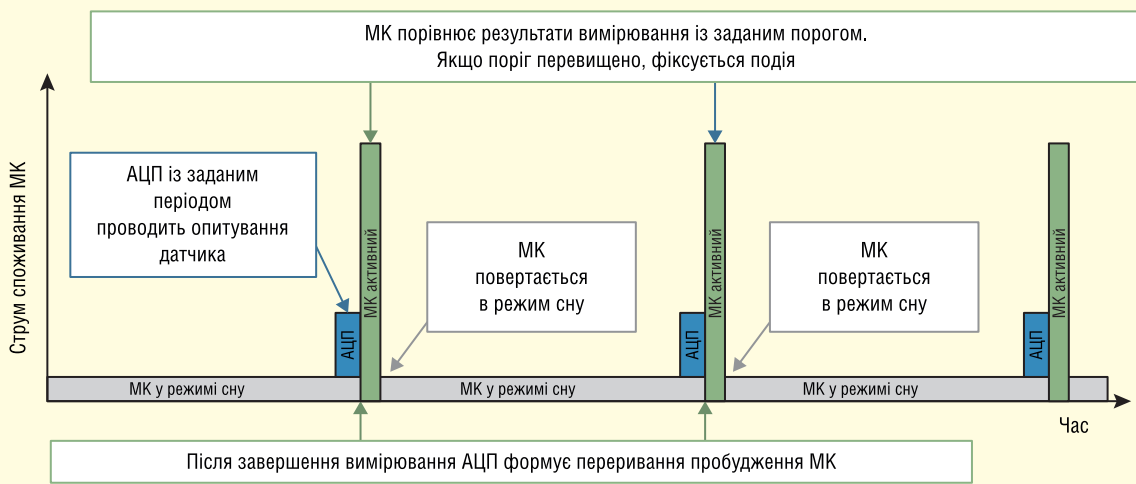
на розпізнавати патерни руху, а також збільшити чутливість виявлення об'єкта, видаливши методами цифрової фільтрації перешкоди та виділивши корисний сигнал.

Розглянемо приклад, у якому ключову роль відіграє низьке енергоспоживання, а саме бездротові вузли сенсорної мережі. У таких вузлах заміна батарей часто є нетривіальним завданням, а в деяких випадках заміна і зовсім не передбачена. Отже, необхідно якомога надовше збільшити термін служби батарей.

Завдяки режимам зниженого енергоспоживання, гнучким способам про-

будження і виходу з цих режимів вдається значно знизити енергоспоживання сенсорного вузла. Перехід МК зі сну в активний режим може здійснюватися шляхом зовнішніх переривань, за таймером або за перериванням, сформованим в активному периферійному пристрої. Після пробудження і обробки переривання МК знову переходить у режим сну з мінімальним енергоспоживанням. На рисунку 4 показано приклад циклічної роботи з переходами між активними режимами і режимами сну.

Ми помітно спростили процес, але слід пам'ятати про високу гнучкість МК: наприклад, під час опрацювання даних



**Рис. 4.** Приклад циклічної роботи МК з переходами між активними режимами і режимами сну

не обов'язково переводити в активний режим усі модулі МК — достатньо розбудити тільки ті, що потрібні для виконання конкретного завдання. Крім того, під час написання алгоритму можна скоротити кількість звернень до пам'яті,

що, в кінцевому підсумку, знизить і енергоспоживання. Якусь частину процесу обробки даних можна перекласти на інтелектуальні периферійні модулі та обійтися без пробудження процесорного ядра.

СН

### НАЙНОВІША МІКРОСХЕМА БЕЗПЕКИ TRUSTANCHOR

У міру того, як транспортні засоби стають все більш підключеними та технологічно просунутими, зростає і потреба в підвищених заходах безпеки. Нові урядові вимоги та вимоги автовиробників до кібербезпеки починають включати більші розміри ключів та стандарти алгоритмів кривої Едвардса ed25519. У відповідь на це компанія **Microchip Technology** випустила свою найновішу мікросхему TrustAnchor Security IC, TA101, яка здатна вирішувати складні завдання автомобільної та вбудованої безпеки. TA101 підтримує ключі великих розмірів до ECC P521, SHA512, RSA-4K та AES256 з підвищеним рівнем захисту, що перевищує сучасні стандарти та залишає простір для майбутніх коригувань, зберігаючи при цьому зворотну сумісність для менших ключів. TA101 пропонується як мікросхема безпеки CryptoAuthentication™ промислового класу і як мікросхема безпеки CryptoAutomotive™, що підтримує пристрої, кваліфіковані за стандартом AEC-Q100 Grade 1.

Як найновіший пристрій в портфоліо мікросхем безпеки Microchip, TA101 спеціально розроблений для підтримки автомобільної безпеки, центрів обробки даних та промислових застосувань. Криптографічний супутній пристрій працює разом з мікроконтролером (MCU) або мікропроцесором (MPU) для виконання криптографічних функцій, включаючи інфраструктуру відкритих ключів, управління сертифікатами та вимоги до безпечного зберігання ключів. TA101 забезпечує легке оновлення патчів, автентифікацію повідомлень, безпеку на транспортному рівні (TLS), безпечне завантаження, захист високошвидкісного цифрового контенту (HDCP), оновлення прошивки, оновлення безпеки, передачу прав власності, управління ключами та автентифікацію WPC Qi® 1.3.

«Для OEM-виробників критично важливо не тільки відповідати поточним стандартам, але й бути на крок попереду, коли мова йде про безпеку. Впроваджуючи розміри ключів, пов'язані з 256-бітовим захистом, TA101 пропонує велику різноманітність ключів зараз і для майбутніх застосувань, — сказав Нурі Дагдевирен (Nuri Dagdeviren), корпоративний віцепрези-

дент групи безпечних обчислень компанії Microchip. — Крім того, модульний підхід Microchip до створення рішень безпеки дозволяє клієнтам вибрати оптимальний за розміром і ціною мікроконтролер на основі цільового застосування модуля, одночасно стандартизуючи єдине рішення безпеки, яке задовольняє практично всі вимоги безпеки».

TA101 пропонує альтернативну архітектуру багатоядерного MCU/MPU для керування бортовою мережею, пропонуючи позачиповий компонент для безпечного завантаження та автентифікації повідомлень. Пристрій сумісний з широким спектром MCU або MPU, що дозволяє створювати гнучкі рішення, які допомагають знизити витрати і скоротити час виходу на ринок.

TA101 пропонує набір алгоритмів комерційного алгоритму національної безпеки (CNFA) версії 1.0 та криву ed25519 в одній мікросхемі. Знижуючи ризик, пов'язаний з розробкою та впровадженням безпечного коду, він поставляється попередньо запрограмованим і попередньо встановленим на сертифікованих об'єктах Microchip Common Criteria ALC\_DVS.2.

TA101 підтримується набором для розробки платформи CryptoAuth Trust Platform Development Kit і декількома платами TA101 з роз'ємом mikroBUS™. Ці плати також можна використовувати з платою розширення mikroBUS Xplained Pro Extension Board, яка підключається до широкого спектра плат Xplained Pro для розробки проєктів з мікроконтролерами SAM.

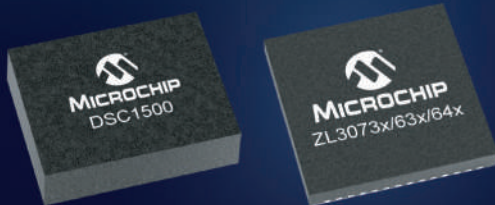
Рівень абстракції мікроконтролера TA101 AUTOSAR® (MCAI) відповідає стандарту ASPICE Level 2. Бібліотека програмного забезпечення CryptoAuthentication від Microchip дозволяє легко інтегруватися в стандартні операційні системи або індивідуальні програмні стеки для криптографічних функцій. Trust Platform Development Suite (TPDS) можна використовувати для налаштування прототипів і підготовки їх до виробництва на захищених заводах Microchip.

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

# Microchip це...

## Джерела тактових сигналів та пристрої синхронізації

- Атомні годинники <
- Тактові генератори <
- Синхронізація для PCIe® <
- Годинники реального часу <
- Тактові та синхронізуючі пристрої на основі мікроелектромеханічних систем (MEMS) <



- Зв'язок 5G
- Центри опрацювання даних
- Електроенергетика
- Телекомунікація
- Генерація та перетворення енергії
- Аерокосмічна галузь

- Промисловість
- Авіація
- Автомобільна техніка
- Транспортуння та перевезення
- Оборонний сектор



[microchip.com/clock-timing](https://microchip.com/clock-timing)



Назва і логотип Microchip та логотип Microchip є зареєстрованими товарними знаками компанії Microchip Technology Incorporated в США та інших країнах. Всі інші товарні знаки є власністю їх зареєстрованих власників.  
© 2022 Microchip Technology Inc. Всі права захищені.  
MEC2459A-UK-12-22



# Проєтуємо в Altium Designer чотиришаровий стек друкованої плати з імпедансом 50 Ом

Закарайа Петерсон (Zachariah Peterson)

Адаптований переклад українською та технічне редагування:

Олександр Соколовський, ДП «Гальванотехніка»

**Стаття містить поради для розробників, які хочуть створити чотиришаровий стек друкованої плати та готові почати працювати з шарами живлення та заземлення.**

## ПРОЄКТУЄМО ВИСОКОШВИДКІСНІ ПЛАТИ В ALTIUM DESIGNER

Розробники, які перейшли з двошарової плати на чотиришарову, ймовірно, готові почати працювати з шарами живлення та заземлення. Щоб допомогти вам у розробці вашого проєкту існує стандартний стек, який рекомендують використовувати розробникам друкованих плат більшість виробників.

Базовий стек, який є найбільш рекомендованим, — це стек типу SIG/GND/PWR/SIG, де внутрішні шари є площинами або великими багатокутними полігонами. Для багатьох типів проєктів це нормально, якщо ви не допускаєте простих помилок у компонованні та маршрутизації.

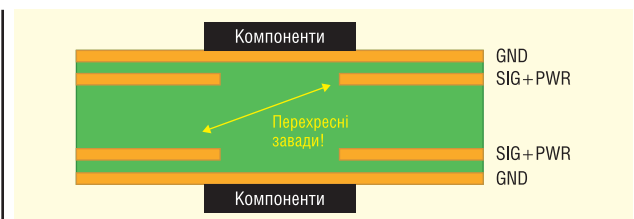
Якщо вам потрібно зробити щось складніше, наприклад, розміщення та розведення високошвидкісних компонентів по обидва боки плати, вам доведеться використовувати альтернативний стек. Типова помилка маршрутизації, що веде до створення базового 4-шарового стека, полягає в маршрутизації високошвидкісних сигналів між верхнім та нижнім шарами без забезпечення чіткого зворотного шляху, що призводить до великого випромінювання електромагнітних завад від плати. Замість цього вам слід використовувати один із цих альтернативних 4-шарових стеків для створення власного стека та розведення друкованої плати.

### СТЕК № 1: GND/SIG + PWR/SIG + PWR/GND

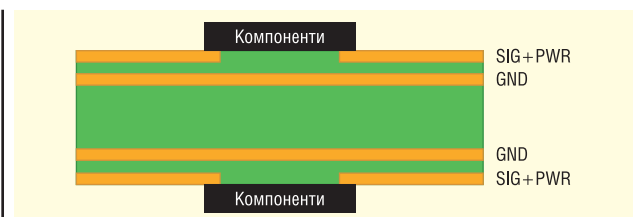
У цій структурі використовують заземлення на зовнішніх шарах для забезпечення високого захисту від зовнішніх електромагнітних завад. Даний стек також може забезпечити легкий і зручний шлях для електростатичного розряду назад до GND і, зрештою, до корпусу пристрою або «землі» без необхідності прямувати шляхом через перехідний отвір до внутрішнього шару (рис. 1).

Цей тип конструкції із заземленням на зовнішніх шарах і низькоомним з'єднанням із «землею» безпосередньо за допомогою доріжок безумовно є найбезпечнішою конструкцією з погляду електромагнітних завад та електростатичного розряду. При необхідності він також добре масштабується до більшої кількості шарів.

Потенційна проблема цього стека — перехресні завади між сигналами на різних шарах. Зазвичай товщина друкованої плати складає близько 1 мм, але цієї відстані не завжди достатньо, щоб гарантувати відсутність перехресних завад, особливо на високих швидкостях передачі даних. Найкращий спосіб запобігти індуктивним перехресним завадам — це ортогональна маршрутизація на різних шарах. Крім того, не використовуйте це з дуже високошвидкісними сигналами або у платах з високою частотою, інакше ємнісні перехресні завади між шарами сигналу стануть серйознішою проблемою.



**Рис. 1.** Таке структурування забезпечує високий рівень захисту від зовнішніх шумів, але мало пригнічує внутрішні шуми (перехресні завади) між високошвидкісними сигналами, що передаються на різних рівнях (шарах)



**Рис. 2.** У схемі SIG + PWR/GND/GND/SIG + PWR існує ймовірність того, що цифровий зворотний струм у площині PWR робить дуже велику петлю назад до «землі». Один із шляхів — через найближчий розділовий конденсатор, але це не усуває низькочастотні електромагнітні завади



Щоб усунути проблему перехресних завод, розгляньте можливість інвертування цього стека.

## СТЕК № 2: SIG+PWR/GND/GND/SIG+PWR

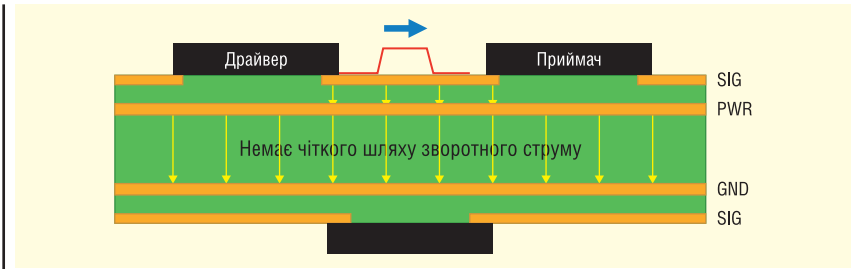
На мій погляд, цей стек кращий, особливо для будь-якої плати, де високошвидкісні сигнали мають передаватися між двома зовнішніми шарами плати. Цей стек є просто інверсією попереднього стека (див. рис. 2). Однак його функція інша. Він не обов'язково призначений для забезпечення високої ізоляції від зовнішніх джерел шуму. Натомість це найкращий варіант для систем, яким потрібні високошвидкісні компоненти і розводка на обох сторонах плати. Також легко спроектувати цей чотиришаровий блок для контрольованого імпедансу 50 Ом. На фінальному етапі обов'язково з'єднайте площини GND з перехідними отворами поруч із місцем переходу сигналу.

Компромісом цього стека є нижчий рівень екранування сигналів на зовнішньому шарі. Сигнали на кожному боці плати екрановані один від одного, але не від зовнішніх джерел випромінювання. Цей стек має ще одну перевагу: його можна прокласти безпосередньо до компонентів, не розрізаючи шар заземлення. Загалом, ці переваги цього і попереднього стека ідеально підходять для високошвидкісних проєктів із маршрутизацією на обох поверхнях, якщо порівнювати зі стандартним стеком SIG/PWR/GND/SIG.

## ЧОМУ ЦІ СТЕКИ КРАЩІ ДЛЯ ОДНОСТОРОННІХ ВИСОКОШВИДКІСНИХ СИГНАЛІВ

Стандартний стек SIG/PWR/GND/SIG для 4-шарової плати, як і раніше, підходить для високошвидкісної роботи, але ви можете надійно підтримувати цифрову передачу від середньої до високої швидкості тільки на одній стороні плати. Це пов'язано з парою шарів SIG/GND, яка ідеально підходить для цифрових сигналів; шар сигналу, що прилягає до шару GND, є шаром, який слід використовувати для цифрових технологій із таких причин:

- **Контрольований імпеданс.** Близька відстань між шаром GND і шаром SIG дозволяє задавати контрольований імпеданс для односторонніх



**Рис. 3.** У схемі SIG/PWR/GND/SIG існує ймовірність того, що цифровий зворотний струм у шарі PWR проходить дуже велику петлю назад до «землі». Один із шляхів — через найближчий розділовий конденсатор, але це не усуває низькочастотні електромагнітні завади

доріжок до 50 Ом (або інший імпеданс), не роблячи траси надмірно широкими.

- **Екранування.** Стек SIG + PWR/GND/GND/SIG + PWR матиме найвищий захист від внутрішнього шуму та міжшарових перехресних завод, тоді як інверсний стек матиме найвищий захист від зовнішнього шуму, але в разі неправильної маршрутизації матиме внутрішні перехресні завади.
- **Чіткий зворотний шлях.** Зворотний шлях з емнісним зв'язком має низький імпеданс, оскільки він збуджується безпосередньо в шарі заземлення. Порівняйте це з парою шарів SIG/PWR, яка є зворотним шляхом з високим опором або дуже великою петлею зворотного струму, що генерує електромагнітні завади.

Основною причиною на користь використання одного з цих альтернативних стеків є останній пункт в цьому списку, де йдеться про необхідність забезпечення зворотного шляху. Зворотний шлях, що виникає в площині живлення, непередбачуваний і може бути дуже великим (рис. 3).

Щоб спробувати зменшити площу контуру та опір зворотного шляху для цифрових сигналів, одним зі способів може бути нанесення мідної заливки на поверхневий шар навколо ваших доріжок над площиною живлення. Однак емнісний зв'язок між дорізкою і сигналом може бути слабким, і немає ніякої гарантії значного зниження електромагнітних завод.

У той час як тільки один шар з двох ідеально підходить для цифрових сигналів, стандартний стек SIG/PWR/GND/SIG має інші переваги. Використовуючи виділений шар живлення, ви все одно можете пропускати вищий струм, ніж під час використання мідної заливки, що використовується для маршрутизації живлення; це було б корисно в енергосистемі, яка потребує деякої схеми цифрового керування. Нижній шар можна

використовувати для розміщення багатьох інших компонентів, таких як роз'єми або пасивні компоненти.

Важливий висновок щодо створення стандартної 4-шарової конструкції стека, особливо стосовно розміщення живлення на 4-шаровій платі, полягає в наступному: включення виділеного шару живлення не призведе до автоматичного провалу вашої конструкції під час тестування на EMC. Однак не думайте, що ви можете спрямовувати цифрові сигнали так, як захочете, тільки тому, що ви спрямовуєте їх по єдиному шару живлення. Набагато важливіше зрозуміти, як зворотний шлях поширюється в шарі живлення і як він зрештою з'єднується із «землею» через зворотний шлях із високим імпедансом. Про альтернативні 4-шарові плати для високошвидкісних друкованих плат можна подивитися відео за посиланням <https://youtu.be/b4ncs8qfAiA>.

Незалежно від того, який чотиришаровий стек друкованої плати ви хочете створити, прості у використанні інструменти проєктування в CircuitMaker допоможуть вам швидко налаштувати стек і створити схему друкованої плати. Усі користувачі *Altium Designer* можуть створювати схеми, макети друкованих плат і виробничу документацію, необхідну для переходу від ідеї до виробництва за допомогою інструментів CircuitMaker. Користувачі також мають доступ до особистого робочого простору на платформі Altium 365, де вони можуть завантажувати і зберігати проєктні дані в хмарі, а також легко переглядати проєкти через веб-браузер на захищеній платформі.

Почніть використовувати CircuitMaker вже сьогодні і стежте за новими версіями CircuitMaker Pro від Altium.

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

**e-mail: [altium@softprom.com](mailto:altium@softprom.com),  
[https://softprom.com/ua/  
vendor/altium](https://softprom.com/ua/vendor/altium)**

CN

# Простий підхід до збільшення вихідної потужності для відновлюваних джерел енергії та електроприводів

**Бернхард Айхлер (Bernhard Eichler), Еміліано Меца (Emiliano Meza),**  
Semikron Danfoss Elektronik GmbH & Co.

**Адаптований переклад українською та технічне редагування:**  
**Володимир Павловський, к.т.н, с.н.с., Інститут електродинаміки НАН України**

**Силовий модуль SEMITRANS 20 відповідає зростаючим вимогам до потужності перетворювачів для відновлюваних джерел енергії та потужних електроприводів, що вимагають більшої густини потужності. Вихідна потужність перетворювачів постійно зростає, а новітні вітрові турбіни тепер здатні виробляти до 15 МВт. Таке збільшення потужності ставить нові виклики перед розробниками, особливо в галузі відновлюваних джерел енергії та електроприводів, тому що воно досягається шляхом підвищення напруги, струму або того та другого одночасно.**

Силовий модуль SEMITRANS 20 дозволяє отримати більший струм, ніж силові модулі попереднього покоління, завдяки новітнім технологіям виготовлення корпусів і чипів. Він також оптимізований для роботи у паралельному з'єднанні, з метою подальшого збільшення вихідної потужності перетворювача. Крім того, SEMITRANS 20 дозволяє легко реалізувати 3-рівневу топологію, що є ключовим рішенням до підвищення робочої напруги.

## ЗБІЛЬШЕНИЙ СТРУМ НА РІВНІ МОДУЛЯ

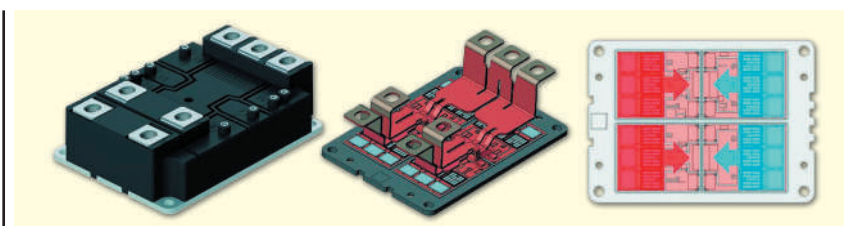
Для збільшення вихідної потужності силових модулів їх чипи IGBT, як і чипи діодів, з'єднують паралельно. При цьому, однак, конструкція силового модуля повинна забезпечувати рівномірний розподіл струму між такими чипами. Нерівномірний розподіл струму призведе до того, що деякі чипи будуть нагріватися сильніше, ніж інші, що, зрештою, скоротить термін служби силового модуля. Конструкція силового модуля

SEMITRANS 20 усуває цю проблему, забезпечуючи рівномірне розподілення струму за допомогою симетричної компоновки мідних шин однакової форми (Direct Bonded Copper, DBC).

Як показано на рисунку 1 (праворуч), кожен IGBT і діод у силовому модулі SEMITRANS 20 підключається до DBC так, щоб забезпечити однакові та симетричні шляхи до вихідних контактів модуля. Таке розташування забезпечує рівномірний розподіл струму між чипами для кожного ключа, що стає особливо важливим при підвищених швидкостях комутації. Однакова індуктивність розсіювання робить силовий модуль SEMITRANS 20 ідеальним кандидатом на використання карбиду кремнію в майбутньому.

Для тактових частот нижче 10 кГц нові IGBT M7 максимізують використання простору за рахунок збільшення струму для заданої площі чипа. У силовому модулі SEMITRANS 20 додатково оптимізовано з'єднання чипів з радіатором; це дало можливість використати понад 70% базової пластини для розміщення чипів, тоді як попередні конструкції силових модулів використовували лише близько 55% площі пластини. Таке технічне рішення збільшує струм і, отже, густину потужності, але тоді потрібен ретельний контроль теплового опору, щоб не перегрівати чипи, що забезпечить нормальну роботу силових модулів та збільшить їх термін служби.

Вища густина струму на квадратний міліметр створює новий виклик: охолодження чипів на обмеженій площі, що вимагає зниження їх теплового опору. Щоб вирішити цю проблему, Semikron Danfoss пропонує новий високоякісний матеріал *HP-PCM (High Performance Phase Change Material)*, який використовують для термоз'єднань; він має тепловий опір, що наближений до теплового опору еталонної термопасти *HP-TP (High Performance Thermal Paste)*. Цей матеріал спрощує виготовлення силових модулів, тому що він твердий



**Рис. 1.** Симетричне розташування чипів у силовому модулі SEMITRANS 20

при кімнатній температурі та менш чутливий до дрібних залишків, які можна легко змести щіткою. Оскільки такий матеріал є складним у застосуванні, Semikron Danfoss також пропонує силові модулі з попередньо нанесеним матеріалом HP-PCM. Цей матеріал наносять у контрольованому середовищі без пилу з оптимальними шаблонами друку для кожного модуля. В поєднанні з 4-гвинтовим методом монтажу це зменшує загальну вартість і трудовитрати на монтаж модулів.

### ЗБІЛЬШЕНИЙ СТРУМ ПЕРЕТВОРЮВАЧА НА СИСТЕМНОМУ РІВНІ

Якщо необхідна вихідна потужність є більшою, ніж може віддати один силовий модуль, потрібне паралельне увімкнення модулів. Хоча керувати кожним силовим модулем можна за допомогою окремих драйверів, це збільшує вартість всього пристрою і зменшує розрахунковий середній час напрацювання на відмову (*Mean Time Between Failure, MTBF*). Це пояснюється тим, що тоді в схему перетворювача потрібно вбудувати велику кількість компонентів для драйверів, а середній час безвідмовної роботи зменшується з додаванням у схему кожного наступного компонента. Тому один драйвер для кількох паралельно з'єднаних модулів знижує вартість всього пристрою і підвищує його надійність. Керування декількома силовими модулями лише одним драйвером потребує виконання певних вимог: драйвер повинен мати не тільки достатню вихідну потужність; важливим фактором є рівномірний розподіл потужності драйвера між кількома силовими модулями.

Завдяки симетричній компоновці та низькій індуктивності розсіювання (лише 10 нГн), у кожному з паралельно увімкнених модулів SEMITRANS 20, якими керує один драйвер, підтримується рівномірний розподіл струму, як показано на рисунку 2 для випадку короткого замикання. У поєднанні з драйвером SKYPER 42 LJ PV силовий модуль SEMITRANS 20 надійно працює у системах високої потужності з напругою до 1500 В постійного струму. Завдяки збільшеному вихідному струму один драйвер SKYPER 42 LJ PV забезпечує достатню потужність для керування модулями SEMITRANS 20 в кількості до п'яти одиниць при їх паралельній роботі на частоті 2.5 кГц. Це дозволяє створювати силові блоки з водяним охолодженням та вихідною

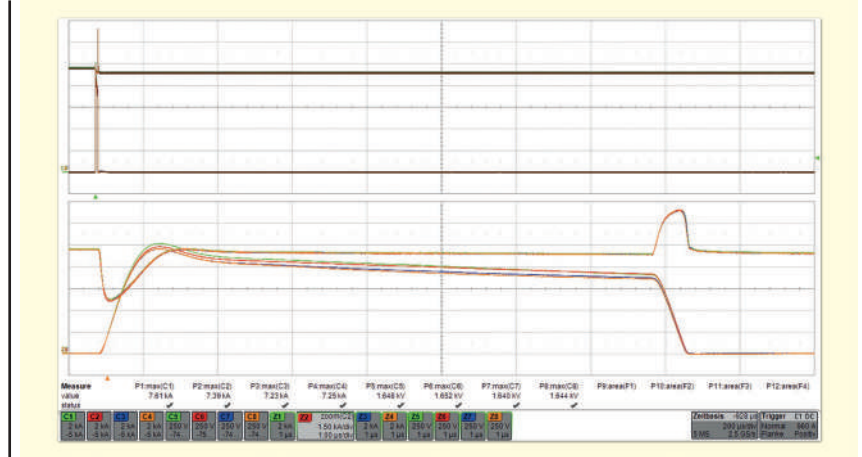


Рис. 2. Коротке замикання чотирьох паралельних модулів SEMITRANS 20 з максимальним струмом 10 000 А

потужністю до 3.5 МВт. Конструкція драйвера забезпечує гнучкість налаштування кількості паралельних силових модулів, зберігаючи при цьому високу надійність сертифікованої продукції з торгівельною маркою SEMIKRON. Для 3-рівневої топології цей драйвер також пропонує користувачам опцію з налаштуванням послідовності вимкнення, що реалізує безпечне вимкнення модуля в разі короткого замикання.

### 3-РІВНЕВА ТОПОЛОГІЯ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ НАПРУГИ ТА ПОТУЖНОСТІ

Оскільки збільшення струму системи потребує дорожчих кабелів з більшим поперечним перерізом, для збільшення її вихідної потужності слід також розглянути збільшення напруги системи. Зараз «Директива щодо низьковольтної напруги для відновлюваних джерел» дозволяє працювати з напругою до 1500 В постійного струму. Реалізація 3-рівневої топології дає можливість перетворювачам нормально працювати на таких високих напругах, навіть використовуючи стандартні силові модулі

для напруги 1200 В. Крім того, для 3-рівневих конструкцій зменшуються затрати на фільтрацію завдяки подвоєнню тактової частоти на виході інвертора.

Для двонаправленого потоку потужності набула популярності топологія з клемою активної нейтральної точки (*Active Neutral Point Clamp, ANPC*), оскільки вона забезпечує рівномірні втрати в усьому діапазоні значень коефіцієнта потужності. Це дозволяє накопичувачу енергії віддавати в мережу та отримувати з неї однакову кількість енергії. Для систем високої потужності таку ANPC конфігурацію можна зробити навіть з використанням стандартних напівмостових модулів.

У конфігурації «висока частота/низька частота» (*High Frequency/Low Frequency, HF/LF*) вхід з боку постійного струму перемикають з тактовою частотою ШІМ (наприклад 3 кГц), тоді як вихід змінного струму перемикають з частотою мережі; зазвичай це частота 50/60 Гц. У такій конфігурації контур, в якому відбувається «швидка» комутація з боку входу, має мінімальну довжину в межах одного силового модуля, що показано пунктирними лініями на рисунку 3. В контурі, який охоплює з'єд-

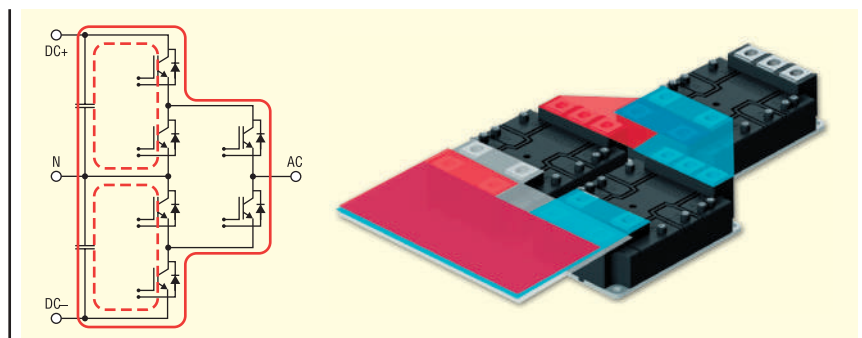


Рис. 3. Компактна схема з низькою індуктивністю для топології ANPC

нання між вхідним і вихідним каскадами, перемикання відбуваються з тактовою частотою мережі; це означає «повільну» комутацію для більшого контуру (суцільна лінія на рис. 3).

Силовий модуль SEMITRANS 20 завдяки продуманому розташуванню контактів легко з'єднати з будь-яким модулем силової електроніки, що має топологію ANPC, як показано на рисунку 3 (праворуч). Це забезпечує просту трирівневу конструкцію ланки постійного струму та можливість легкого з'єднання між усіма трьома модулями для кожної фази. Крім того, усі місця з'єднання драйверів є доступними для огляду та/або монтажних робіт навіть після підключення ланки постійного струму та силових шин.

### СПІКАННЯ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДЛЯ ВАЖКИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Умовах постійно зростаючої потужності роторна частина схеми вітрових перетворювачів нерідко працює на низькій частоті першої гармоніки; особливо це стосується індукційних генераторів подвійного живлення (*Doubly Fed Induction Generators, DFIG*) або генераторів без редукторів, таких як вітрові турбіни з прямим приводом (*Direct Drive, DD*). Низька частота може призводити до перевантаження силових модулів з-за циклів дуже високих струмових навантажень. Для забезпечення максимальної надійності перетворювача під час роботи вітрової турбіни всі чипи в силових модулях SEMITRANS 20 з напругою 1700 В кріплять до підкладки кожного модуля за допомогою спікання, як показано на рисунку 4.

Запроваджене фірмою SEMIKRON у 2007 році спікання срібним припоєм забезпечує значно вищу температуру плавлення порівняно зі звичайним паяним з'єднанням між чипом та підкладкою: 962 °C для спікання срібним

припоєм і лише біля 250 °C для припаювання олов'яно-свинцевим припоєм. З'єднання спіканням проводиться під високим тиском і за високою температурою, що дає в результаті міцне та монолітне з'єднання. За максимальної робочої температури чипа 175 °C з'єднання спіканням забезпечує значно більший запас щодо температури розплавлення 962 °C. Це дає змогу в три рази збільшити кількість циклів потужності для модулів SEMITRANS 20 порівняно зі стандартними застарілими силовими модулями.

### ВИСНОВКИ

Завдяки своїй здатності віддавати великий струм силові модулі SEMITRANS 20 забезпечують збільшену потужність для відновлюваних джерел енергії та потужних електроприводів. Симетричне розташування чипів у корпусі модуля в поєднанні з новітніми IGBT-модулями дає можливість отримати вищу густину струму. Новий високоякісний матеріал HP-PCM забезпечує знижений тепловий опір від силового модуля до радіатора, що підвищує ефективність охолодження енергоємного модуля. Силові модулі SEMITRANS 20 також легко інтегрувати в конфігурацію HF/LF ANPC, яка чудово підходить для роботи у двонаправленому режимі з напругою 1500 В постійного струму для застосування у вітроенергетиці та системах збереження енергії. Щодо застосування у вітроенергетиці модулів SEMITRANS 20, розрахованих на напругу в 1700 В, то технологія спікання втричі збільшує кількість термоциклів цих модулів порівняно зі стандартною технологією паяння, що, в свою чергу, збільшує термін їх служби. Це робить силові модулі SEMITRANS 20 ідеальним рішенням для наступного покоління потужних відновлюваних джерел енергії та електроприводів.

**Більш детальну інформацію щодо продукції Semikron Danfoss можна отримати, звернувшись до офіційного дистриб'ютора в Україні — ТОВ НВП «Техносервіс-привід»:**

**03057, м. Київ,  
пр-т Берестейський, 56,  
офіс 335,  
тел. +38 (044) 458-47-66,  
e-mail: sp.tsdrive@gmail.com,  
www.tsdrive.com.ua,  
https://semismart.com.ua**

### ПАРТНЕРСТВО ЗМІЦНЮЄТЬСЯ: INFINEON ТА SEMIKRON DANFOSS ПІДПИСАЛИ УГОДУ ПРО ПОСТАЧАННЯ МІКРОСХЕМ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

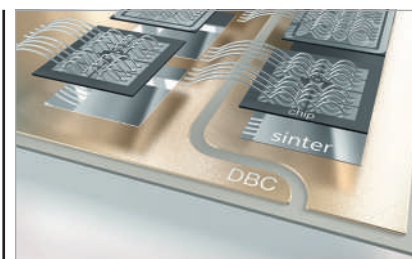
За прогнозами аналітиків, до 2028 року автомобілі з повністю або частково електрифікованою трансмісією становитимуть дві третини вироблених автомобілів. Таке стрімке зростання кількості електромобілів зумовлює попит на силові напівпровідники. На цьому тлі **Infineon Technologies AG** та **Semikron Danfoss** підписали багаторічну угоду про постачання кремнієвих мікросхем для електромобілів. Infineon постачатиме Semikron Danfoss чипсети, що складаються з IGBT-транзисторів та діодів. Ці мікросхеми в основному використовуються в силових модулях для інверторів, які застосовуються для головного приводу в електромобілях.

«Як світовий лідер у галузі автомобільних напівпровідників, Infineon створює революційні рішення для екологічно чистих і безпечних транспортних засобів. Вже сьогодні наші IGBT-транзистори та діоди відіграють важливу роль у трансформації індустрії електромобілів, забезпечуючи ефективне перетворення енергії в електричних силових агрегатах, — говорить Пітер Шифер (Peter Schiefer), президент автомобільного підрозділу Infineon. — Наш широкий асортимент продукції, системний досвід та постійні інвестиції у виробничі потужності роблять нас цінним партнером для таких гравців автомобільної галузі, як Semikron Danfoss».

Клаус А. Петерсен, президент Semikron Danfoss, додав: «Semikron Danfoss надає клієнтам автомобільної галузі силові модулі, засновані на найсучасніших технологіях виробництва, які повністю використовують можливості IGBT та діодів для подальшої декарбонізації транспортного сектору. Клієнти автомобільної промисловості довіряють нам як досвідченому багаторічному партнеру, що сприяє трансформації галузі».

IGBT та діоди для Semikron Danfoss будуть вироблятися компанією Infineon на своїх заводах у Дрездені (Німеччина) та Кулімі (Малайзія). Semikron Danfoss виробляє власні автомобільні силові модулі в Нюрнберзі та Фленсбурзі (Німеччина), в Ютиці (США), а з наступного року — в Нанкіні (Китай).

**www.semikron-danfoss.com  
www.infineon.com**



**Рис. 4.** Технологія для кріплення чипів спіканням



# НВП "ТЕХНОСЕРВІСПРИВІД"

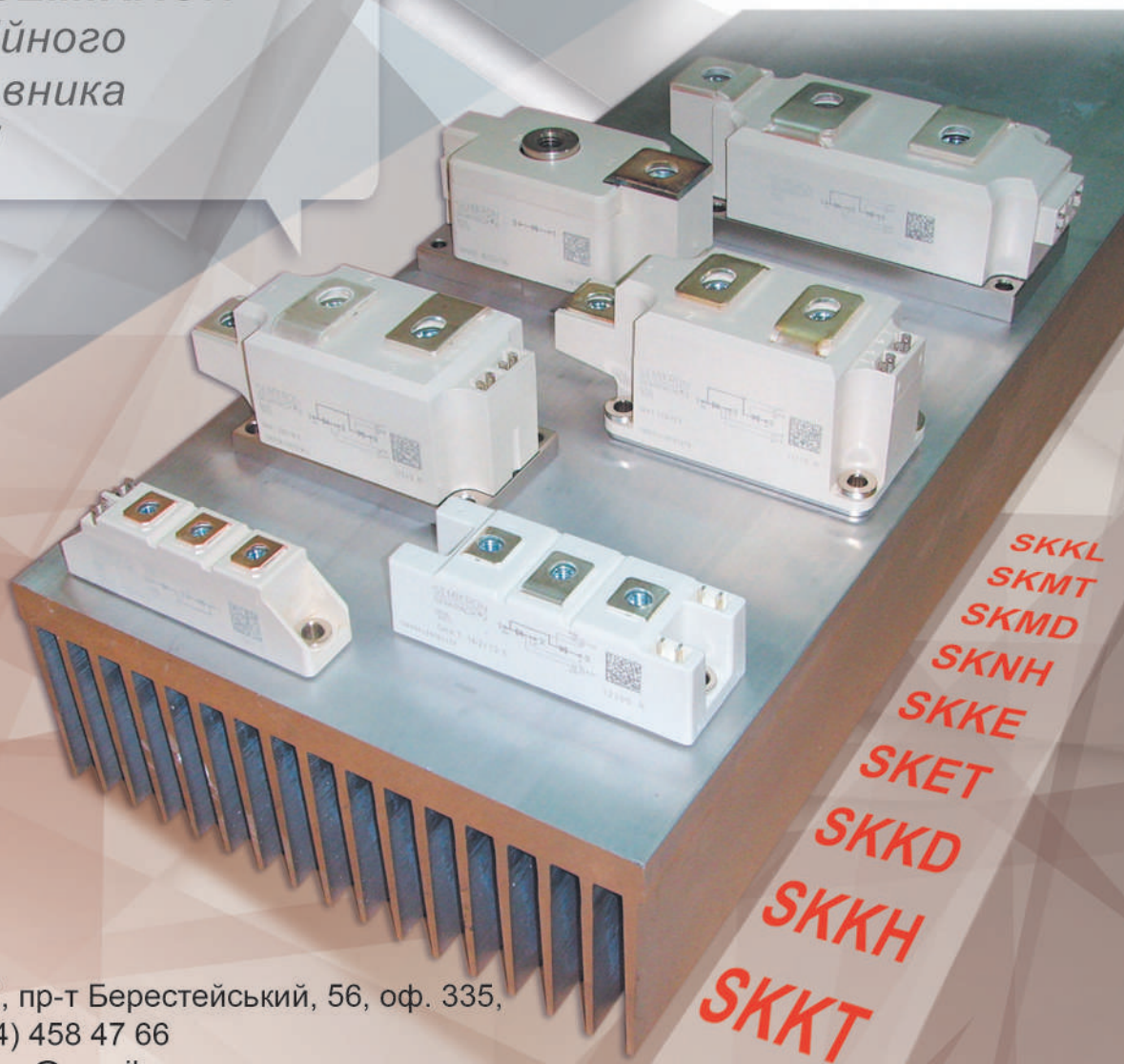
Офіційний представник Semikron Danfoss в Україні

[www.tsdrive.com.ua](http://www.tsdrive.com.ua)



**SEMİKRON  
DANFOSS**

*Діодні, тиристорні  
та діодно-тиристорні  
модулі SEMİKRON  
від офіційного  
представника  
в Україні*



03057, Київ-57, пр-т Берестейський, 56, оф. 335,  
тел./факс: (044) 458 47 66  
E-mail: [sp.tsdrive@gmail.com](mailto:sp.tsdrive@gmail.com)

# SiC-модулі Mitsubishi Electric: новий рівень енергоефективності електропоїздів

Кенжі Хаторі (Kenji Hatori), Нілс Солтау (Nils Soltau),  
Ойген Штумпф (Eugen Stumpf), Mitsubishi Electric

Протягом останніх років на світовому ринку напівпровідників (н/п) у малому та середньому діапазоні потужностей спостерігається стійка тенденція щодо заміщення класичних кремнієвих транзисторних модулів карбід-кремнієвими аналогами (SiC). Це дає змогу створювати більш компактні промислові перетворювачі, інвертори для відновлюваної енергетики, ДБЖ, а також підвищує їхню ефективність. У статті йдеться про переваги, які дають SiC-модулі для високопотужних тягових перетворювачів.

Останнім часом SiC-модулі все частіше розглядаються для використання у високопотужних застосуваннях, де потрібна висока надійність, — таких як залізничні інвертори. Чудові показники продуктивності карбід-кремнієвих модулів уже були показані в кількох прикладах залізничних застосувань.

Так, ще у 2013 році компанія Mitsubishi Electric вивела на ринок перший у світі перетворювач власних потреб (ПВП), побудований на повних SiC- або Full-SiC-модулях (транзистори та діоди на основі карбиду кремнію) класу напруги 1200 В [1]. Ці перетворювачі використовують у вагонах токійського метро в Японії. Завдяки застосуванню карбиду кремнію втрати електроенергії в цих ПВП було знижено на 30%, а розміри та масу на 20 і 15% відповідно.

У 2014 році почалися перші польові випробування тягового інвертора,

побудованого на Full-SiC-модулях з номінальним струмом 1500 А [2]. Цей інвертор був спроектований на напругу контактної мережі 1500 В, і тому використовувалися модулі класом напруги 3300 В.

Як показано на рисунку 1, розміри та вага нового перетворювача скоротилися на 65% порівняно з класичними тяговими інверторами. При цьому тягова система загалом (включно з інвертором і електродвигунами) продемонструвала зменшення втрат електроенергії приблизно на 40% щодо класичних рішень [3].

Багато перетворювачів на основі Full-SiC-модулів різних діапазонів потужності перебувають в експлуатації вже багато років, за цей час карбід кремнію відмінно показав себе не тільки з погляду збільшення ККД і зниження розмірів, а й з погляду надійності.

## ПОТЕНЦІАЛ ДО БІЛЬШОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

### Тягове застосування

При тій самій напрузі блокування, SiC-чипи тонші, а також мають більшу швидкість перемикавання, якщо порівняти з кремнієвими кристалами. Це одна з причин, чому перетворювачі на базі SiC-модулів зазвичай досягають істотно кращих показників ефективності. Дослідження, проведені з використанням класичного профілю навантаження пасажирського електропоїзда, показують зниження втрат у Full-SiC-інверторі на 59% при збереженні інших характеристик [4].

### Рекуперация і гальмування

Додаткове збільшення ККД перетворювача може бути досягнуто завдяки підвищенню потужності рекуперативного гальмування. Під час гальмування поїзда силові модулі, як правило, зазнають більшого теплового стресу, ніж під час розгону. Це відбувається через те, що площа чипів зворотних діодів усередині модулів, які пропускають струм під час гальмування, значно менша за площу транзисторів, що відповідають за розгін. Таким чином кількість енергії, яка може бути рекуперована назад у мережу, лімітована. Особливо це актуально за високих швидкостей поїзда. У випадку з карбід-кремнієвими модулями MOSFET SiC-чипи беруть на себе частину зворотного струму, завдяки чому зростає потужність рекуперативного гальмування. Різниця особливо помітна на високих швидкостях (рис. 2). Це також знижує навантаження на систему механічного гальмування і зменшує вартість її обслуговування.

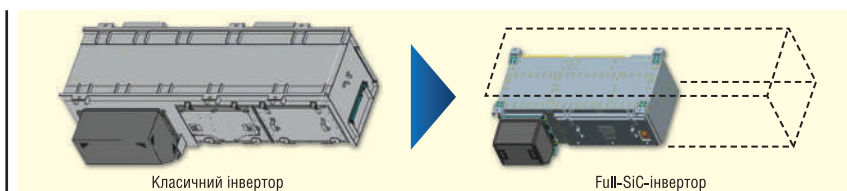


Рис. 1. Порівняння розмірів класичного IGBT-інвертора з Full-SiC-інвертором

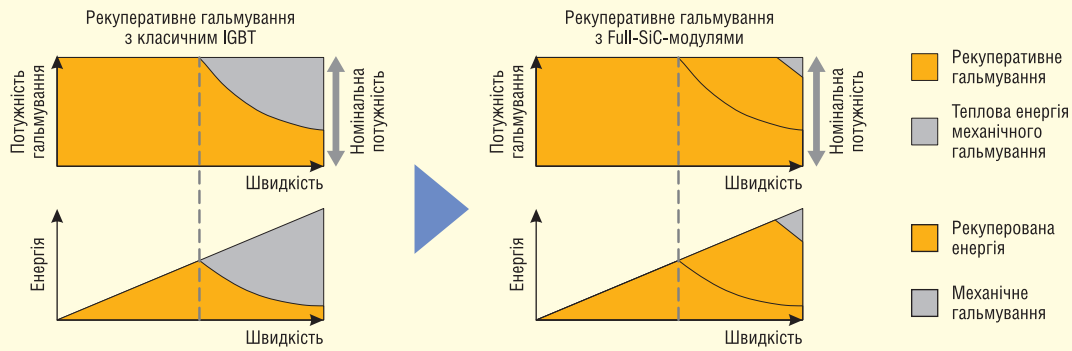


Рис. 2. Full-SiC-модулі дають змогу збільшити потужність рекуперативного гальмування

### Системи обігріву, кондиціонування та вентиляції

Другим за величиною споживачем електроенергії електропоїзда є внутрішньовагонне обладнання, що забезпечує комфортні умови для пасажирів. Енергоспоживання цих систем може досягати до 50% від загального споживання поїзда [5]. В останні кілька років стабільність роботи подібних систем стала особливо важливою. Системи вентиляції можуть працювати з підвищеним навантаженням, забезпечуючи збільшений приплив свіжого повітря.

Зниження енергоспоживання при використанні карбіду кремнію в таких застосуваннях має той самий потенціал, що і в системах кондиціонування будівель на базі SiC, які нині є найбільш технологічними [6]. Крім того, Full-SiC силові ключі дають змогу підняти частоту комутації ШІМ до 16 кГц і більше, що перевищує поріг чутності людини. За таких частот перемикання, які порівняно високі для класичних кремнієвих IGBT, сумарна потужність втрат у SiC MOSFET-модулях у корпусах DIPiPM становить лише 1/3 від втрат аналогічного Si-перетворювача, що призводить до зниження загального електроспоживання [7].

В кінцевому підсумку для багатьох інших систем електропоїзда застосування SiC, завдяки їхній високій частоті комутації, відкриває абсолютно новий підхід до

проекування магнітних систем, оскільки розміри та вага магнітопроводів мають обернено пропорційну залежність від частоти змінного струму. Також можуть бути застосовані інші матеріали або використаний інший тип електродвигуна.

### Надійність і номінальна потужність

Під час розмови про надійність звичай розглядають характеристику напруження на відмову, що являє собою залежність інтенсивності відмов від часу експлуатації пристрою. Така характеристика, як правило, має три явно виражені області: ранні відмови, нормальна експлуатація і зношення. Найбільш критичними є відмови, які відбуваються в зоні нормальної експлуатації модуля. Вони не можуть бути спрогнозовані і призводять до набагато вищих витрат на обслуговування і ремонт, ніж розраховані. Найбільш непередбачуваний механізм виходу напівпровідників з ладу — пробій внаслідок впливу космічних частинок високих енергій. Характеристика, що визначає стійкість напівпровідникового чипа до такого пробою, позначається як LTDS (Long Term DC Stability) — довгострокова стабільність при постійній DC-напрузі). Карбід кремнію, що має вищу діелектричну міцність, вирізняється і більшою стійкістю до пробою такого роду, ніж кремній. Різниця особливо виражена у напівпровідників високих класів напруги.

На початку ери напівпровідникових модулів на основі SiC номінальний струм модулів і, відповідно, вихідна потужність перетворювачів були малі, тому що розміри перших карбід-кремнієвих чипів не перевищували кількох квадратних міліметрів. Це робило неможливим використання нового н/п-матеріалу в потужних застосуваннях, зокрема в тяговому. З новими ж сучасними Full-SiC-модулями вихідна потужність перетворювача може досягати 1 МВт — без паралельного вмикання модулів. Найпотужніший

серійний Full-SiC-модуль, що випускається Full-SiC-модуль із напругою блокування 3300 В і номінальним струмом 750 А, показано на рисунку 3.

**Більш детальну інформацію щодо продукції Mitsubishi Electric можна отримати, звернувшись до офіційного дистриб'ютора — компанії «Симметрон-ЕК»:**

**тел.: (044) 239-20-65,  
e-mail: info@symmetron.ua,  
www.symmetron.ua**

### Література:

1. Mitsubishi Electric Press Release No. 2749. Mitsubishi Electric Delivers World's First SiC Auxiliary Power Supply Systems for Railcars. Tokyo, Japan, March 26, 2013.
2. Mitsubishi Electric Press Release No. 2842. Mitsubishi Electric to Supply Railcar Traction Inverter with All-SiC Power Module to Odakyu Electric Railway. Tokyo, Japan, April 30, 2014.
3. Mitsubishi Electric Press Release No. 2939. Mitsubishi Electric's Railcar Traction Inverter with All-SiC Power Modules Achieves 40% Power Savings. Tokyo, Japan, June 22, 2015.
4. Soltau N., Wiesner E., Stumpf E., Idaka S., Hatori K. Electric-Energy Savings using 3.3 kV Full SiC Power-Modules in Traction Applications. Fifteenth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER). Monaco, 2020.
5. Birol F., Loubinoux J.-P. Railway Handbook 2015 — Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Emissions. International Energy Agency, France, 2015.
6. Kamikura M., Murata Y., Kutsuki T., Saito K. Application trend and foresight of SiC power devices to air conditioners. The 2014 International Power Electronics Conference. Hiroshima, Japan, 2014.
7. Green Product of the Month, SiC DIPiPM(TM) for a Greener Tomorrow. Bodo's Power Systems, pg 14, July 2017. **CH**



Рис. 3. Full-SiC-модуль на 3300 В, 750 А



# NCP-3200: джерело живлення та зарядний пристрій в одному пристрої потужністю 3200 Вт

**В статті представлена нова модель джерел живлення для широкого спектру силової електроніки, в галузі зв'язку та в енергетичних системах**

Компанія MEAN WELL, світовий лідер у виробництві стандартних джерел живлення, яка базується на розумній вартості та високій ефективності, розробила та випустила на ринок нове покоління джерел живлення для встановлення в стійку — серію NCP-3200 (рис. 1, табл. 1). Серія включає 3 моделі з різною вихідною напругою (рис. 2), в тому числі низьковольтні SELV-сумісні 24 В/48 В постійного струму та високовольтні 380 В постійного струму, які можуть бути використані в широкому спектрі пристроїв силової електроніки, засобів зв'язку та в енергетичному обладнанні.

Враховуючи вимоги до застосування систем живлення, моделі з вихідними напругами постійного струму 24 В та 48 В розроблені таким чином, що за допомогою програмного забезпечення можуть перемикатись в режим блока живлення чи зарядного пристрою, що підходить для використання в легкій та важкій промисловості, в системах автоматизації та в мобільному обладнанні, в системах 5G або в інших видах базових станцій зв'язку, в зарядних станціях, дата-центрах та в багатьох інших сферах (рис. 3).

Крім того, високовольтна модель з вихідною напругою 380 В постійного

**Компанія MEAN WELL постійно модернізує та розширює номенклатуру своєї продукції, впроваджуючи нові технології та орієнтуючись на потреби ринку. Весь каталог продукції представлений на сайті Компанії CEA — офіційного дистриб'ютора MEAN WELL на території України.**

струму розроблена як джерело живлення, яке підходить для високовольтного централізованого електропостачання, систем садово-паркового освітлення, напівпровідникового обладнання, обладнання для накопичення енергії та багатьох інших.

Також вони чудово підходять для паралельного підключення декількох джерел живлення з ціллю створити потужну високовольтну систему живлення.

Що стосується функцій керування, то серія NCP-3200 має вбудовану функцію програмування вихідної напруги (*programmable voltage, PV*) і програмування вихідного струму (*programmable current, PC*), і користувачі можуть безпосередньо регулювати вихідну напругу або струм через зовнішні аналогові сигнали. Що стосується інтелектуальних функцій, то серія NCP-3200 підтримує два міжнародні протоколи зв'язку — PMBus і CANbus, які можна вибрати для контролю та керування електроживленням, а також ними можна керувати безпосередньо за допомогою інтелектуального контролера CMU2 від MEAN WELL. Крім того, джерела живлення серії NCP-3200 можна легко з'єднувати паралельно в 19-дюймовій стійці, що дає можливість створити систему потужністю до 128 кВт.

Шафові системи електроживлення великої потужності найчастіше використовуються в якості потужних централізованих систем електроживлення, таких як: промислові диспетчерські або



**Рис. 1.** Зовнішній вигляд джерела живлення серії NCP-3200

Таблиця 1. Порівняння характеристик блоків живлення серій NCP-3200 та DRP-3200		
Серія	DRP-3200	NCP-3200
Напруга на виході	24 В/48 В	24 В/48 В/380 В
Режим зарядки	X	24 В/48 В можна вибрати за допомогою програмного забезпечення
SEMI F47	X	Дизайн відповідає SEMI F47
Скільки блоків можна включити паралельно	8 шт.	40 шт.
Роз'єм	Positronic PCIM34W13M400A1	<Alltop C27309-10749-Y
Розміри (Д×Ш×В)	325×107×41 мм (БЖ) 400×482.6×44 мм (стійка)	325.8×107×41 мм (БЖ) 400×482.6×44 мм (стійка)



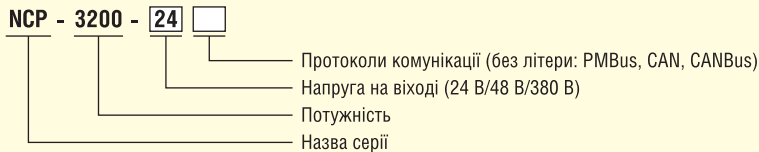


Рис. 2. Кодування моделей серії NCP-3200



Рис. 3. Приклад використання джерел живлення серії NCP-3200

електричні машинні зали, системи електроживлення інформаційних і телекомунікаційних серверів, великі зарядні станції, обладнання для логістики або автоматизації, обладнання для промислового опалення або електролізних установок, обладнання для очищення стічних вод та інші.

Основні характеристика та переваги серії NCP-3200:

- універсальна напруга живлення становить 90–264 В змінного струму та 127–400 В постійного струму;
- режим джерела живлення або зарядного пристрою можна вибрати за допомогою PMBus, CANBus або SBP-001 (лише для моделей 24 В/48 В);
- високий ККД — до 94.5%;
- вбудовано функції програмування вихідної напруги (PV) і програмування вихідного струму (PC);
- функція активного розподілу струму при підключенні до 10 полиць стійки (DHP-1UT-V), таким чином можна паралельно з'єднати до 40 блоків живлення;
- дизайн відноситься до SEMI F47@200VAC;
- 5 років гарантії.

За додатковою інформацією, а також з питань придбання продукції MEAN WELL звертайтеся до офіційного дистриб'ютора MEAN WELL Enterprises Co., Ltd на території України — Компанії SEA: тел.: (044) 330-00-88, e-mail: info@sea.com.ua

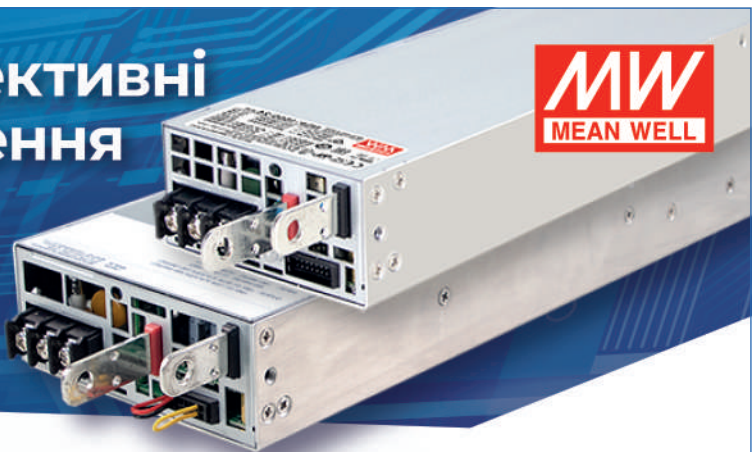
CN

## Нові високоефективні джерела живлення потужністю 1600 та 3200 Вт

Серії NSP-1600

NSP-3200

- Універсальний діапазон вхідних напруг 90...264 В AC та 127...370 В DC
- Номінальні вихідні напруги від 12 до 48 В DC
- Додатковий вихід 12 В / 0.8 А
- Максимальний ККД до 94.5%
- Вбудована функція програмування вихідної напруги
- Середній час напрацювання на відмову > 600 тис. годин
- Діапазон робочих температур від -20 до +70°C
- 5 років гарантії
- Доступна ціна та невеликий термін виробництва!



Компанія SEA — авторизований дистриб'ютор MEAN WELL на території України



SEA

ІННОВАЦІЇ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ



Україна, 02094, м. Київ, вул. Краківська, 13-Б  
тел./факс: +38 044 330-00-88  
info@sea.com.ua, www.sea.com.ua

# Оптимізація мобільних обчислювальних систем за допомогою нового зарядного пристрою для USB-C

**Жиган Льянг (Zhigang Liang), Ашвіні Равіндран (Ashwini Ravindran), Санкун Лім (Sungkeun Lim), Старрі Цай (Starry Tsai), Renesas Electronics Corp.**

**Питання наявності порту USB-C для оптимізації мобільних обчислювальних систем привертає все більше уваги. Зарядка акумулятора мобільного комп'ютера через USB-C стає новим трендом. У статті розглядаються переваги та недоліки схеми стандартного підвищувально-знижувального зарядного пристрою (ЗП) для USB-C NVDC. Описується технічне рішення комбінованого зарядного пристрою від Renesas для акумуляторів, який може працювати і в режимі NVDC, і в режимі Hybrid Power Buck-Boost (HPBB).**

## ВСТУП

Інтерфейс USB-C докорінно змінив метод заряджання електронних приладів і, зокрема, мобільних обчислювальних пристроїв. Традиційні мобільні обчислювальні пристрої, як-от ноутбуки або портативні комп'ютери, мають спеціалізований і, як правило, нестандартний роз'єм для блока живлення. Під час під'єднання блока живлення до спеціалізованого роз'єму зарядний пристрій, крім подачі живлення для системи, відповідає за заряджання акумулятора.

Останнім часом деякі виробники мобільних обчислювальних пристроїв перейшли до встановлення USB-портів, що підтримують нові протоколи USB Type-C (USB-C) або USB Power Delivery (USB PD). USB-C підтримує двосторонню подачу живлення на набагато вищому рівні, ніж попередні версії інтерфейсу USB. Починаючи зі стандартної напруги 5 В, контролер порту USB-C може узгодити з під'єднаним пристроєм підвищення напруги порту до 12, 20 В або до іншого взаємно узгодженого значення напруги за взаємно узгодженого рівня струму. Максимальна потужність, яку може видавати порт USB-C, досягає 20 В при струмі 5 А, що становить 100 Вт, яких цілком

достатньо для заряджання комп'ютера. Унаслідок цього заряджання мобільних обчислювальних пристроїв через USB-C порт стає більш поширеним, порівняно з традиційним заряджанням через окремий роз'єм для блока живлення.

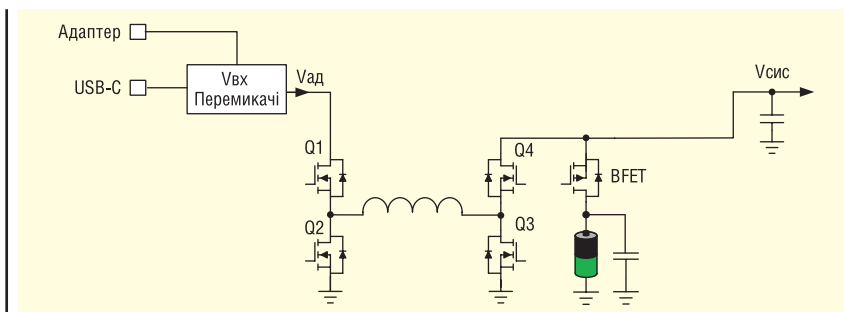
## СХЕМА ПІДВИЩУВАЛЬНО-ЗНИЖУВАЛЬНОГО ЗП USB-C NVDC

Протокол USB-C забезпечує ширший діапазон регульованої вхідної напруги ( $V_{вх}$ ), що подається на систему заряджання акумулятора, яка може бути меншою або більшою за напругу комплексу батарей і системної шини.

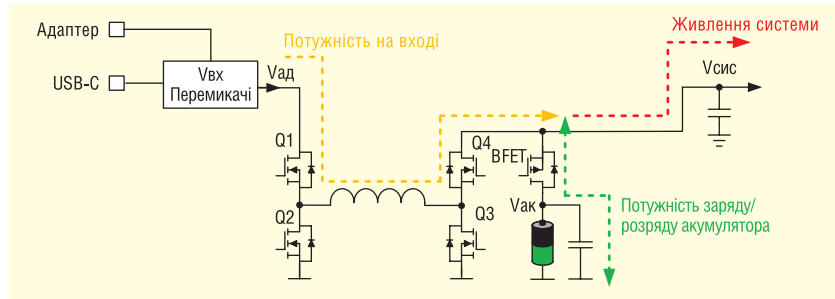
Завдяки цій обставині підвищувально-знижувальний перетворювач стає найкращим варіантом. На рисунку 1 показано спрощену схему стандартного підвищувально-знижувального ЗП NVDC (архітектура заряду акумуляторів на основі DC/DC-перетворювача з вузьким діапазоном вихідної напруги) з чотирма ключами. Крім чотирьох ключів (FET) у складі підвищувально-знижувального перетворювача в зарядний пристрій NVDC входить один польовий транзистор з керівним р-n-переходом (BFET) між акумулятором і системною шиною  $V_{сис}$ . Вхідна напруга на підвищувально-знижувальний перетворювач надходить від мережевого адаптера або порту USB-C.

На рисунку 2 показано шлях, яким проходить струм за наявності живлення. У цьому режимі можливі три сценарії роботи.

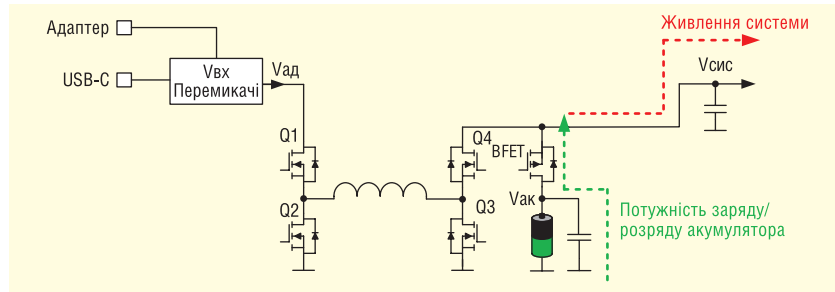
1. За повністю зарядженого акумулятора підвищувально-знижувальний ЗП вимкне BFET. У цьому разі зарядний пристрій забезпечить подачу вихідної потужності в систему з  $V_{сис}$ , відрегульованою до необхідного рівня.
2. Якщо акумулятор заряджений не повністю, і ЗП заряджає акумуля-



**Рис. 1. Традиційна структура підвищувально-знижувального зарядного пристрою NVDC для USB-C**



**Рис. 2. Шлях протікання струму в підвищувально-знижувальному ЗП NVDC за наявності живлення**



**Рис. 3. Шлях протікання струму в підвищувально-знижувальному зарядному пристрої NVDC у режимі живлення тільки від акумулятора**

тор, BFET вмикається. У режимі компенсаційного заряду BFET працює в режимі насичення, функціонуючи як лінійний регулятор (LDO), і  $V_{сис}$  регулюється до заданої напруги. Якщо зарядний пристрій працює в режимі CV або CV з повністю ввімкненим BFET,  $V_{сис} = V_{бат}$  (передбачається відсутність падіння напруги на BFET). Потужність на вході визначається як сума потужності системи і потужності заряду акумулятора, виходячи з припущення, що потужність на вході більша за потужність системи.

3. Не важливо, перебуває акумулятор у стані заряду чи ні. Щойно потужність системи перевищить потужність на вході,  $V_{сис}$  зменшиться. Внутрішній діод у BFET проводить струм за умови, що  $V_{сис} < V_{бат} - V_{пад}$ , де  $V_{пад}$  — падіння напруги на внутрішньому діоді, яке зазвичай має значення 0.7 В. Однак за складнішої системи контролю BFET може увімкнутися раніше, щоб «наздогнати» і підтримати  $V_{сис}$ . У будь-якому разі, акумулятор буде розряджатися, і потужність акумулятора буде додаватися до вхідної потужності, щоб забезпечити споживану системою потужність.

На рисунку 3 показано шлях, який проходить струм у режимі подачі живлення тільки від акумулятора. Цей режим відносно простіший за попередній, оскільки акумулятор завжди забезпечує живлення системи з примусовим увімкненням BFET. У цьому режимі  $V_{сис} = V_{акк}$ .

Однією з характерних особливостей конфігурації NVDC є те, що весь струм протікає через підвищувально-знижувальний ЗП та керується ним, що робить неминучими втрати потужності внаслідок перемикання МОП-транзистора, а також втрати в провіднику, втрати в обмотці тощо. Щоб впоратися з повною потужністю системи, необхідно правильно вибрати

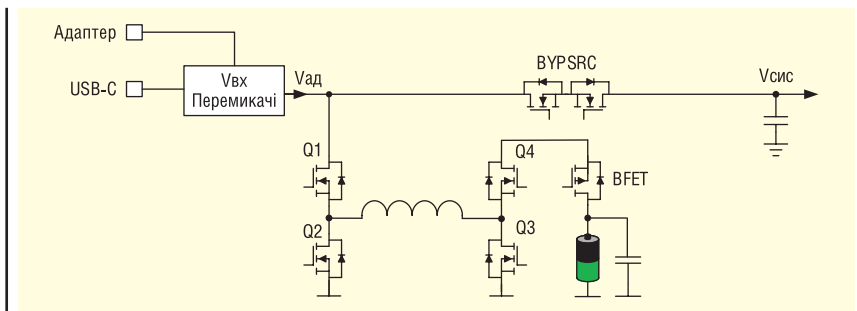
розмір силового дроселя. При цьому розмір дроселя обирається із запасом з урахуванням потужності заряду. Таким чином, конфігурація NVDC краща для систем малої потужності, наприклад 60 Вт або менше. Єдиною перевагою конфігурації NVDC є простота схеми керування. Коли система входить у турборежим, у якому її потужність перевищує потужність адаптера, зарядний пристрій не зобов'язаний контролювати будемо, крім струму адаптера. У такому разі акумулятор починає пропускати струм через BFET, щоб автоматично підтримати живлення системи.

### КОНФІГУРАЦІЯ RENESAS HYBRID POWER BUCK-BOOST (HPBB)

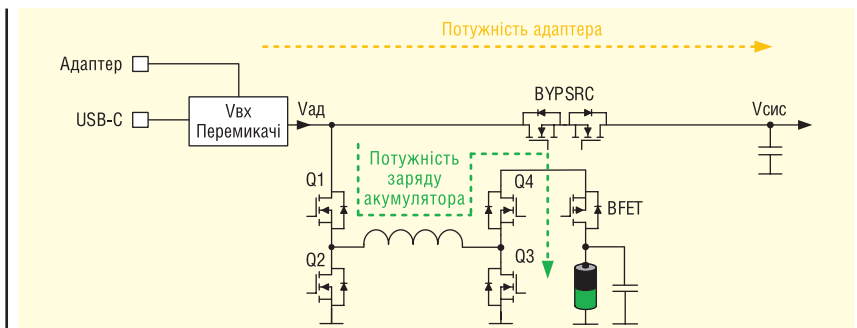
На рисунку 4 показано конфігурацію ЗП HPBB. У цьому режимі потужність на вході передається по шунтувальному транзистору, а не проходить через підвищувально-знижувальний зарядний пристрій. Таким чином, втрати потужності значно зменшуються порівняно з режимом NVDC. Зарядний пристрій працює тільки з живленням заряду/розряду акумулятора, і дросель великого розміру не потрібен.

За наявності живлення на вході реалізуються два сценарії роботи в цьому режимі.

1. Потужність на вході перевищує потужність системи. Якщо ця умова

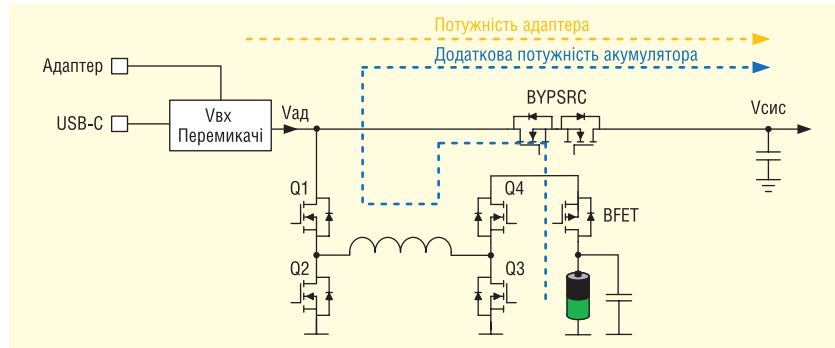


**Рис. 4. Конфігурація підвищувально-знижувального ЗП Renesas HPBB**



**Рис. 5. Конфігурація підвищувально-знижувального зарядного пристрою HPBB від Renesas**





**Рис. 6. Підвищувально-знижувальний ЗП Renesas HPBB у режимі «зворотне турбо-підвищення»**

виконується, підвищувально-знижувальний ЗП не видає електроживлення в систему — він працює або в режимі очікування, якщо акумулятор повністю заряджений, або заряджає акумулятори. На рисунку 5 показано шлях протікання струму в режимі HPBB для цього сценарію.

2. Потужність на вході менша за потужність системи. У цьому разі акумулятор слід розряджати, і підвищувально-знижувальний ЗП працює у зворотному режимі, передаючи енергію від акумулятора в бік Vад. Потужність акумулятора додається до потужності на вході для підтримки потужності системи. Цей режим має назву «зворотне турбо-підвищення». На рисунку 6 показано шлях протікання струму в режимі HPBB.

### ПІДВИЩУВАЛЬНО-ЗНИЖУВАЛЬНИЙ ЗП АКУМУЛЯТОРА RENESAS ISL9241

Підвищувально-знижувальний зарядний пристрій від Renesas ISL9241 — це єдиний промислово випущений підвищувально-знижувальний зарядний пристрій з інтерфейсом USB-C, який підтримує обидві конфігурації — і NVDC, і HPBB.

У режимі NVDC пристрій ISL9241 автоматично вибирає адаптер або акумулятор як джерело живлення системи. У режимі NVDC він також підтримує турборежим шляхом увімкнення BGATE FET для обмеження струму адаптера на заданому рівні порога за струмом, тоді як все інше живлення, необхідне для системи, здійснюється акумулятором.

У режимі HPBB зарядний пристрій ISL9241 підтримує режими шунтування, шунтування із зарядкою, зворотне турбо-підвищення тощо.

За наявності обох конфігурацій — HPBB і NVDC — пристрій ISL9241 забез-

печує більшу гнучкість для конкретних розробок і оптимізовану продуктивність системи (див. рис. 7). Ці два режими переналаштовуються в заводській прошивці на EC (вбудований контролер системи) у разі використання різних джерел живлення, наприклад штепсельного адаптера або входів від портів USB-PD.

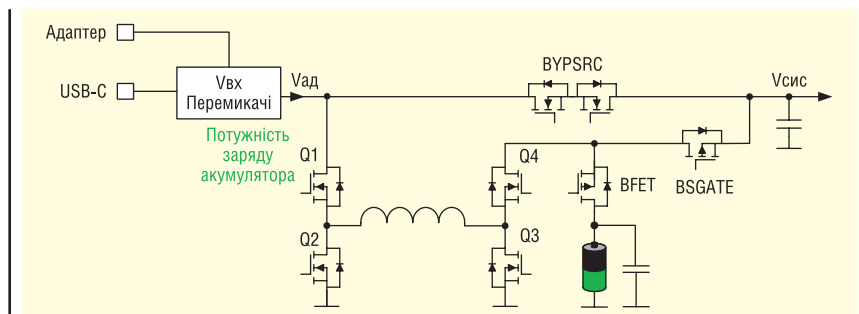
ЗП ISL9241 здійснює функції заряджання, регулювання системної шини, а також захист, використовуючи тільки польові транзистори NFET для покращення продуктивності та оптимізації вартості комплектуючих. Для забезпечення високоєфективного режиму заряду на малих навантаженнях використовується передова технологія Renesas R3. Переналаштування компенсації дає змогу пристрою ISL9241 використовувати дросьель менших розмірів і забезпечити вищу продуктивність, оптимізовану для різних рівнів потужності.

ISL9241 отримує живлення від різних джерел постійного струму (традиційні адаптери, дорожні адаптери, силові порти USB Type-C тощо) і заряджає акумулятори, що містять до чотирьох послідовно з'єднаних літєво-іонних елементів. ISL9241 також дає змогу здійснювати автономне заряджання з автоматичним завершенням. Режим шунтування для HPBB використовує заводську прошивку контролера, що дає змогу спрямовувати живлення системі напряму.

ISL9241 підтримує роботу в режимі зворотного зниження, підвищення, або підвищення-зниження до адаптера порту (режим OTG) для акумуляторів, що містять від двох до чотирьох елементів. У результаті забезпечується подача вихідної напруги з USB-C Power Delivery (PD) для портів електроживлення з програмним керуванням (PPS). ISL9241 може працювати тільки з акумулятором, тільки з адаптером або спільно з адаптером і акумулятором. Потужність системи забезпечується адаптером, акумулятором або адаптером і акумулятором разом. Системам, сумісним з Intel IMVP, ЗП ISL9241 надає функцію монітора споживаної потужності (PSYS) (див. рис. 8), яка посилає аналоговий сигнал, що характеризує загальну потужність платформи. Вихідний сигнал PSYS може під'єднуватися до регуляторів живлення ядра IMVP для забезпечення функції керування живленням, сумісної з технологією IMVP. ISL9241 також відстежує сигнал «гарячий процесор» (PROCHOT#) і підтримує додатковий режим (Supplemental Mode), що відповідає вимогам компанії Intel щодо адаптивного захисту Vmin Adaptive Protection (VAP), який полягає в підтримці напруги акумулятора вище за встановлений мінімум. У пристрої ISL9241 застосовується послідовний інтерфейс із протоколом SMBus/I<sup>2</sup>C, що дає змогу програмувати багато ключових параметрів, що забезпечує реалізацію індивідуального рішення.

ISL9241 відстежує свою роботу, передає сигнали про помилки і повідомлення про переривання. Вбудований в ISL9241 8-бітний АЦП забезпечує телеметричне передавання ключових параметрів системи, наприклад дані про температуру (друкована плата і з'єднання), струм і напругу адаптера, струм заряду й розряду акумулятора, напругу шини системи.

Конфігурована архітектура зарядки ISL9241 забезпечує гнучке використання зарядного пристрою в багатоканальних конфігураціях відповідно до вимог конструкції системи. Підтримка бага-



**Рис. 7. ISL9241 — комбінований підвищувально-знижувальний ЗП, що підтримує обидві конфігурації — NVDC і HPBB**



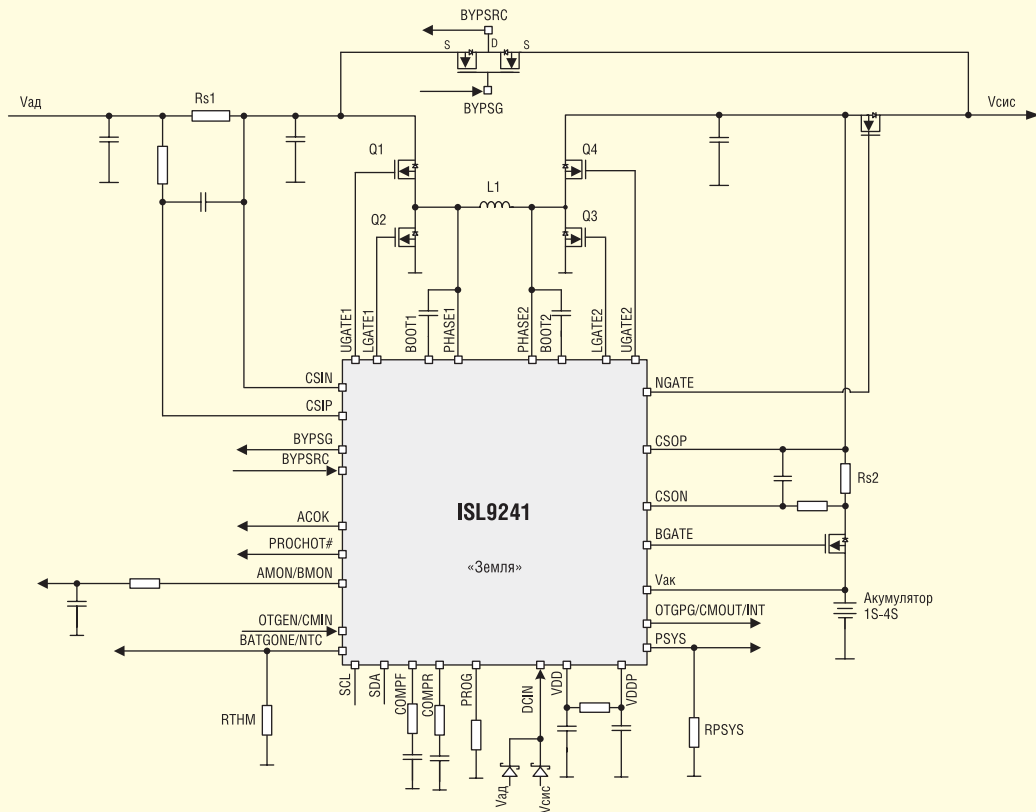


Рис. 8. Схема типового застосування комбінованого ЗП ISL9241

**Офіційний дистриб'ютор**

**BETTERFUSE**

You build electronics, We safeguard them!

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

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

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

**Комплексний захист від перевантаження по струму і високій температурі**  
(серія BTU потужність 0,5, 1 і 2 Вт)

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

**Тел. 044-3-922-911**  
E-mail: [sales.int@altwaygroup.com](mailto:sales.int@altwaygroup.com)

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

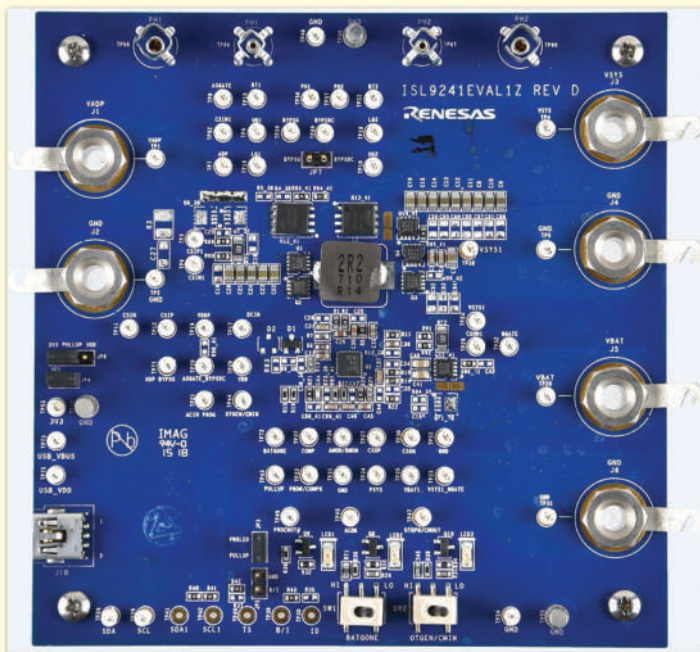


Рис. 9. Тестувальна плата ISL9241

рою ISL9241 надається тестувальна плата та докладний посібник користувача. Фотографію тестувальної плати показано на рисунку 9.

### ISL9241 ГРАФІЧНИЙ ІНТЕРФЕЙС КОРИСТУВАЧА

Графічний інтерфейс користувача для ЗП ISL9241, що пропонується корпорацією Renesas, допоможе прискорити розробку, тестування, остаточне узгодження і налагодження схеми зарядного пристрою. Цей інтерфейс під'єднується до розроблюваних плат для встановлення параметрів системи та порогових величин. На рисунку 10 показано приклад графічного інтерфейсу користувача ISL9241 на основі ОС Windows.

### ВИСНОВКИ

Ми розглянули сучасні архітектури зарядних пристроїв акумуляторів, а також принципи роботи ЗП для ноутбуків. Зарядний пристрій для акумулятора — важливий компонент керування живленням мобільного пристрою, який не тільки заряджає акумулятор, а й керує всім потоком потужності від адаптера до обчислювального пристрою. Зарядний пристрій для акумулятора в обчислювальній системі має працювати бездоганно спільно з іншими пристроями керування системою, наприклад із вбудованим контролером (EC), щоб ефективно відповідати вимогам до живлення системи.

ЗП ISL9241 дає змогу підвищити функціональну гнучкість, забезпечуючи роботу в обох конфігураціях — NVDC і HPBB. У користувача є можливість вибирати між цими двома режимами, щоб оптимізувати конструкцію зарядного пристрою. Набір регістрів ISL9241 у високому ступені сумісний з іншою наявною продукцією для зарядних пристроїв корпорації Renesas, наприклад ISL9238. У результаті істотно зменшується обсяг проектування при переході на ISL9241 з іншої конструкції зарядного пристрою корпорації Renesas. Крім того, заводська прошивка вбудованого контролера для режиму NVDC потребує лише незначної перевірки для забезпечення роботи ISL9241 у режимі HPBB, що зменшує витрати на проектування та вимоги до кваліфікації інженера при використанні ЗП ISL9241 на різних обчислювальних платформах.

токанальності портом USB-C дає змогу створювати багатоканальну систему USB-C і повністю зберігати сумісність зі стандартом USB-PD 3.0.

Зарядний пристрій ISL9241 підтримує відну напругу в діапазоні 3.9–23.4 В і напругу на виході 3.9–18.304 В для акумуляторів, що містять від двох до чотирьох елементів; до 20 В On-The-Go. Крім того, він застосовується для автономної зарядки з автоматичним припиненням заряду без зв'язку з вбудованим контролером. Автоматичний контроль дає змогу пристрою перемикатися в

режим компенсаційного заряду, коли акумулятор розряджений; є можливість для настроювання двох рівнів порога за струмом. Режим battery learn регулює показник заряду акумулятора, що залишився. Програмування характеристик з використанням інтерфейсу SMBus або I<sup>2</sup>C підвищує гнучкість розробки.

### ЗАСОБИ РОЗРОБКИ ВІД RENESAS

Для індивідуального тестування та розробки з використанням прист-

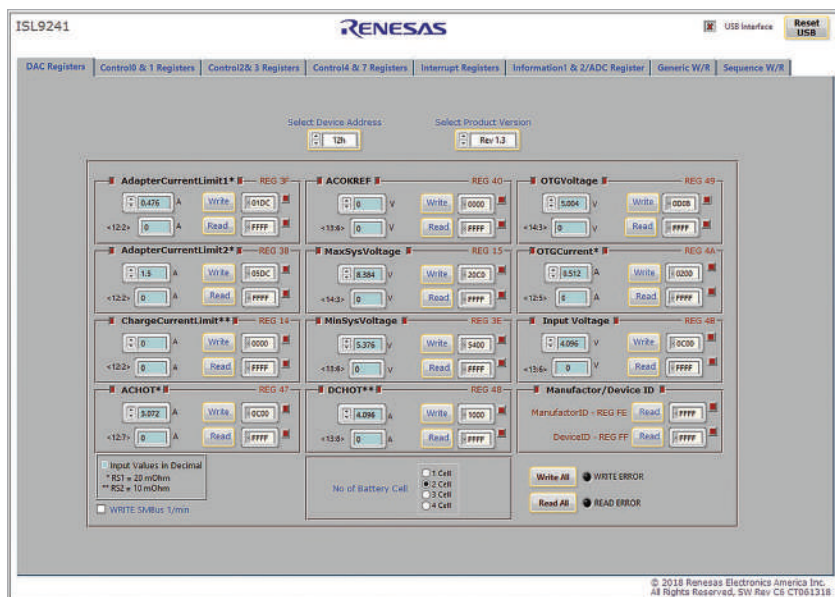


Рис. 10. Знімок екрана графічного інтерфейсу користувача ISL9241

# MORNSUN®



AC/DC Converter · DC/DC Converter · Transceiver Module · Isolation Amplifier

IGBT Driver · LED Driver · EMC Auxiliary Device

## MORNSUN®

MORE THAN RELIABILITY

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



# Нові трифазні блоки живлення серії DRB потужністю 120 і 240 Вт на DIN-рейку віг TDK-Lambda

Володимир Рентюк

**В статті піде мова про лінійку сучасних DIN-рейкових модулів із трифазним входом із серії економічних блоків живлення DRB виробництва корпорації TDK-Lambda [1]. Ці модулі з вихідною потужністю 120 і 240 Вт і вихідними напругами 12, 24 і 48 В здатні віддавати 120% пікової потужності та мають низькі пускові струми, що дає можливість широкого спектру їх використання, зокрема з ємнісними та індуктивними навантаженнями.**

## ВСТУП

Корпорація TDK — це провідна електронна компанія, що має штаб-квартиру в Токіо, Японія. Заснована 1935 року для виробництва та продажу фериту, компанія одразу ж оцінила його як ключовий матеріал для електронних та індуктивних компонентів. У портфелі TDK представлені пасивні компоненти, зокрема керамічні, алюмінієві електролітичні та плівкові конденсатори, а також магнітні, високочастотні, п'єзоелектричні та захисні пристрої. В асортименті продукції є датчики та сенсорні системи — датчики температури та тиску, магнітні датчики та датчики MEMS. TDK фокусується на вибагливих ринках автомобільної, промислової та побутової електроніки, а також інформаційних і комунікаційних технологій. Зі своєю системою менеджменту якості та в рамках власної стратегії відсутності дефектів, TDK Corporation постійно вдосконалює свої процеси, продукти та послуги.

Корпорація TDK-Lambda, що з 2008 року входить до TDK Corporation, є провідною компанією світового масштабу з виробництва високонадійних джерел живлення найрізноманітнішого призначення. TDK-Lambda забезпечує різноманітні запити споживачів завдяки широкому діапазону своєї діяльності — від досліджень і розробок до виробництва, продажів і обслуговування, з

основними пунктами в п'яти ключових регіонах, що охоплюють Японію, Китай, інші країни Азії, а також Європу та Америку.

## ТРИФАЗНІ БЛОКИ ЖИВЛЕННЯ ПОТУЖНІСТЮ 120 І 240 ВТ

Нещодавно корпорація TDK-Lambda оголосила про додавання до серії DRB для монтажу на DIN-рейку нових моделей на додаток до однофазних блоків живлення [2]. Нові економічні блоки живлення, розраховані на під'єднання до трифазної мережі змінного

струму номінальною напругою 400 В, призначені для безперервної роботи при потужності 120 і 240 Вт [3] і виготовляються з вихідними напругами 12, 24 і 48 В. Зовнішній вигляд трифазних блоків нової лінійки, що доповнює серію DRB, показано на рисунку 1, а їхню блок-схему подано на рисунку 2.

Загальні технічні характеристики трифазних блоків живлення серії DRB, що випускаються під торговою маркою TDK-Lambda, наведено в таблиці 1.

Трифазні блоки живлення серії DRB випускаються в металевих корпусах (алюмінієві корпус і кришка) з гвинтовими клеммами — опція A0, або зі вставними терміналами (клеми типу Push in) — опція A1, з невеликою відмінністю за габаритами — глибина блоку змінюється в межах 135.67–138.2 мм. Передні панелі обох варіантів виконання показано на рисунку 3. Термінал Push-in дає змогу у простий спосіб під'єднувати дроти перерізом від 0.25 мм<sup>2</sup> безпосередньо та без інструменту, а рекомендовані перерізи дротів та їхня терміналізація зозначені



**Рис. 1.** Трифазні блоки живлення серії DRB TDK-Lambda торгової марки TDK-Lambda

Таблиця 1. Загальні технічні характеристики трифазних блоків живлення серії DRB, пропонованих TDK Corporation під торговою маркою TDK-Lambda					
Характеристики		DRB120-12-3-XX	DRB120-24-3-XX	DRB240-24-3-XX	DRB240-48-3-XX
Вихідна напруга, В (DC)	ном.	12	24	24	48
Вихідний струм, А	ном.	10	5	10	5
Піковий струм, А (2 с)	макс.	12	6	12	6
Частота електромережі, Гц	ном.	50/60			
Діапазон вхідної напруги, В (AC)	макс.	Три фази, 350–575			
Вихідна потужність, Вт	ном.	120	120	240	240
Пікова потужність, Вт (2 с)	макс.	144	144	288	288
Коефіцієнт корисної дії <sup>1</sup> , %	макс.	89.4/89.1	91.3/91.2	93.1/93.2	93.8/94
Термін служби <sup>1</sup> , год	мін.	307 000/220 000	343 000/258 000	125 000/136 000	150 000/160 000
Діапазон робочих температур, °C	ном.	-25...+70 (зниження потужності з +55)			
Габарити (Ш×В×Г), мм	макс.	55×129×138.2			
Вага, г		660		780	
Сертифікати (CB, UL, UR)		IEC/EN/UL/CSA 61010-1, 61010-2-201, 62368-1 (Ed.2)			
Додаткові стандарти безпеки		IEC 60950-1, EN 60204-1, IEC/EN 62477-1, 61204-7, 61558-2-1			

**Примітка.** <sup>1</sup> За 400/500 В змінного струму, навантаження 100%, температури навколишнього середовища +25 °C.

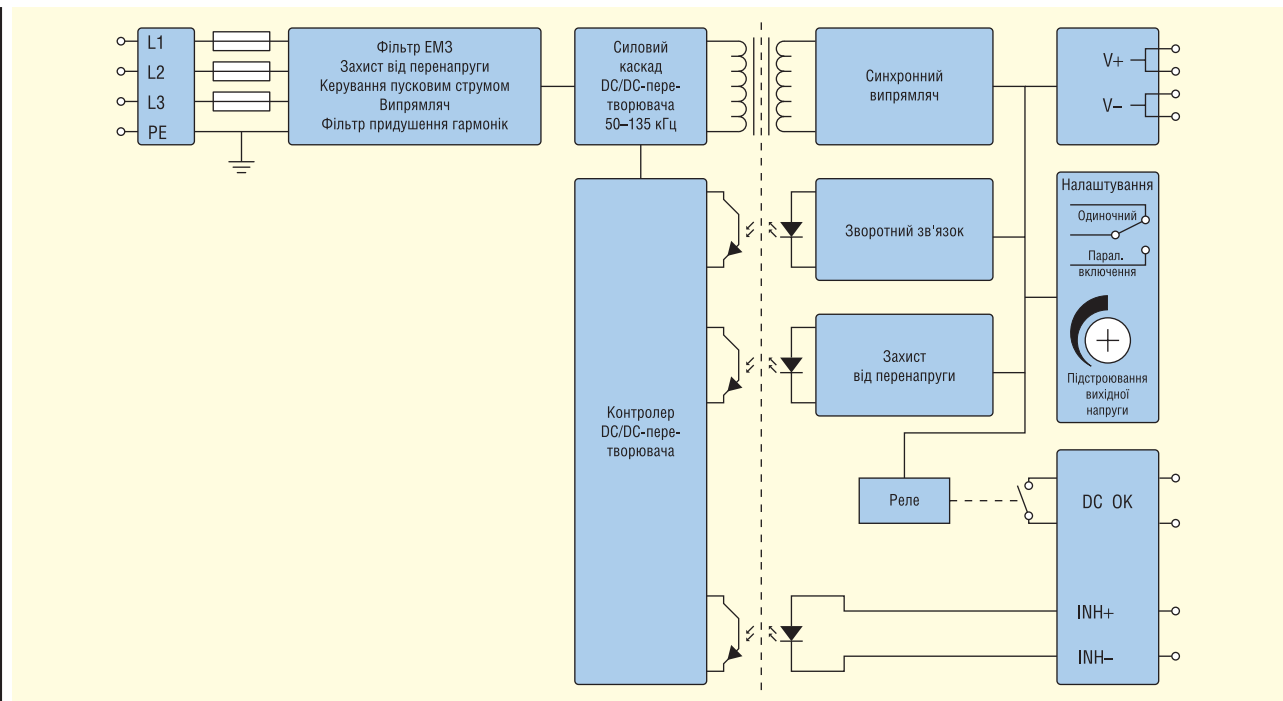


Рис. 2. Блок-схема трифазних блоків живлення серії DRB TDK-Lambda торгової марки TDK-Lambda

у відповідних обраній моделі специфікаціях. Контактні пружини, що використовуються для варіанта А1, гарантують простоту підключення, низький опір і високу надійність контакту.

Особливості та переваги трифазних блоків живлення серії DRB TDK-Lambda:

- Широкий діапазон вхідної змінної напруги при живленні від трифазної електромережі: 350–575 В.
- Робота на 120% потужності протягом 2 с (робота з ємнісними навантаженнями).
- Інтелектуальний захист Ніссур у режимі короткого замикання.
- Перемикач паралельного режиму для активації режиму балансування навантаження.

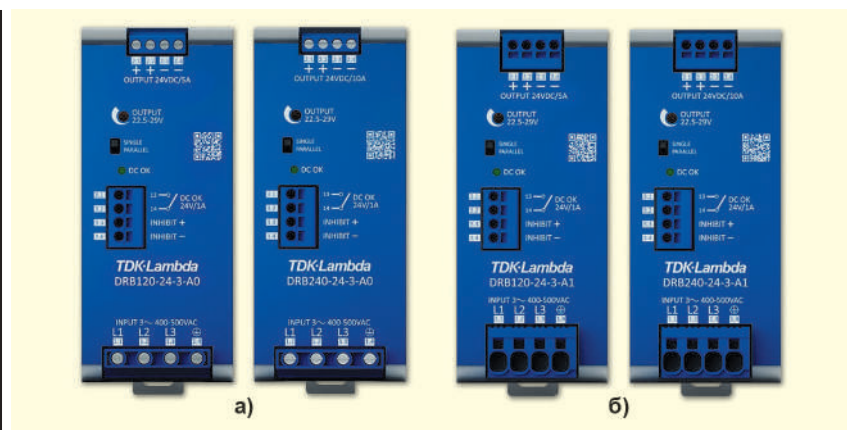


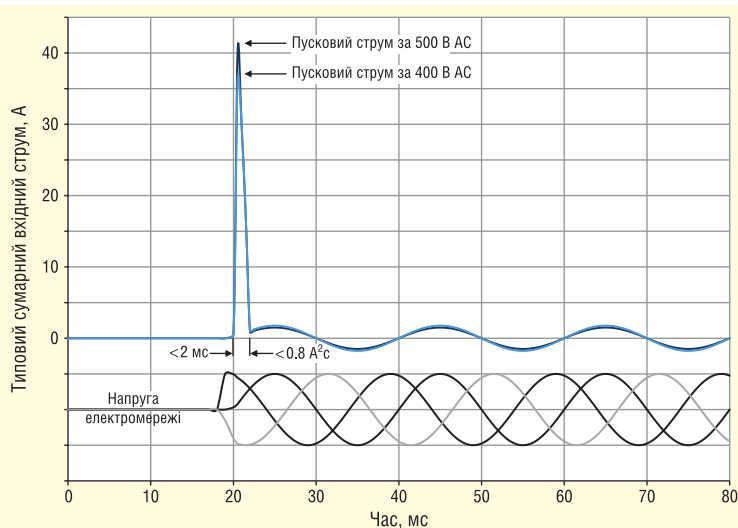
Рис. 3. Передні панелі трифазних блоків живлення серії DRB TDK Corporation, що випускаються під торговою маркою TDK-Lambda, варіанти виконання: А0 (а); А1 (б)

- Додаткові рівні захисту підвищують стійкість блока живлення до вхідних збурювальних впливів.
- Швидке спрацювання захисту від перевищення вихідної напруги OVP (*Over Voltage Protection*) захищає чутливі до напруги живлення навантаження.
- Дуже низький пусковий кидок енергії ( $I^2 t$ ) знижує витрати на захист вхідної лінії електроживлення.
- Два варіанти виконання вихідних клем.
- Високий ККД і низькі втрати в режимі очікування сприяють більш економічному використанню електроенергії.
- Висока стійкість до перевантажень завдяки режиму стабілізації струму забезпечує надійність роботи блока живлення в складних умовах навантаження.
- Наявність світлодіодної та електричної сигналізації (виводи DC OK і реле Inhibit).
- Можливість роботи із вихідною потужністю до 100% у разі обриву однієї фази.
- Розроблено відповідно до вимог семи найбільш визнаних стандартів безпеки IEC.
- Розроблено з солідним запасом від нормативних кривих стандарту щодо випромінюваних ЕМП (клас B), стійкий до стрибків напруги та швидких перехідних процесів.

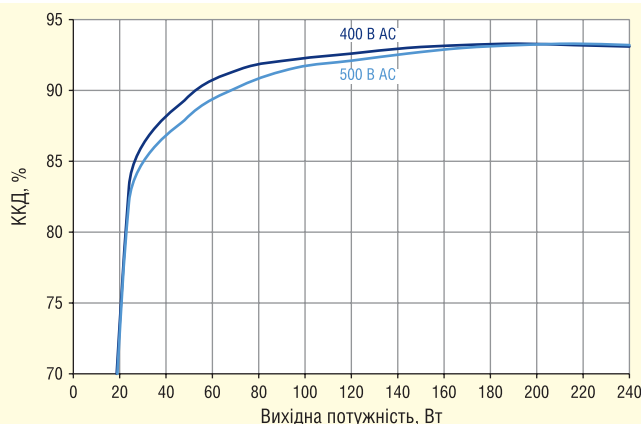
**Примітка.** *Захист Ніссур* (буквально: «гикавка») — це режим роботи імпульсного блока живлення, за якого здійснюються лише циклічні короточасні вмикання схеми комутації, що дає змогу запобігти перегріванню пристрою живлення й автоматично відновити працездатність системи після зняття умови перевантаження.

Стійкість до перевантаження за струмом (протягом 2 с модулі DRB можуть видавати пікові значення потужності 144 і 288 Вт відповідно), а також характеристика захисту з вертикальною кривою струму дають змогу блокам цієї серії стабільніше працювати з ємнісними та індуктивними навантаженнями. Крім усього іншого, джерела живлення, які розглядаються в статті, мають дуже короткий пульс пускового струму з низькою амплітудою та енергіями 0.3/0.8 А<sup>2</sup>·с для моделей 240-Вт і 0.3/0.6 для 120-Вт моделей (для вхідних номіналів 400/500 В АС відповідно), що знижує ймовірність хибного спрацювання системи захисту електромережі. Як приклад на рисунку 4 наведено часову діаграму ввімкнення блока живлення DRB240-24-24-3-A0/A1.

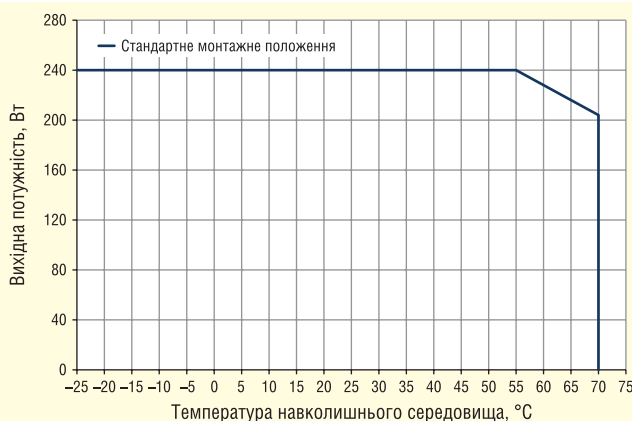
Графік залежності ККД від вихідної потужності блока живлення DRB240-



**Рис. 4.** Пусковий струм і енергія під час фази запуску блока живлення DRB240-24-3-A0/A1



**Рис. 5.** Залежність ККД блока живлення DRB240-24-24-3-A0/A1 від вихідної потужності



**Рис. 6.** Залежність ККД блока живлення DRB240-24-24-3-A0/A1 від температури навколишнього середовища

24-24-3-A0/A1 наведено на рисунку 5. Висока ефективність роботи з ККД до 93% і низьке енергоспоживання без навантаження, яке під час переходу в режим очікування можна знизити менш ніж до 2.3 Вт, сприяють економії елек-

троенергії. Важливою властивістю серії також є двофазна працездатність.

Трифазні блоки живлення серії DRB мають конвекційне охолодження і розраховані на роботу за температури довкілля  $-25...+70$  °C зі зниженням но-



мінальних характеристик починаючи з +55 °C (рис. 6).

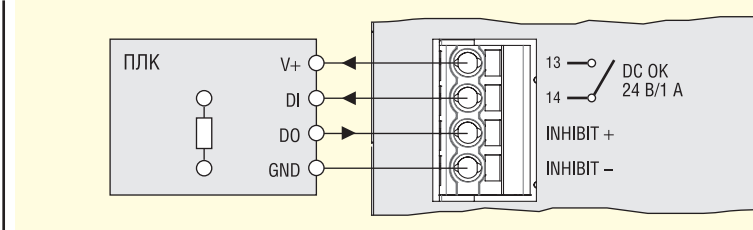
Крім того, нижчі втрати потужності зменшують внутрішній нагрів і збільшують термін служби електrolітичних конденсаторів, що вкрай важливо для підвищення надійності [4] не тільки блока живлення, а й кінцевої системи обладнання загалом (оскільки модуль живлення є ключовим елементом надійності практично будь-якої системи). Згідно з даними специфікації на трифазні блоки живлення серії DRB, максимальний термін служби електrolітичних конденсаторів, як найслабшої ланки всіх блоків живлення, становить від 44 000 год (5 років) до 307 000 год (35 років) залежно від моделі, температури довкілля та струму навантаження (розрахунок ґрунтується на даних, гарантованих виробником використаних у них компонентів).

Додаткову надійність трифазних блоків живлення серії DRB і їхню стійкість до вхідних впливів збільшено завдяки встановленню металооксидних варисторів (MOV) у поєднанні з газовим розрядником (GDT), а також вбудованих запобіжників.

Блоки цієї серії сертифіковано за вимогами IEC EN/UL CSA 61010-1, IEC EN/UL CSA 61010-2-201, IEC EN 62368-1 (Ed.2) E356563, UL CSA 62368-1 (Ed.2) E511889, UL CSA 62368-1 (Ed.2) E511889, а також марковано CE/UKCA згідно з директивами щодо низьковольтного обладнання, електромагнітної сумісності, вимогами директиви RoHS та низкою додаткових регламентних стандартів.

Струм витікання на частоті 575 В, 50 Гц не перевищує 0.8 мА, струм дотику (за IEC 60990) не більше 40 мкА. Електрична стійкість ізоляції, типові випробування (60 с) за IEC 61010-1:

- вхід/вихід: 3510 В (AC);
- вхід/захисне заземлення (PE): 2210 В (AC);
- вхід/блокування (INHIBIT): 3510 В (AC);
- вихід/захисне заземлення (PE): 1390 В (AC);



**Рис. 7. Підключення трифазних блоків живлення серії DRB TDK-Lambda для віддаленого керування і моніторингу через програмований логічний контролер (ПЛК)**

- вихід/блокування (INHIBIT): 1390 В (AC);

Усі моделі мають широкий діапазон регулювання вихідної напруги: 11.4–15 В (модель на 12 В), 22.5–29 В (моделі на 24 В) і 45–56 В (модель на 48 В), що дає змогу компенсувати падіння напруги в силовому кабелі, а також працювати з навантаженнями, які потребують нестандартних вихідних напруг. Регулювання здійснюється однооборотним потенціометром (під шліц), розташованим на передній панелі. На додаток до світлодіодного індикатора прапора DC OK для віддаленого моніторингу стану виходу доступний релейний контакт, а дистанційне увімкнення/вимкнення можна виконати подачею на вхід керування сигналу з порогоми напруги 4/6 В (рис. 7). Вимоги щодо керування викладено в специфікаціях на блок живлення.

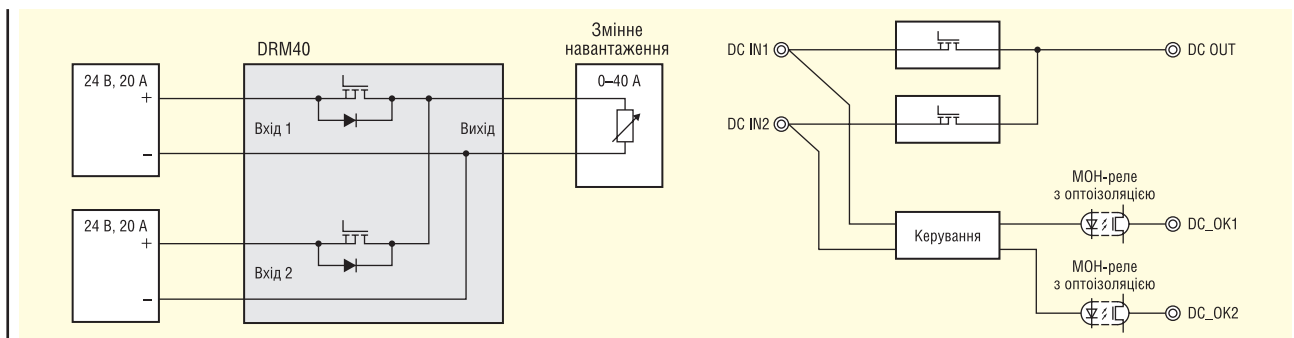
Для потужніших або таких, що потребують резервування навантажень, встановлений на передній панелі DIP-перемикач активує рівномірніший розподіл струму між приєднаними пристроями серії DRB під час їхньої паралельної роботи. Також для збільшення вихідної напруги блоки можуть бути включені послідовно. За необхідності може бути використано і двофазне ввімкнення. Усі доступні варіанти увімкнення розглянуто нижче.

### Паралельне підключення

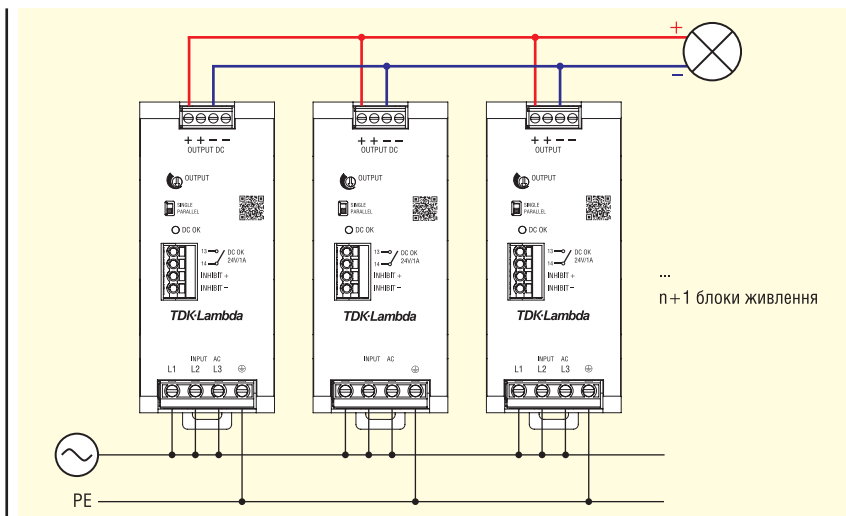
Для збільшення потужності трифазні джерела живлення серії DRB TDK TDK Lambda можна підключати паралельно.

Крім того, паралельне з'єднання можна виконати з метою обмеженого резервування, щоб усунути вплив несправностей, що виникають на первинній (AC) стороні джерел живлення. Однак при цьому необхідно враховувати і брати до уваги наступне:

- допускається паралельне під'єднання тільки джерел живлення однієї серії та однакової потужності;
- DIP-перемикач на передній панелі джерел живлення має бути перемкнено в положення PARALLEL (паралельно), як показано на рисунку 2;
- лінії підключення навантаження мають бути однаковими за довжиною і поперечним перерізом;
- вихідна напруга джерел живлення має бути відрегульована на однаковому значенні з допуском не більше  $\pm 100$  мВ;
- усі під'єднані паралельно джерела живлення повинні працювати в однакових умовах навколишнього середовища;
- забороняється експлуатувати джерела живлення за умов, що вимагають зниження номінальної потужності, — наприклад, висота над рівнем моря понад 3000 м, температура навколишнього середовища понад +55 °C;
- якщо паралельно під'єднано більше ніж три джерела живлення, кожен вихід має бути захищений модулем розв'язки (наприклад, серії DRM), має використовуватися модульний



**Рис. 8. Блок-схема модуля DRM40 від TDK Corporation, використовуюваного для створення схем із резервуванням**



**Рис. 9. Паралельне під'єднання трифазних блоків живлення серії DRB TDK-Lambda**

автоматичний вимикач, діод або запобіжник (додаткова інформація наведена в специфікаціях).

DIN-рейкові модулі DRM40 можна застосовувати для створення схем із резервуванням типу N+1 або для паралельного під'єднання двох джерел живлення зі струмами 20–40 А. DRM40 (рис. 8) має світлодіодний індикатор балансування рівня напруг на обох входах, два індикатори входів типу DC OK, а також два релейні ізолювані сигнали робочого стану кожного джерела живлення. Внутрішнє подіння напруги модуля DRM40 не перевищує 200 мВ [4]. Доступний спрощений варіант DRM40В без сигналізації.

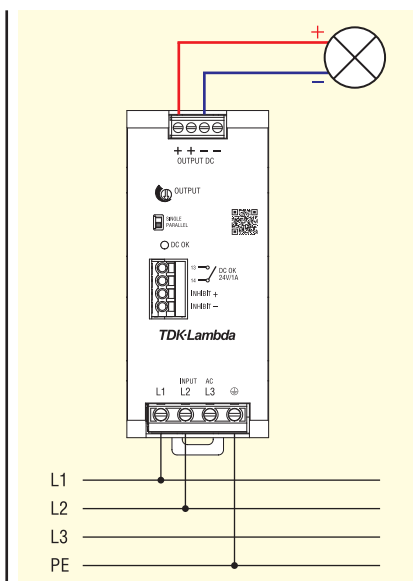
Під час паралельної роботи необхідно враховувати можливе збільшення значень пускових струмів, електромагнітних завад, гармонійних струмів і струмів витікання, а також розглянути можливість збільшення міжмодульних проміжків. Схему під'єднання трифазних блоків живлення серії DRB у паралель показано на рисунку 9. Додаткова інформація щодо паралельного під'єднання доступна в специфікаціях.

### Двофазний режим

Пристрій DRB здатний працювати безперервно від двох фаз трифазної електромережі. Водночас він може видавати повну потужність без зниження, якщо інші критичні параметри (як от температура довкілля або висота експлуатації приладу над рівнем моря) перебувають поза зоною обмеження потужності. Також під час роботи з обривом фази необхідно взяти до уваги такі особливості:

- ККД і втрати потужності, відповідні для стандартного режиму, не гарантуються;
- час затримки, зазначений для трифазного режиму, не гарантується;
- якщо блок постійно працює за вхідної напруги нижче 350 В змінного струму, може спрацювати захист OTP;
- пристрій може не відповідати нормам стандарту щодо гармонічних струмів IEC/EN 61000-3-2;
- сертифікати безпеки за UL 61010-1, -2-201 і UL 62368-1 (Ed.2) у разі двофазного режиму більше не застосовуються.

Схема з двофазним під'єднанням трьох фазних блоків живлення серії DRB показана на рисунку 10.



**Рис. 10. Схема з двофазним підключенням трифазних блоків живлення серії DRB TDK-Lambda**

Додаткова інформація щодо послідовного під'єднання доступна в специфікаціях.

### ВИСНОВОК

Трифазні блоки живлення серії DRB TDK-Lambda підходять для широкого спектра застосувань: від звичайних розподільчих шаф в енергетиці до різних промислових систем:

- у лініях промислової автоматики та керування процесами;
- у контрольно-випробувальному обладнанні;
- в обладнанні зв'язку;
- у системах відновлюваної енергетики;
- у виробництві напівпровідників.

Крім того, вони можуть використовуватися у сфері інформаційних і комунікаційних технологій.

Завдяки багаторічному досвіду і великим знанням про додатки клієнтів на ринку промислових джерел живлення компанія TDK є надійним партнером. У своїх продуктах TDK Group робить акцент на якості та надійності і проводить всебічні, ретельні випробування компонентів, які застосовуються у виробництві на її підприємствах по всьому світу. Повний контроль над процесом виготовлення дає змогу досягати високої якості продукції.

В липні 2023 року компанія представила версію трифазних блоків живлення серії DRB потужністю 480 Вт [2]. Версію потужністю 960 Вт буде анонсовано пізніше.

**Більш детальну інформацію щодо продукції TDK-Lambda можна отримати, звернувшись до офіційного дистриб'ютора — компанії «Симметрон-ЕК»:**

**тел.: (044) 239-20-65,  
email: info@symmetron.ua,  
www.symmetron.ua**

*Література:*

1. Compact 120W and 240W three-phase input DIN rail power supplies feature +20% peak power capability and low energy inrush current // [www.emea.lambda.tdk.com/uk/news/article/17188](http://www.emea.lambda.tdk.com/uk/news/article/17188)
2. [www.emea.lambda.tdk.com/uk/products/dr3](http://www.emea.lambda.tdk.com/uk/products/dr3)
3. [www.emea.lambda.tdk.com/uk/products/dr3-phase-series](http://www.emea.lambda.tdk.com/uk/products/dr3-phase-series)
4. DRM40 Модуль для создания схем резервирования на DIN-рейку // [www.emea.lambda.tdk.com/uk/products/drm40](http://www.emea.lambda.tdk.com/uk/products/drm40)

# Розуміння функціональної безпеки драйверів затвору та систем тягового інвертора

У цій статті представлено загальне введення у функціональну безпеку, а також наведені приклади, що стосуються драйверів затворів [Texas Instruments](#) та систем тягового інвертора електромобілів.

Оскільки попит на інтелектуальне, автоматизоване та екологічно безпечне кінцеве обладнання продовжує зростати, промислові та автомобільні технології стають дедалі електрифікованими (екологічними). З цією тенденцією також зростає увага до забезпечення відповідності електронних систем не лише стандартам продуктивності електромобілів, але й стандартам безпеки. Зокрема, в автомобільній сфері використання ізолюваних драйверів затворів із широкими можливостями налаштування у системах тягових інверторів зростає як засіб підвищення продуктивності електромобілів та спрощення сертифікації функціональної безпеки. Оскільки виробники транспортних засобів орієнтуються на електронні системи, такі як тягові інвертори, вони повинні відповідати стандартам безпеки.

У той час як традиційна «безпека продукту» стосується усунення ризиків ураження електричним струмом, пожежі та механічних небезпек, «функціональна безпека» безпосередньо стосується ризиків, пов'язаних з електричними та електронними системами. Оскільки технології швидко розвиваються, багатьом проєктувальникам доводиться швидко освоювати широкий світ функціональної безпеки.

## РОЗ'ЯСНЕННЯ ТЕРМІНІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

Для того, щоб звести до мінімуму відмову обладнання та травмування людей, проєкти систем та їх процеси повинні бути спрямовані на усунення несправностей обладнання відповідно до міжнародних стандартів. До за-

гальноприйнятих стандартів належать Міжнародний стандарт ISO 26262 (для автомобільного обладнання) та Міжнародний стандарт електротехнічної комісії IEC 61508 (для промислового обладнання).

Існує два типи апаратних відмов:

- Систематичні відмови, що виникають через помилки в процесі розробки або виробництва. Інженери можуть зменшити кількість систематичних відмов шляхом постійного вдосконалення процесу.
- Випадкові відмови, що виникають через дефекти, притаманні процесу або умовам використання. Інженери не можуть повністю усунути випадкові відмови.

Однією з цілей стандарту ISO 26262 є зменшення ймовірності випадкових відмов. Рівні якості автомобільної безпеки (ASIL) відображають рівень ризику із встановленими пороговими значеннями ймовірності. Ці рівні варіюються від ASIL A (найменш суворий) до ASIL D (найсуворіший). Цей стандарт також класифікує випадкові відмови на однократні та приховані. Однократні відмови порушують вимоги безпеки без наявності захисного механізму. Наприклад, механізм блокування від перенапруги намагається виявити перенапругу на виході пристрою. Множинна відмова — це результат декількох незалежних відмов, які безпосередньо порушують вимоги безпеки. Прихована відмова — це множинна несправність, наявність якої не виявляється механізмом безпеки та не сприймається водієм. Наприклад, відмова, що виникає в механізмі блокування від перенапруги, не дозволяє йому виявити факт перенапруги. Це прихована відмова, якщо

**В портфелі Компанії CEA представлена широка номенклатура товарів виробництва Texas Instruments. Ознайомитись із переліком товарів Texas Instruments можна за посиланням на сайті Компанії CEA.**

вона не виявляється іншим механізмом безпеки (наприклад, діагностичним тестом при запуску) або не сприймається водієм; таким чином, суворі вимоги ASIL вимагають наявності схем моніторингу та діагностики.

Щоб допомогти клієнтам у розробці своїх систем функціональної безпеки, продукти функціональної безпеки TI розробляються відповідно до внутрішнього процесу розробки продуктів TI (відповідно до стандарту ISO 26262). Наприклад, TI розробила свій перший ізолюваний драйвер затвора, який відповідає вимогам функціональної безпеки TI, UCC5870-Q1, що спеціально призначений для таких застосувань, як тягові інвертори. TI надає документацію, що допомагає проєктувати системи за стандартом ISO 26262 аж до ASIL D.

## ВИКОРИСТАННЯ ДОКУМЕНТАЦІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

Асортимент ізолюваних драйверів затворів TI включає пристрої в кожній з категорій функціональної безпеки, від найменш складних драйверів затворів, що відповідають вимогам функціональної безпеки TI, до найскладніших драйверів затворів, що відповідають вимогам функціональної безпеки TI. Кожна категорія надає різноманітні ресурси, які допомагають розробникам оптимізувати процес сертифікації. В таблиці 1 надано короткий опис відповідної документації та процесів для кожної категорії функціональної безпеки TI.



Таблиця 1. Короткий опис відповідної документації та процесів для кожної категорії функціональної безпеки TI				
		Функціональна безпека	Управління якістю функціональної безпеки	Функціональна безпека-сумісність
Процес розробки	Процес управління якістю TI	X	X	X
	Процес функціональної безпеки TI			X
Звіт про аналіз	Розрахунок показника FIT функціональної безпеки	X	X	X
	Розподіл режиму відмови (FMD) та/або контактний FMA	X	Входить до FMEDA	Входить до FMEDA
	FMEDA		X	X
	Аналіз дерева відмов (FTA)			X
Опис діагностики	Інструкція з функціональної безпеки		X	X
Сертифікація	Сертифікат функціональної безпеки пристрою			X

- Аналітичні ресурси можуть включати:
- Коефіцієнт напрацювання на відмову (*failure-in-time, FIT*) — оцінка кількості відмов, які можуть статися за мільярд мотогодин роботи пристрою.
- Вплив режимів відмов і аналіз діагностики (*failure mode effects and diagnostic analysis, FMEDA*), ймовірність виникнення режимів відмов і кількісна ефективність діагностики.
- Аналіз дерева відмов (*fault-tree analysis, FTA*), якісний аналіз випадкових відмов під час експлуатації.

Показники FIT — це показники випадкових відмов обладнання. Прикладом цього є імовірнісний показник для випадкових апаратних відмов (*probabilistic metric for random hardware faults, PMHF*). Існують також показники як одиночних відмов (*single-point faults metrics, SPFM*), так і прихованих відмов (*latent faults metrics, LFM*). ISO26262 визначає прийнятні значення показника FIT для кожного ASIL. Наприклад, ASIL D вимагає  $SPFM \geq 99\%$ ,  $LFM \geq 90\%$  і  $PMHF \leq 10 FIT$ . ISO 26262 визначає два типи аналізу безпеки — дедуктивний та

індуктивний. Дедуктивний аналіз, як і FTA, є підходом «зверху вниз». Індуктивний аналіз, як FMEDA, — це підхід «знизу вгору». Виробники транспортних засобів визначають свої вимоги до безпеки та вирішують їх на рівні транспортного засобу. Документація TI з функціональної безпеки підтримує апаратний аналіз на рівні пристрою.

### ІДЕНТИФІКАЦІЯ РЕЖИМІВ ВІДМОВИ ТЯГОВОГО ІНВЕРТОРА ТА ПІДГОТОВКА ДО НИХ

Режими відмови тягового інвертора можуть мати як механічні, так і електронні причини. Функціональна безпека зосереджена на виявленні причин відмов в електронних пристроях та ввімкненні відповідних механізмів безпеки. Наприклад, недостатній обертальний момент у системі тягового інвертора може бути викликаний механічною або електронною причиною (наприклад, коротке замикання силового транзистора або пошкодження драйвера затвора). Щоб запобігти

впливу цього типу ризику, стандарти функціональної безпеки визначають способи оцінки рівня ризику. З огляду на ці рекомендації, проекти систем функціональної безпеки можуть включати схеми захисту силових транзисторів і діагностику драйверів затворів.

Стандарти ISO 26262 дозволяють проектувати системи функціональної безпеки з використанням пристроїв, що належать до кожної категорії функціональної безпеки TI. Схеми захисту та діагностики можуть бути зовнішніми або інтегрованими в драйвер затвора. Драйвери затвора з TI Functional Safety Quality-Managed (категорія функціональної безпеки середнього рівня), такі як UCC21736-Q1, мають базовий набір інтегрованих захисних функцій. Ви, як і раніше, можете розглядати ці пристрої для проектування систем функціональної безпеки, але вам може знадобитися доповнити проект зовнішніми схемами. UCC5870-Q1 і UCC5880-Q1 — це ізольовані драйвери затворів, що відповідають вимогам функціональної безпеки TI та поєднують захист, діагностику та звіти про несправності для оптимізації

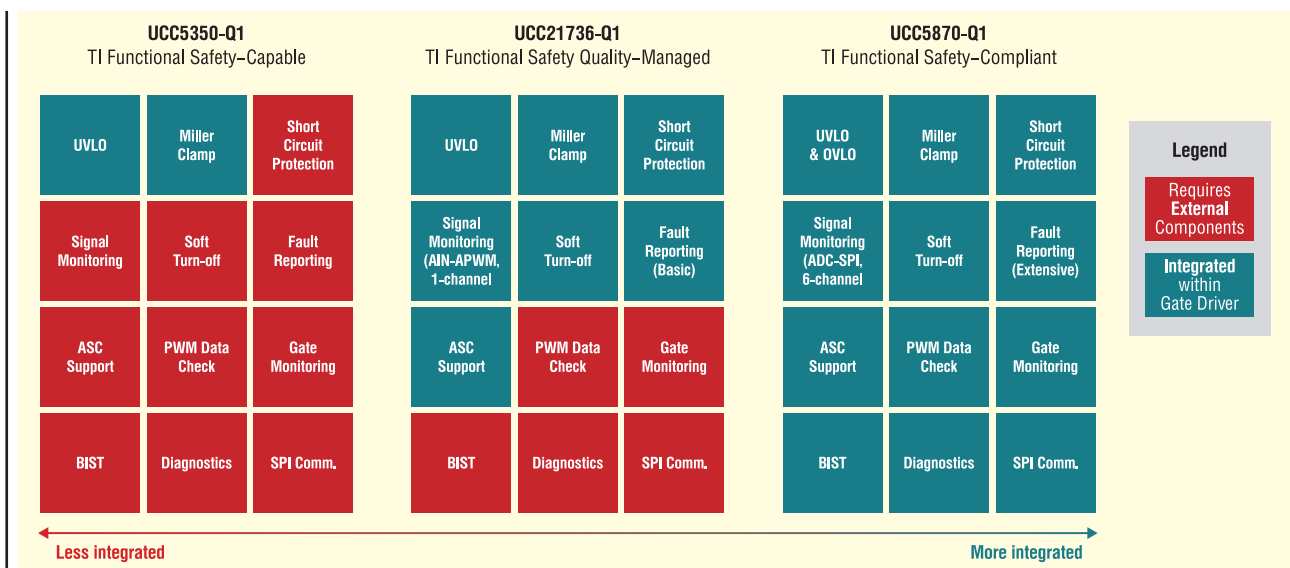


Рис. 1. Порівняння ізольованих драйверів затворів за категорією функціональної безпеки TI та рівнем інтеграції функцій

проекування систем функціональної безпеки. На рисунку 1 показано порівняння трьох ізованих драйверів затворів з різними категоріями функціональної безпеки та різним рівнем інтеграції функцій.

Для підтримки цієї складної системи UCC5870-Q1 і UCC5880-Q1 мають вбудовану функцію самотестування (*built-in self-test, BIST*) для запобігання прихованим збоєм, які не можуть бути виявлені захисними функціями. Подібно до пристроїв, що відповідають вимогам функціональної безпеки TI, режими відмов тягових інверторів також можуть бути досить складними. Режим відмови, наприклад, ненавмисне вимкнення двигуна, може бути викликаний мікросхемою керування живленням, мікроконтролером, двигуном або драйвером затвора, і пов'язаний з багатьма необхідними функціями захисту. Наприклад, кожна з цих функцій, інтегрована в UCC5870-Q1, допомагає запобігти впливу збоїв обертового моменту:

- Блокування за зниженою та підвищеною напругою.
- Виявлення знеструмлення та захист від перевантаження за струмом.

- Дворівневе вимкнення та плавне вимкнення.
- Контроль і фіксація напруги колектор-емітер (*collector-emitter voltage, VCE*).
- Аналого-цифровий перетворювач (для контролю напруги на вторинному (високовольтному) боці драйвера затвора, наприклад, температура перемикача живлення або драйвера затвора).

У міру того, як системи стають більш складними та електрифікованими (екологічними), змінюються і режими відмов, і керування випадковими відмовами. Щоб задовольнити потреби сучасних систем, UCC5870-Q1 і UCC5880-Q1 інтегрують функції захисту, діагностики та звітування про відмови відповідно до стандарту ISO 26262 і вимог тягових інверторів електромобілів (гібридних).

За матеріалами Texas Instruments


**Для того щоб купити електронні компоненти або отримати кваліфіковану консультацію, зверніться до офісу Компанії SEA: +38 (044) 330-00-88, e-mail: info@sea.com.ua** CN

### ФЛЮС ДЛЯ ПАЙКИ БЕЗ ЗМИВАННЯ ЗІ СКЛАДУ У КИЄВІ

Компанія SEA — офіційний дистриб'ютор компанії **Interflux** (Бельгія) в Україні — пропонує високоякісний флюс для паяння — **PaclFic 2009M**. Відповідність всім вимогам Bellcore і стандарту IPC, а також відмінна пайка на платах з покриттям HAL, OSP, NiAu, робить флюс IF 2009M ідеальним для high-tech електроніки. Флюс має гарну змочувальність і підходить для пайки олов'яно-свинцевих та безсвинцевих сплавів.

Interflux PaclFic 2009M — рідкий, що не вимагає змивання (No clean), флюс на водній основі з низьким вмістом твердих речовин (3.7%) і не містить галогени. OR L0 згідно стандартам EN і IPC. Складові флюсу повністю випаровуються під час пайки. Не потребує контролю щільності і, відповідно, розведення за допомогою розчинника.

За додатковою інформацією та з питань придбання флюсу для паяння звертайтеся до відділу паяльного обладнання Компанії SEA.




## SLD-150


# Нові тонкі лінійні драйвери потужністю 150 Вт

- Діапазон вхідної напруги 120-305 В АС
- Вбудований активний коректор коефіцієнту потужності
- Режим «постійна напруга + постійний струм» (моделі 12/24 В)
- Режим «постійної потужності» в діапазоні 24-56 В (модель 56 В)
- Регулювання вихідного струму вбудованим потенціометром (модель 56 В)
- ККД до 93%
- Відповідність стандартам безпеки EN61347 та EN60335-1
- Гарантія 5 років

Компанія SEA — офіційний дистриб'ютор MEAN WELL на території України



ИННОВАЦІЇ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ



Україна, 02094, м. Київ, вул. Краківська, 13-Б  
тел./факс: +38 044 330-00-88  
info@sea.com.ua, www.sea.com.ua

# Випробування систем РЛС, радіоелектронної боротьби (РЕБ) і радіотехнічної розвідки (РТР): загальні проблеми випробувань Рекомендації щодо застосування\*

**Адаптований переклад українською та технічне редагування:  
Віктор Бутирін, директор, Юнітест  
E-mail: Victor\_Butyryn@unitest.com**

## ПРИКЛАД ШТУЧНОГО ВИПРОБУВАЛЬНОГО ПОЛІГОНА

Як згадувалося раніше, випробування РЛС може становити складне завдання. Історично фахівці з РЛС вважали за краще б довіритися польовому випробувальному полігону, який зазвичай займає великий простір, де кілька кораблів або літаків могли б слідувати за певним курсом, щоб оцінити, чи правильно РЛС відображає на екрані їхнє місце перебування і швидкість. Хоча польові випробування часто забезпечують реалістичні умови навколишнього середовища, зазвичай це найгірший варіант для розробників.

Складність роботи в польових умовах є основною причиною, через яку більшість інженерів-випробувачів РЛС воліють створювати штучний випробувальний полігон. Такий полігон являє собою комплект випробувального обладнання, здатного імітувати зворотні ехо-сигнали РЛС, необхідні для перевірки її характеристик.

Хоча польове випробування може бути корисним у частині імітації умов навколишнього середовища, таких як берегові лінії, гори і хмари, це часто непрактично для імітації реалістичних сценаріїв військового призначення. Наприклад, може бути непомірно дорого організувати повномасштабну атаку, в

якій будуть залучені десятки літаків і кораблів, що наближаються до берегової РЛС раннього попередження. Крім того, польові випробування значною мірою пов'язані з безпекою (наприклад, можливістю зіткнення), чого немає під час лабораторних випробувань.

І нарешті, у багатьох великомасштабних польових випробуваннях часто не вдається дослідити множинні сценарії. Витрати на багаторазові встановлення РЛС і цілей у задані положення за дальності понад сотні миль не дають змоги повністю виявити можливості приймача РЛС, системи РЕБ або РТР. При випробуванні радіолокаційних систем космічних кораблів ціна польових випробувань виявляється зовсім недоступною.

Щоб подолати ці проблеми, генератори сигналів і генератори сигналів довільної форми компанії Keysight спільно з програмою Signal Studio для створення імпульсів дають змогу створити штучний випробувальний полігон у лабораторних умовах, якому часто надають перевагу фахівці з систем РЛС і РЕБ (рис. 11).

## Моделювання сканувальних антен

Щоб проілюструвати застосування генератора сигналів для випробування системи РЕБ, можна розглянути проблему випробування корабельної системи раннього попередження. У цьому разі система РЕБ приймає радіолокаційні

імпульси, що досягають корабля, і аналізує їх для визначення природи їхнього джерела і його кутового пеленга. Дослідження імпульсних послідовностей і варіацій їхньої амплітуди, викликаних діаграмою сканування антени, дає важливу інформацію для системи контрРЕБ.

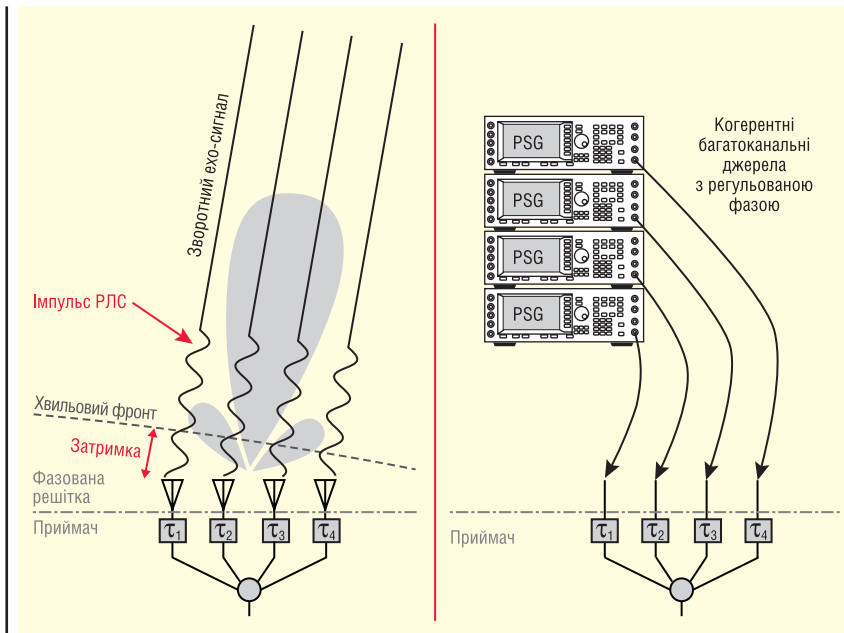
Ключ до стратегії успішного випробування полягає у створенні реалістичного набору імпульсних послідовностей радіолокаційних сигналів і можливості бачити, чи правильно система контрРЕБ (радіоелектронного придушення) вживає таких належних заходів, як радіопридушення, зрив автосупроводу цілі за дальністю, розкидання дипольних відбивачів тощо. У цьому прикладі буде показано, як система РЕБ реагує на різні радіолокаційні сигнали, як-от від човна для прогулянок, або від крилатої ракети.

Для виконання цього випробування необхідні лише програма Signal Studio для створення імпульсів і генератор сигналів серії PSG компанії Keysight. Використовуючи відповідні визначення імпульсу РЛС і діаграми сканування антени, за допомогою генератора серії PSG можна відтворити різні умови для системи РЕБ, щоб перевірити, чи правильно діє вона при цьому робить. У випадку з човном для прогулянок нічого не повинно статися, тоді як у випадку з ракетою система РЕБ повинна ініціювати відповідні заходи протидії.

Штучний випробувальний полігон, що використовує вимірювальні прилади

\* Закінчення. Початок див. CHIP NEWS, 2023, № 4.





**Рис. 11. Створення штучного випробувального полігона для РЛС із фазованою антенною решіткою**

компанії Keysight, не тільки забезпечує реалістичні випробування бортового корабельного устаткування, витрачаючи для цього тільки частину вартості, необхідної для проведення реальних бойових навчань, але також є чудовим тренажером-симулятором. Наприклад, корабель може перебувати в порту для технічного обслуговування або поповнення запасів. Використовуючи штучний випробувальний полігон, створений на базі генераторів сигналів компанії Keysight, корабельні РЛС і приймачі системи РЕБ можуть бути застосовані для тренування корабельного персоналу роботі з різноманітними можливими сценаріями виконання завдання. Це можна зробити без повідомлення недружніх сил, що є значним недоліком морських навчань.

### Випробування когерентного багатоканального приймача

Генератори сигналів компанії Keysight і програма Signal Studio для створення імпульсів можуть бути налаштовані для імітації РЛС, що використовують фазовані антенні решітки. Ці системи мають багато входів приймачів та працюють з фазою приходу вхідних ехо-сигналів. Це може ускладнити випробування, оскільки сигнал, що приймається, повинен імітувати хвильовий фронт імпульсного сигналу, який містить безліч ехо-сигналів РЛС, що приходять від віддалених точок.

Компанія Keysight розв'язала цю проблему за допомогою генераторів сигналів, таких як E8257D і E8267D се-

рії PSG і N5181B або N5182B серії MXG, які можуть бути когерентно синхронізовані за фазою, але з можливістю регулювання статичних фазових співвідношень між джерелами. Це дає змогу генераторам імітувати хвильовий фронт вхідного імпульсного сигналу для багатоканальних систем із фазованою решіткою. Можливі підходи описано в рекомендаціях щодо застосування Signal Source Solutions for Coherent and Phase-Stable Multi-Channel Systems.

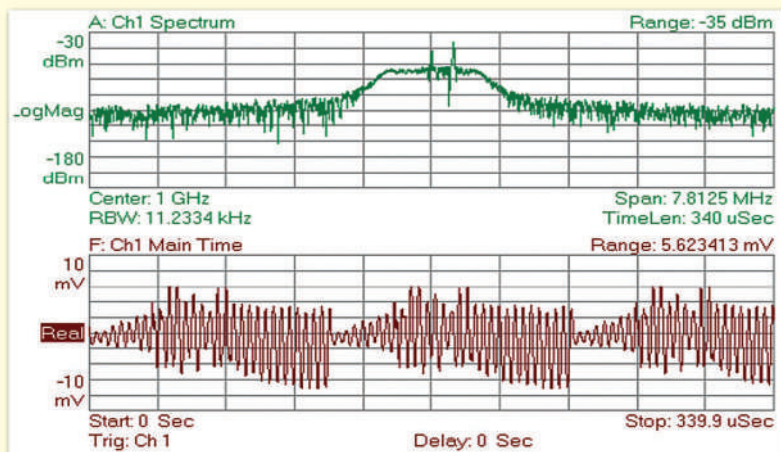
### Альтернативне середовище для моделювання систем і створення сигналів

Алгоритми обробки сигналів відіграють важливу роль у сучасних радіолока-

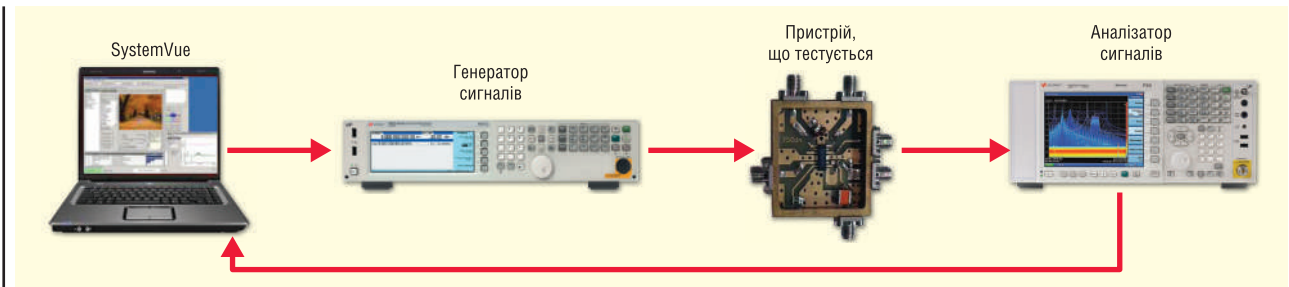
ційних системах, особливо в багаторежимних системах із високими робочими характеристиками. Розроблення алгоритмів є складним процесом, який стає значно ефективнішим, якщо розробники мають доступ до досить широкого набору моделей різних елементів і функцій РЛС (генерація сигналів, випромінювання від кількох джерел, передавання сигналів, антени, перемикання передавання/приймання, заважаючі ехо-сигнали, шуми, активне подавлення, приймання, оброблення сигналів і вимірювання).

Бібліотека моделей РЛС W1905 компанії Keysight працює в середовищі проектування системного рівня SystemVue компанії Keysight. SystemVue є відкрите середовище моделювання, орієнтоване на архітектури фізичного рівня в смугах широкопasmової модуляції і РЧ. Воно замінює цифрові, аналогові та математичні середовища загального призначення і може інтегруватися з процесами розроблення різних типів FPGA і вбудованих апаратних схем.

Бібліотека W1905 містить понад 50 високопараметризованих блоків імітації і понад 40 прикладів проектів високого рівня, які можна використовувати для створення робочих сценаріїв використань і вимірювань РЛС, що охоплюють блоки оброблення РЛС, ефекти навколишнього середовища, такі як заважаючі ехо-сигнали, сигнали цілей і навіть вимірювання характеристик апаратних засобів. Ця бібліотека може бути застосована для наступних архітектур РЛС: імпульсно+доплерівські; надширокопasmові (UWB); РЛС на базі ЦАР (цифрові антенні решітки); РЛС із синтезованою апертурою (SAR); РЛС із частково-модульованим безперервним випромінюванням (FMCW). За допо-



**Рис. 12. SystemVue і бібліотека W1905 були використані для створення ехо-сигналів з сигналами, що заважають, і подавленням**



**Рис. 13.** Приклад комбінації програмних засобів і вимірювальних приладів, яка може бути

могою цих інструментальних засобів розробники можуть моделювати різні типи радіолокаційних систем, створювати алгоритми обробки радіолокаційних сигналів, оцінювати робочі характеристики систем і створювати конструкції з перевіреними технічними рішеннями.

Бібліотека W1905 також ідеальна для генерації прецизійних сигналів, необхідних для перевірки алгоритмів і апаратних засобів або для вивчення роботи РЛС у різних умовах. Наприклад, ключовим аспектом випробування приймача є оцінка його характеристик, коли він працює на тлі від заважаючих відбиттів, в умовах багатопроменевого поширення, невизначених ехо-сигналів, подавлення і спотворень у каналі. SystemVue забезпечує можливості моделювання, що підтримують ці прикладні завдання (рис. 12).

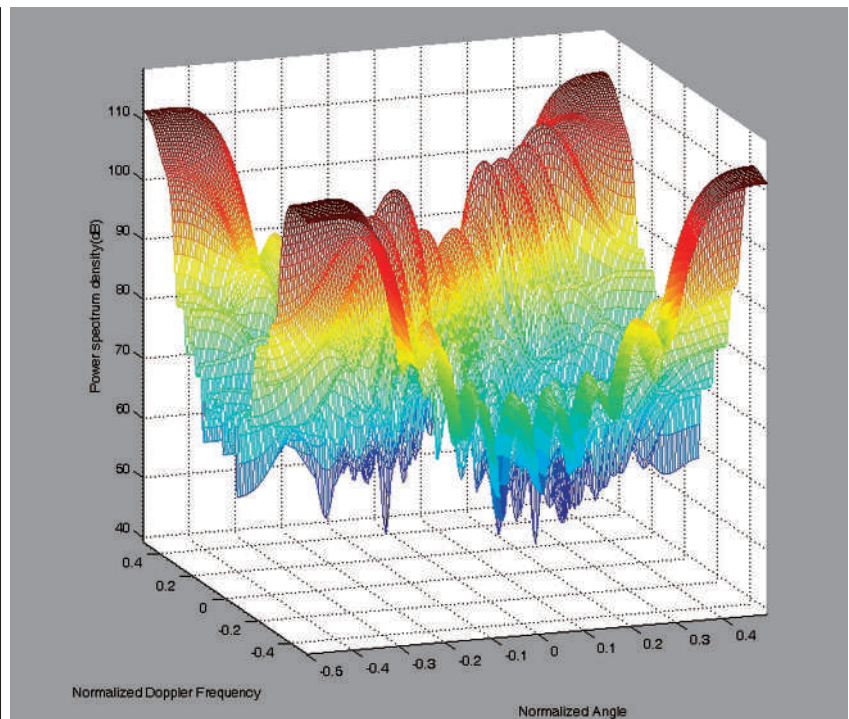
Під час тестування пристроїв на етапі розроблення SystemVue можна використовувати для створення високореалістичних випробувальних сигналів декількох джерел випромінювання. Один із ключових високоефективних методів, які використовують для цього, реалізовано у функції SystemVue, що отримала назву SignalCombiner (об'єднувач сигналів). Ця функція дає змогу створювати та комбінувати сигнали кількох джерел випромінювання в середовищі моделювання. За допомогою повторної дискретизації кілька джерел випромінювання комбінуються в один сигнал, який можна завантажити для відтворення в прецизійній генератор сигналів довільної форми, такий як M8190A.

Процедура створення випробувального сигналу для РЛС ілюструється рисунком 13. У цій конфігурації модель інтерфейсу (Sink) в SystemVue здійснює зв'язок з векторним генератором сигналів, таким як генератор сигналів серії PSG або MXG компанії Keysight. Будь-які форми радіолокаційних сигналів, створені SystemVue в режимі моделювання, можуть автоматично в динамічному режимі завантажуватися в генератор сигналів, який відтворює їх для використання як ВЧ- або ПЧ-тестових сигналів.

Крім того, сигнали, захоплені аналізатором сигналів, можуть бути передані назад до SystemVue для обробки та використання в імітаційному моделюванні.

У разі під'єднання відповідних вимірювальних приладів, що реалізують вимірювання за принципом стимул-відгук, цей тип платформи моделювання можна використовувати для ручної імітації відсутніх апаратних блоків і тим самим імітувати працюючу радіолокаційну систему. Це дає змогу легше виконувати перевірку правильності її роботи на системному рівні на ранній стадії процесу розроблення, навіть під час роботи з частково реалізованими апаратними засобами. Коли реальні апаратні засоби стають доступними, платформу моделювання легко переналаштовують на завдання формування цільових сигналів РЛС для вимірювальних приладів, які потім використовуватимуть під час випробувань.

Для поглибленого аналізу SystemVue і бібліотеку W1905 можна об'єднати з програмним забезпеченням 89600 VSA. Програмне забезпечення 89600 VSA пропонує засновані на стандартах передові інструментальні засоби загального призначення для вимірювання характеристик сигналів у часовій, частотній і модуляційній ділянках. Це програмне забезпечення може працювати як у ПК, так і всередині певних типів аналізаторів сигналів, логічних аналізаторів та осцилографів компанії Keysight. Крім того, об'єднання SystemVue/89600 забезпечує взаємодію з низкою вимірювальних приладів, які можна використовувати для перевірки характеристик впроваджених апаратних засобів. Прикладами можуть слугувати аналізатори сигналів N9030A серії PXA, логічні аналізатори серії 16800 та осцилографи серії 90000X сімейства Infiniium компанії Keysight.



**Рис. 14.** 3D-візуалізація відбитих від цілі імпульсно-доплерівських сигналів РЛС у поєднанні з моделями заважаючих ехо-сигналів за допомогою MATLAB

Середовище SystemVue також інтегрується з MATLAB для забезпечення можливостей аналізу та візуалізації складних сигналів РЛС (рис. 14), які включають повне математичне моделювання в середовищі SystemVue з використанням математичних і обчислювальних функцій MATLAB.

## ПЕРЕВІРКА ПРАВИЛЬНОСТІ ТА АНАЛІЗ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ

Аналіз радіолокаційного імпульсу став значно складнішим завданням, оскільки розробники обрали метод компресії для поліпшення роздільної здатності та підвищення дальності при зниженні невизначеності. За такого підходу засоби аналізу мають забезпечувати ширші смуги частот, можливість аналізу модуляції та представлення сигналу в кількох областях.

Крім того, розробники впроваджують програмно-визначені архітектури РЛС, де стабільність і гнучкість цифрових реалізацій швидко замінює традиційну аналогову обробку на ПЧ і в смузі частот модуляції. Це теж породжує особливі проблеми для випробувань, оскільки формат сигналів і доступ до них кардинально змінюється при переході від смуги частот модуляції до ВЧ.

З метою вирішення цих складних завдань компанія Keysight створила цілу низку приладів для аналізу, які мають такі характеристики та гнучкість, що дозволяють переглядати практично всі радіолокаційні сигнали з урахуванням широкого розмаїття форматів.

### Засоби аналізу компанії Keysight

Для задоволення різних вимог у широкому діапазоні значень ціна/продуктивність компанія Keysight пропонує сімейство настільних аналізаторів сигналів серії X і лінійку портативних аналізаторів. Портативні моделі включають

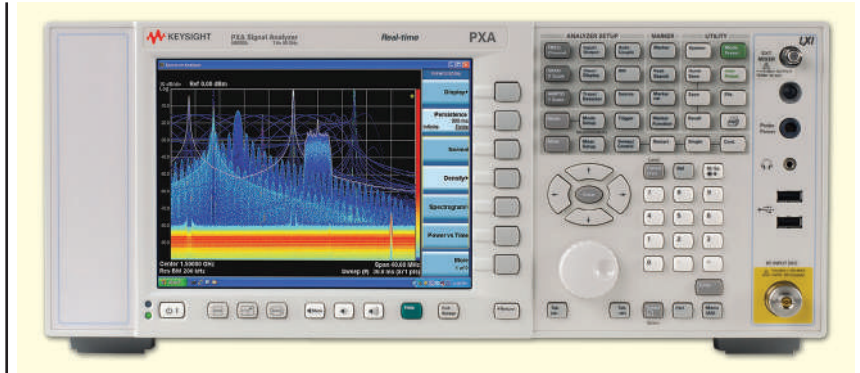


Рис. 15. Аналізатор спектра реального часу PXA допомагає побачити, захопити й інтерпретувати сигнали, які дуже важко вловити

сімейство аналізаторів серії FieldFox. Ручний аналізатор FieldFox можна конфігурувати як аналізатор кабелів і антен, аналізатор спектра, векторний аналізатор ланцюгів або комбінований аналізатор з діапазоном частот до 50 ГГц для використання у польових умовах і добре підходить для розв'язання завдань інсталяції та обслуговування обладнання.

Серія X включає чотири моделі, дві з яких найкраще підходять для радіолокаційних застосувань: аналізатори сигналів найвищого класу UXA та PXA, які забезпечують смугу аналізу до 4 ГГц; універсальний аналізатор сигналів MXA, який забезпечує суворий баланс між швидкодією, робочими характеристиками та ефективністю витрат. У результаті останньої модернізації для аналізаторів сигналів UXA, PXA, MXA стала доступна опція аналізу спектра в реальному часі (RTSA). Ця опція забезпечує смугу аналізу в режимі реального часу до 4 ГГц, і може бути використана для модернізації не тільки нових, а й наявних аналізаторів сигналів PXA. Додавання опції RTSA створює економічне технічне рішення, яке забезпечує аналіз у реальному часі та традиційні вимірювання спектра в одному приладі (рис. 15). PXA з опцією RTSA забезпечує такі можливості:

- 100%-а ймовірність перехоплення (POI) для сигналів з таким коротким часом існування, як 3.57 мкс;
- шумовий поріг  $-157$  дБм на 10 ГГц (без попереднього підсилювача);
- вільний від паразитних сигналів динамічний діапазон 75 дБ;
- тригерування за частотною маскою (FMT) з безліччю умовних можливостей.

Для всебічного аналізу складних сигналів програмне забезпечення 89600 може використовуватися з аналізаторами сигналів серії X або навіть виконуватися всередині цих приладів. На додаток до можливостей аналізу в часовій і частотній областях 89600 VSA дає змогу проводити вимірювання стислих імпульсів РЛС у модуляційній області. Крім того, програмне забезпечення VSA сумісне з можливостями RTSA, включно із тригеруванням, і підтримує захоплення і відтворення шкідливих сигналів.

Для надширокополосних застосувань компанія Keysight також пропонує дигітайзери та осцилографи з високими характеристиками (рис. 16). Наприклад, M9703A, що є 8-канальним дигітайзером з роздільною здатністю 12 біт у форматі AXIe, здатний захоплювати сигнали зі смугою частот від 0 до 2 ГГц. Він забезпечує частоту дискретизації до 3.2 Гвиб/с у разі використання 4-х каналів і до 1.6 Гвиб/с у разі використання



## КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ

АВТОРИЗОВАНИЙ ДИСТРИБ'ЮТОР В УКРАЇНІ  
продаж • навчання • сервіс

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







**Рис. 16.** Сімейство аналізаторів сигналів компанії Keysight

8-ми каналів. Дигітайзер M9703A підтримує можливість тривалого захоплення даних, маючи внутрішню пам'ять об'ємом 4 Гбайт. Осцилографи серії 90000X і 90000Q сімейства Infiniium є альтернативним варіантом: вони забезпечують смугу пропускання до 63 ГГц, мають частоту дискретизації до 160 Гвб/с і глибину пам'яті до 2 Гточок. Для забезпечення можливості поглибленого аналізу дигітайзер M9703A і осцилографи серії 90000X і 90000Q сумісні з програмним забезпеченням 89600 VSA (рис. 17). Для ілюстрації можливостей інструментів аналізу компанії Keysight буде корисно розглянути кілька прикладів вимірювань. Ця стаття починається з розгляду основних вимірювань, таких як вимірю-

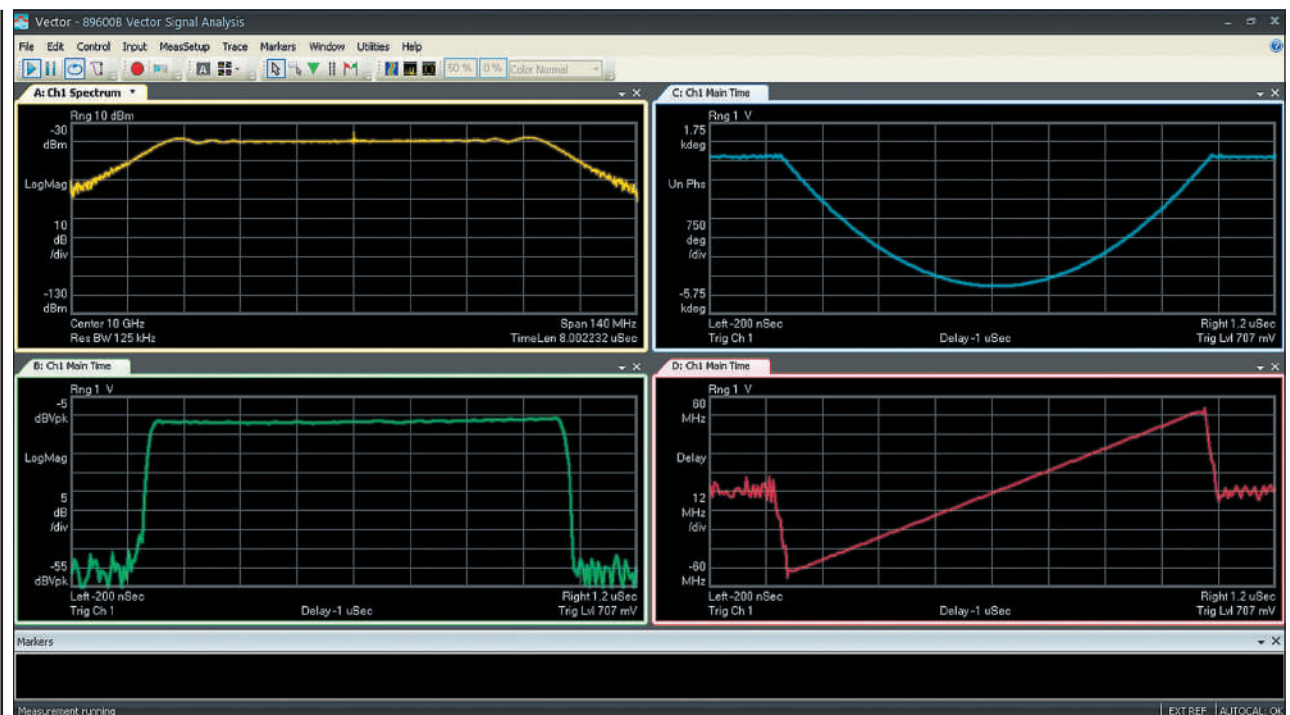
вання параметрів імпульсів, потім буде розглянуто складні вимірювання якості сигналів. На закінчення розглядаються можливості вимірювання сигналів РЛС із програмно-визначеною архітектурою.

**Вимірювання параметрів імпульсів**

Тестування систем РЛС, РЕБ і РТР вимагає проведення різноманітних вимірювань. Як було зазначено раніше, вимірювання тривалості імпульсу, частоти або періоду повторення дає важливу інформацію про роздільну здатність і дальність дії РЛС, а також може розкрити потенційно важливі відомості розвідувального характеру. Автоматизація вимірювання цих параметрів може значно прискорити

діагностику РЛС і дає змогу отримати велику кількість інформації для систем РЕБ.

Для автоматизації цих вимірювань можна використовувати дві програми. Аналізатори сигналів PXA і MXA можна сконфігурувати з програмою для вимірювання параметрів імпульсів N9051A (рис. 18), а осцилографи, як-от Infiniium 90000, можна забезпечити програмою для осцилографічного аналізу сигналів (OSA) W2650A (рис. 19). Аналізатор сигналів серії X із програмою N9051A є найкращим вибором, коли потрібні широкий динамічний діапазон, смуга модуляції імпульсу менш як 4 ГГц, вимірювання параметрів спектра і паразитних складових. Кілька видів представлення результатів вимірювань дає змогу про-



**Рис. 17.** Перегляд ЛЧМ-імпульсу за допомогою програмного забезпечення 89600 VSA

## ЯК ВИРІШИТИ, КОЛИ СЛІД ВИКОРИСТОВУВАТИ ОСЦИЛОГРАФ АБО АНАЛІЗАТОР СПЕКТРА

Вимоги, що висувуються до аналізу, допоможуть визначити, коли слід використовувати осцилограф або аналізатор сигналів. Ключовими факторами є смуга аналізу і необхідна кількість вимірних каналів. Додаткові показники включають: динамічний діапазон, рівень паразитних складових і вимірювання величини вектора помилки (EVM). Наразі аналізатори сигналів із високими характеристиками мають максимальну смугу аналізу, що дорівнює 4 ГГц. Таким чином, якщо потрібно, щоб смуга аналізу була 4 ГГц або менше, то можна використовувати або аналізатор сигналів, або осцилограф. Якщо потрібна ширша смуга аналізу, то осцилограф з високими технічними характеристиками є найкращим вибором. Якщо потрібно кілька фазово-когерентних каналів, то часто найкращим вибором є осцилограф. Якщо достатньо одного каналу, то автономний аналізатор сигналів, такий як PXA, зазвичай має перевагу в інших показниках: динамічний діапазон, рівень паразитних складових, характеристики вимірювання EVM і швидкість вимірювання.

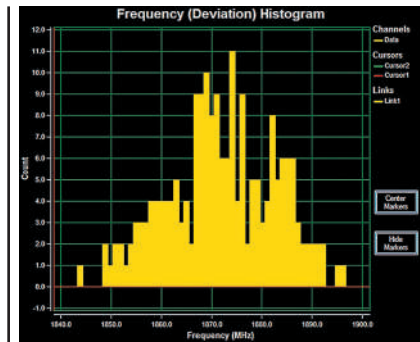
водити одночасний аналіз залежності рівня потужності від часу, частоти від часу, фази від часу або рівня потужності від частоти. Базові можливості включають вимірювання періоду повторення імпульсів (PRI), частоти повторення імпульсів (PRF), а також параметрів імпульсу, таких як тривалість імпульсу, коефіцієнт заповнення, час наростання і спаду, спад вершини імпульсу, викид на фронті імпульсу і пульсації. Опція розширеного аналізу дає змогу проводити статистичний аналіз параметрів, використовуючи до 200 000 імпульсів, за допомогою графіків аналізу тренду або гістограм.

Осцилограф з додатком W2650A може працювати зі смугами частот понад 4 ГГц і є найкращим вибором, коли динамічний діапазон менш важливий, ніж смуга частот. Осцилограф також має ре-

жим сегментованої пам'яті, який спрощує аналіз довгих послідовностей імпульсів. Для аналізу імпульсів основні можливості включають: вимірювання періоду повторення імпульсів (PRI), частоти повторення імпульсів (PRF), частотних характеристик модуляції імпульсу (середнє значення, мінімальне значення, максимальне значення, девіація, розмах), виду модуляції імпульсу (ЛЧМ, код Баркера) і багато іншого. W2650A також підтримує вимірювання безперервних і модульованих сигналів, зокрема структури і тривалості сигналів зі стрибкоподібною перебудовою частоти.

### Аналіз мультиформатних модуляцій за допомогою 89600 VSA

Програмно-визначені архітектури ПЛС ставлять унікальні проблеми випро-

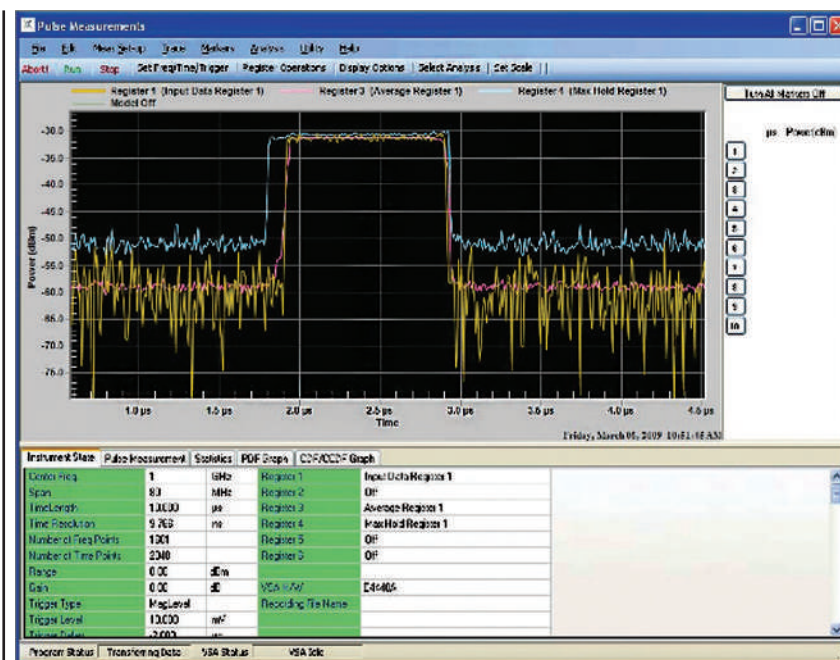


**Рис. 19.** Поглиблений аналіз імпульсів з використанням програми для осцилографічного аналізу сигналів (OSA) W2650A включає можливість визначення статистичних характеристик за допомогою гістограм

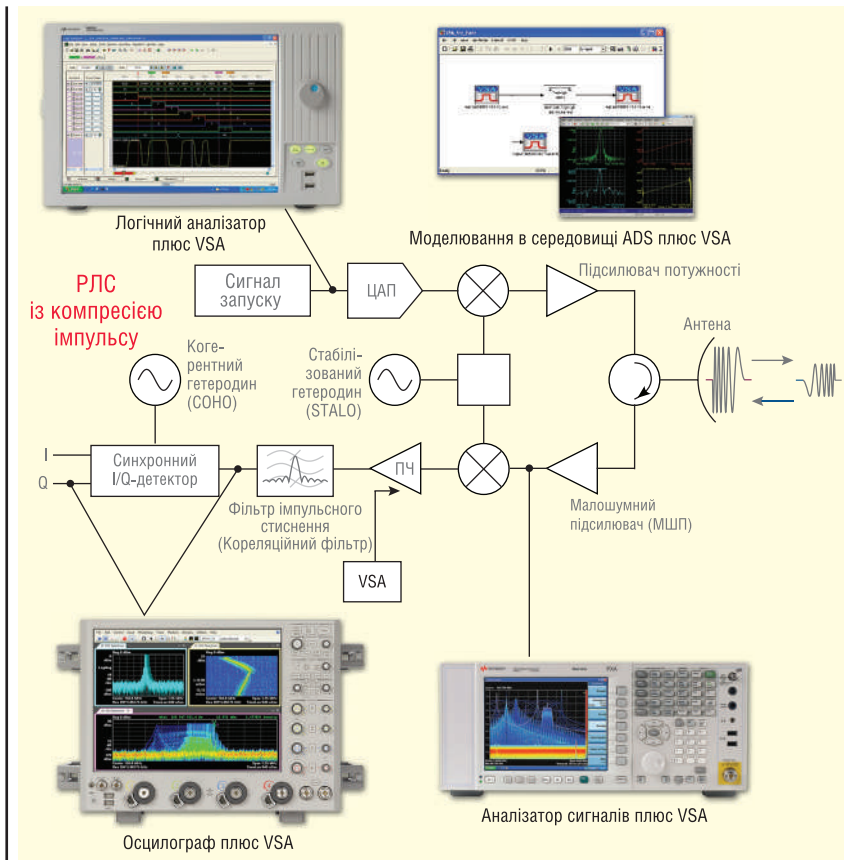
бувань, оскільки формат сигналу змінюється від добре відомих аналогових коаксіальних мікрохвильових ліній передавання до цифрових шин, часто глибоко прихованих усередині ПЛІС FPGA. Такі проекти зі змішаними аналоговими і цифровими сигналами вимагають передових методів аналізу модульованих імпульсів на дуже різних форматах сигналів, що забезпечують несуперечливі результати вимірювань.

Програмне забезпечення 89600 VSA (рис. 20) взаємодіє з різними вимірними приладами виробництва компанії Keysight: аналізаторами сигналів, осцилографами, логічними аналізаторами та багатьма іншими. Ці прилади можуть слугувати як зовнішні аналогові або цифрові підсистеми первинного збору даних. Крім того, програмне забезпечення 89600 VSA сумісне з САПР моделювання електронних кіл ADS компанії Keysight. Це не тільки спрощує вивчення процесу вимірювань з використанням приладів, а й гарантує несуперечливість результатів вимірювань, оскільки незалежно від формату вимірюваного сигналу (цифрового або аналогового) використовуються одні й ті ж алгоритми 89600 VSA.

Застосування логічного аналізатора серії 16800 як зовнішньої підсистеми первинного збору даних для 89600 VSA дає змогу використовувати ядро проектування ПЛІС FPGA ATC2 компанії Keysight. Ядро проектування ATC2 забезпечує прямий доступ до внутрішніх шин даних підтримуваних ПЛІС FPGA компаній Xilinx і Altera (Intel), даючи змогу виконувати складний векторний аналіз сигналів безпосередньо всередині схеми, реалізованої в ПЛІС FPGA, у реальному часі.



**Рис. 18.** Програмне забезпечення для вимірювання параметрів імпульсів N9051A



**Рис. 20.** Мультиформатний аналіз за допомогою 89600 VSA

**ВИСНОВКИ**

Останнє покоління систем РЛС і РЕБ працюють у різних смугах частот і використовують широкопasmові або надширокопasmові сигнали, які підтримують дуже складні схеми модуляції. Ці системи також використовують передові методи цифрової обробки сигналів, щоб замаскувати або приховати свою роботу і таким чином уникнути впливу навмисних завад.

Сучасна еволюція таких систем триватиме, щоб відповідати характеристикам і можливостям технічних рішень, необхідних для генерації випробувальних сигналів, створення штучних випробувальних полігонів із кількома джерелами випромінювання, а також для оцінки та аналізу сигналів РЛС і систем. Як описано в цій статті, взаємозв'язок і взаємодія вимірювальних приладів і програмних засобів створює гнучку основу для широкого кола корисних технічних рішень:

- Для створення сигналів такі інструментальні засоби, як прецизійний широкопasmовий генератор сигналів довільної форми M8190A і потужна програма Signal Studio для створення імпульсів дають змогу створювати високореалістичні сценарії сигналів.

- Для аналізу сигналів аналізатор сигналів PXA забезпечує чудову смугу аналізу та динамічний діапазон, а також пропонує опцію аналізатора спектра в реальному часі.
- Для поглибленого аналізу сигналів програмне забезпечення 89600 VSA додає можливості аналізу в часовій, частотній і модуляційній областях у діапазонах мікрохвильових частот для аналізаторів сигналів серії X, осцилографів Infiniium для аналізу надширокопasmових сигналів та логічних аналізаторів серії 16800 для аналізу цифрових сигналів.

Всі ці рішення від компанії Keysight вже готові до вирішення проблем, з якими ви стикаєтесь сьогодні, і також є готовими для еволюціонуючих вимог, що вже бачаться на горизонті майбутнього.

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

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

**ГЕНЕРАТОР ВЕКТОРНИХ СИГНАЛІВ N5186A MXG**

Компанія Keysight Technologies анонсувала N5186A MXG — компактний чотириканальний генератор векторних сигналів, що здатний генерувати сигнали до 8.5 ГГц зі смугою модуляції 960 МГц на канал.

Технології бездротового зв'язку та аерокосмічної галузі вимагають більш високого частотного покриття з використанням складних схем модуляції, таких як багатоканальна модуляція (MIMO), формування променя і мультиплексування, для максимізації пропускної здатності даних. Генератор векторних сигналів MXG забезпечує стабільні та повторювані результати, що ідеально підходять для широкопasmового багатоканального тестування. Спеціальні інтегральні схеми (ASIC) ЦАП MXG використовують прямий цифровий синтез (DDS) для передачі точних сигналів, щоб мінімізувати спотворення і відповідати новим стандартам проектування компонентів і модулів.

Це ідеальний генератор сигналів для широкопasmових багатоканальних застосувань, який:

- підтримує емуляцію військового радіозв'язку та тест MIMO з 4 унікальними виходами в корпусі 2U;
- перекриває діапазон частот від 9 кГц до 8.5 ГГц з найкращими у своєму класі показниками EVM, ACPR і фазового шуму;
- забезпечує смугу радіочастотної модуляції 960 МГц з використанням технології DDS;
- максимізує точність тестування і частотну характеристику завдяки вбудованому рефлектометру;
- генерує сигнали на основі бездротових стандартів за допомогою програмного забезпечення для генерації сигналів Keysight PathWave;
- забезпечує швидкий доступ до спеціальної команди інженерів технічної підтримки KeysightCare.

Щоб точно охарактеризувати продуктивність підсилювача потужності в діапазоні 5G FR1, необхідно мінімізувати помилки, що вносяться випробувальним обладнанням. Вбудований рефлектометр в генератор векторного сигналу MXG прискорює процес налаштування при корекції відповідності DUT за лічені хвилини, а не дні. Спростіть налаштування тесту і визначайте характеристики підсилювачів потужності на 20% швидше.

**www.keysight.com**



# Перші в індустрії супершвидкі USB 3.0 модулі цифрового вводу-виводу



Супершвидкий USB 3.0



Надійний дизайн



Гнучке розширення



Мінімум відмов



Легке обслуговування

## Супершвидкі USB 3.0 цифрові модулі вводу-виводу для різних задач промислової автоматизації

Нова серія супершвидких USB 3.0 модулів цифрового вводу-виводу Advantech USB-5800 підходить для вирішення широкого кола задач в промисловій автоматизації, де потрібні легка установка, компактні розміри, та відсутні слоти розширення PCI/PCIe. USB 3.0 модулі вводу-виводу Advantech USB-5800 надають екстремальну швидкість передачі до 5 Гб/с, розширюють системні функції вводу-виводу та підтримують послідовне підключення для легкого нарощування системи.

**ADVANTECH**

Enabling an Intelligent Planet



Більше інформації

USB Modules

Search

## Доступні моделі

	USB-5830	USB-5850	USB-5860	USB-5855	USB-5856	USB-5862
Модель						
Ізольовані цифрові вхідні канали	16	16	8	32	32	16
Ізольовані цифрові вихідні канали	16	-	-	-	32	-
Релейні вихідні канали PhotoMOS	-	8	-	16	-	-
Релейні вихідні канали	-	-	8	-	-	16

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

[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

**ADVANTECH** Industrial IoT

Channel Partner



ПРОКСИС

# Точне позиціювання для автономних сервісних роботів

**Обладнання для точного позиціювання має репутацію складного у впровадженні. Наш покроковий посібник з впровадження робить його ефективним і простим, проводячи вас через кожен крок процесу.**

На сайті компанії u-blox нещодавно було представлено платформу OpenMower як швидкий і простий спосіб перевірити продуктивність високоточного позиціювання за допомогою модуля u-blox ZED-F9R [1]. Але що робити, якщо ви хочете створити з нуля рішення для позиціювання на сантиметровому рівні, яке відповідає специфічним проектним обмеженням для конкретного застосування? Правильне налаштування GNSS-приймача, приймача служби корекції, самої служби корекції та інерціального датчика може здатися складним завданням навіть для компаній, які мають досвід розробки стандартних GNSS-рішень.

Але є хороша новина. Ми вам допоможемо. Наш посібник для початківців [2] проведе вас через кожен крок процесу, починаючи з початкового списку покупок і закінчуючи (але не обмежуючись) маленькими хитрощами, які вам доведеться зробити після того, як ваше обладнання буде готове і працюватиме.

## СЕРВІСНІ РОБОТИ, ЕЛЕКТРОСАМОКАТИ ТА БАГАТО ІНШОГО...

Але спочатку кілька слів про модуль ZED-F9R: ZED-F9R — це одне з багатьох рішень для високоточного позиціювання u-blox, випущених за останні роки для того, щоб перенести продуктивність позиціювання, яка раніше була зарезервована для дорогих застосувань, на масовий ринок. Розроблений спеціально для забезпечення високоточного позиціювання за допомогою GNSS у найскладніших умовах, модуль оптимізований для повільного переміщення, наприклад, сервісних роботів та електросамокатів.

Поєднуючи в собі багатодіапазонний GNSS, здатний одночасно відстежувати до чотирьох груп супутників GNSS, та інерційний датчик для подолання тимчасових перебоїв сигналу, ZED-F9R значно скорочує час, необхідний для розробки надійних рішень для позиціювання на сантиметровому рівні. Ось кілька порад, які допоможуть вам вийти з глухого кута.

## ПОЧНІТЬ З УСІХ НЕОБХІДНИХ КОМПОНЕНТІВ

Ми всі звикли до технології GNSS, яка вимагає лише двох компонентів для того, щоб отримати дані про своє місцезнаходження в будь-якій точці планети: GNSS-приймач і антена. Все інше забезпечується — безкоштовно — інфраструктурою, що фінансується державою, більша частина якої знаходиться на орбіті в космосі.

Список покупок для розробки високоточних рішень для позиціювання дещо довший. Але, як ви побачите тут, високий ступінь технологічної інтеграції, який забезпечує ZED-F9R, усуває більшу частину складнощів.

Звичайно, вам знадобиться робочий модуль ZED-F9R. Наш тестуваль-

ний комплект (комплект розробника) C102-F9R (рис. 1) [3] є чудовою відправною точкою для користувачів-початківців, надаючи протестований, готовий до використання пристрій для більшості цілей. Якщо замість цього ви обираєте власну друковану плату, переконайтеся, що вона має UART-з'єднання з приймачем і, в ідеалі, має порт USB.

Далі переконайтеся, що ви придбали правильну антену. Вам знадобиться багатодіапазонна антена L1 і L2 з коефіцієнтом підсилення не менше 17 дБ, щоб забезпечити правильні сигнали для модуля приймача GNSS. Вона повинна бути розроблена для кінематичних застосувань в реальному часі і може потребувати заземлення для оптимальної роботи. Наша антена ANN-MB (рис. 2) [4] — чудове рішення для початку.

Потім вам знадобиться канал зв'язку для передачі даних про пробіг вашого автомобіля на GNSS-приймач — вимога для високоточного позиціювання. Це може бути спеціальний апаратний інтерфейс для передачі даних про швидкість і напрямок руху або послідовний інтерфейс.

Щоб досягти сантиметрового позиціювання, вам знадобляться дані про корекцію GNSS. Дані корекції можуть надходити з декількох джерел, включаючи місцеву базову станцію GNSS або підписку на послугу корекції GNSS.

Нарешті, для розробки і тестування вам знадобиться хост, наприклад, комп'ютер, на якому працює u-center, і послідовний канал зв'язку з приймачем.

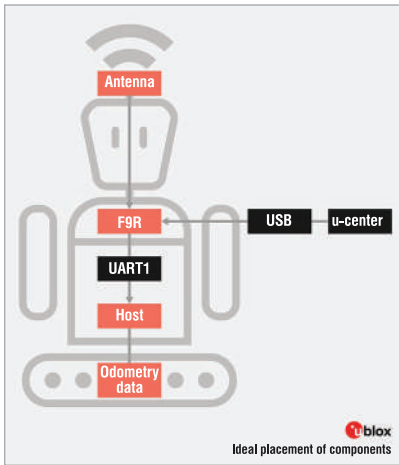


**Рис. 1. Тестувальний комплект (комплект розробника) C102-F9R**



**Рис. 2. Антена ANN-MB**





**Рис. 3. Налаштування обладнання для оптимальної точності позиціювання**

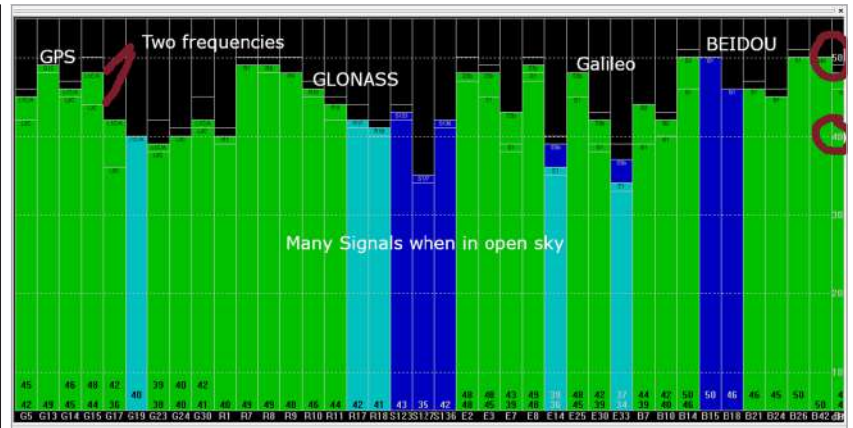
Не забудьте зберегти функції моніторингу та налагодження у вашому кінцевому проєкті, коли ви заміните ПК на вбудований хост.

**НАЛАШТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТОЧНОСТІ ПОЗИЦІЮВАННЯ**

Після того, як ви навчилися підключати приймач до u-center'у для моніторингу та налаштування (як описано в нашому посібнику з початку роботи [2], вам потрібно встановити GNSS-приймач і антену для досягнення оптимальної продуктивності (рис. 3).

Розміщення приймача важливе лише для найбільш складних застосунків. Більш важливою є орієнтація приймача, яку необхідно виміряти з точністю до декількох градусів для правильного використання даних інерційного датчика.

Для надійної роботи протягом усього терміну служби обладнання переконайтеся, що приймач надійно прикріп-



**Рис. 4. Тестування прийому сигналу GNSS**

лений до рами транспортного засобу і захищений від надмірної вібрації.

Розміщення антени є особливо важливим для надійної роботи. Антена повинна бути розміщена таким чином, щоб мати чіткий вигляд неба. Розміщення антени якомога ближче до приймача ще більше покращує продуктивність.

щіль її, перш ніж продовжувати. Майте на увазі, що поганий сигнал GNSS призведе до погіршення навігаційних характеристик за будь-яких умов. Ймовірними причинами поганої якості прийнятих GPS-сигналів є погано підібрана антена, відсутність площини заземлення і неправильне розміщення антени.

**ТЕСТУВАННЯ ПРИЙОМУ СИГНАЛУ GNSS**

Після встановлення обладнання, підключення до сервісу розширення та налаштування інтерфейсу зв'язку настав час протестувати прийом сигналу GNSS за допомогою u-center'у (рис. 4). Підключивши приймач до u-center'у, знайдіть місце з відкритим небом, зачекайте, поки приймач встановить 3D-фіксацію, і перевірте доступні супутникові сигнали.

Якщо ви отримали щонайменше 20 сигналів від очікуваних супутників на декількох діапазонах, а середнє відношення носійна/шум, C/N0, становить щонайменше 40, це означає, що прийом сигналу GNSS хороший. Якщо, однак, якість сигналу погана, покра-

**НАЛАШТУВАННЯ ПОТОКУ ДАНИХ КОРЕКЦІЇ**

Для забезпечення належної роботи RTK приймачу потрібен безперервний потік даних корекції GNSS. Тут ми розглянемо ключові моменти для використання даних корекції, що надсилаються за допомогою протоколу NTRIP (мережева передача RTCM через Інтернет-протокол, Networked Transport of RTCM via Internet Protocol). З отриманням даних поправок через протокол MQTT, наприклад, за допомогою сервісу розширення u-blox PointPerfect GNSS, можна ознайомитись в матеріалі [5].

Якщо ви використовуєте NTRIP, вам знадобиться доступ до NTRIP-кастера (адреса, порт, ім'я користувача та па-

**Сантиметрова точність GNSS**  
тепер доступна для бюджетних програм,  
проста і швидка реалізація

Перевірена ринком високоточна GNSS система:

- 1) NEO-F9P і ZED-F9P – новітні приймачі GNSS HPG
  - ⊗ провідна технологія u-blox: запатентовані алгоритми та чипсети
  - ⊗ вбудована підтримка виправлень PointPerfect
  - ⊗ рівень захисту: 95% впевненості в позиціюванні
  - ⊗ ZED-F9P: версія з IMU (гіроскоп, акселерометр)
- 2) PointPerfect – система корекції
  - ⊗ надійна, економічна та зручна у використанні
  - ⊗ завантаження через Інтернет або супутник

Сфери застосування:

БПЛА

Точна землеробство

Автомобільна промисловість

Важка м'язиво-будування

Сервісні роботи

Спеціальні призначення

**MICRODIS**  
COMPETENCE & RELIABILITY

WWW.MICRODIS.NET

Роман Прокопєць – менеджер з продажу (067) 475-81-86 Roman.Prokopets@microdis.net



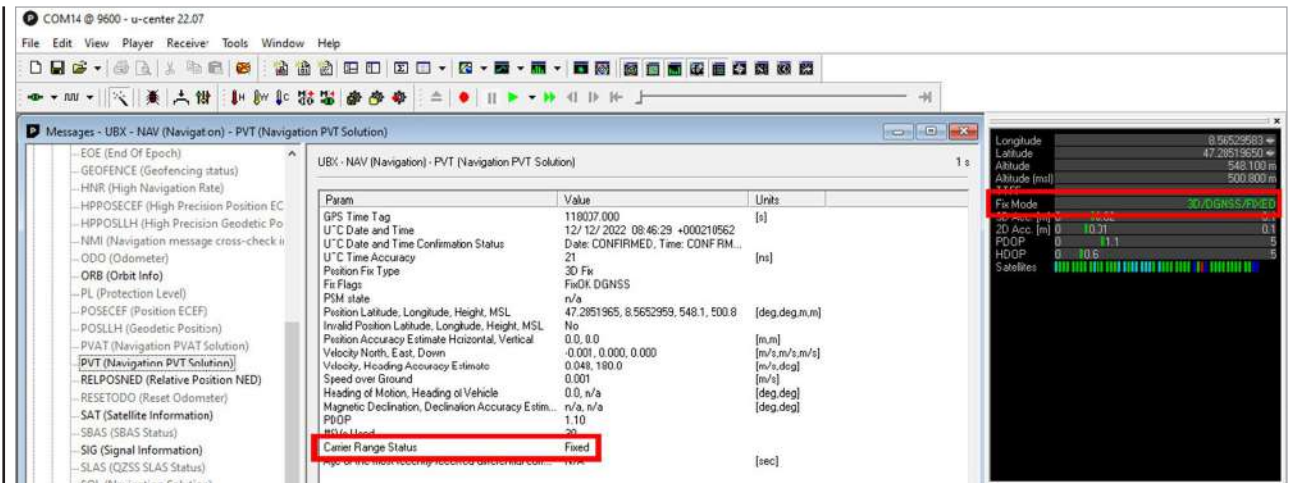


Рис. 5. Відстеження u-center'ом статусу RTK

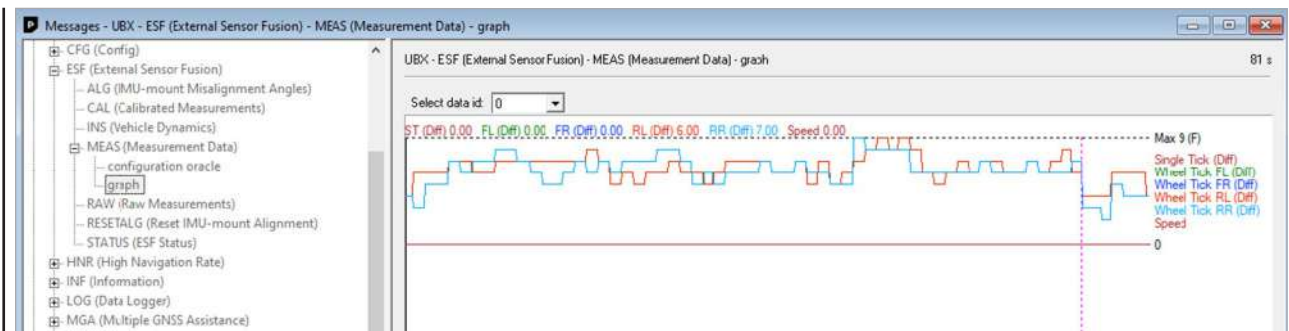


Рис. 5. Налаштування об'єднання датчиків

роль). Кастер може бути реалізований за допомогою найближчої базової станції GNSS і служби RTK-трансляції, такої як RTK2go, або, як альтернатива, комерційної служби GNSS-корекції.

u-center дозволяє відстежувати статус RTK (Real Time Kinematic, кінематика реального часу) в режимі реального часу (рис. 5). В умовах відкритого неба добре налаштована система повинна займати менше двох хвилин для встановлення RTK-фіксації.

## НАЛАШТУВАННЯ ОБ'ЄДНАННЯ ДАТЧИКІВ

Останній і найважливіший крок для досягнення надійного позиціонування на сантиметровому рівні полягає у налаштуванні приймача для об'єднання датчиків (рис. 6). По-перше, вам потрібно передати дані одометрії на приймач або через спеціальний вивід на приймачі (доступний лише для автомобільного використання), або через послідовний інтерфейс. В останньому випадку переконайтеся, що потік даних достатньо хорошої якості, передається через рівні проміжки часу з мінімальною затримкою вибірки і втратою даних.

Потім налаштуйте обладнання для об'єднання датчиків, вибравши найбільш підходящу динамічну модель (автомобіль, робот-газонокосарка або електросамокат) і визначте орієнтацію приймача відносно транспортного засобу. У випадку з автомобілем, розгляньте можливість використання автоматичного вирівнювання, щоб заощадити час і зусилля.

Все, що залишилося зробити перед калібруванням і тестуванням вашого обладнання (як описано в посібнику «Початок роботи» [2], — це встановити швидкість передачі даних навігації.

## ВСЕ ГОТОВО!

Ми сподіваємося, що ця стаття та більш детальний посібник для початківців [2], на який вона спирається, переконали вас у тому, що створення високоточного рішення для позиціонування — це не складна наука. Відвідайте наш веб-сайт, щоб дізнатися більше про те, чому u-blox є правильним партнером для безпілотної наземної робототехніки [6], e-micro-mobility [7] та систем навігації для точних сільськогосподарських робіт [8].

**Додаткову інформацію щодо продукції, що була представлена в цій статті, можна отримати у офіційного дистриб'ютора компанії u-blox в Україні — Мікродіс Електронікс ГмБХ:**

**тел.: (067) 475-81-86,  
Roman.Prokopets@microdis.net,  
www.microdis.net**

## Література:

- <https://www.u-blox.com/en/product/zed-f9r-module>
- [https://content.u-blox.com/sites/default/files/documents/ZED-F9R-GettingStarted\\_AppNote\\_UBX-22035176.pdf](https://content.u-blox.com/sites/default/files/documents/ZED-F9R-GettingStarted_AppNote_UBX-22035176.pdf)
- <https://www.u-blox.com/en/product/c102-f9r-application-board>
- <https://www.u-blox.com/en/product/ann-mb-series>
- <https://www.u-blox.com/en/product/pointperfect>
- <https://www.u-blox.com/en/autonomous-mobile-robots>
- <https://www.u-blox.com/en/Bird-debuts-cutting-edge-smart-sidewalk-riding-detection-technology>
- <https://www.u-blox.com/en/precision-agriculture>

# Використання можливостей Wi-Fi 6 в епоху Інтернету речей

**Раві Субраманіан (Ravi Subramanian), компанія Silicon Labs**  
**Адаптований переклад українською та технічне редагування:**  
**Роман Горелков**

**У цій статті розглянуто стрімку еволюцію Wi-Fi за останні два десятиліття та акцентується увага на важливості Wi-Fi 6 для пристроїв Інтернету речей.**

Сьогодні середньостатистичне помешкання має більше пристроїв Інтернету речей, ніж будь-коли раніше, і перед виробниками бездротових пристроїв стоїть завдання не відставати від попиту і встановлювати правила взаємодії з новими технологіями. Їх зусилля у таких питаннях, як час автономної роботи та безпека пристроїв, впливатимуть на впровадження технологій як сьогодні, так і в далекому майбутньому. Стрімкий технологічний прогрес призводить до того, що різноманітність підключених пристроїв стрімко зростає в усіх напрямках.

802.11ax, більш відомий як Wi-Fi 6 [1], є новітнім стандартом, розробленим для підтримки зростаючої репутації Wi-Fi і є ключовим елементом сучасної інфраструктури. Його реліз має низку функцій, які покращують пропускну здатність, підвищують ефективність мережі та подовжують час роботи від батареї, особливо в перенасичених мережах. У цій статті ми розглянемо стрімку еволюцію Wi-Fi за останні два десятиліття і зануримося в значення Wi-Fi 6 для пристроїв Інтернету речей.

## ЕВОЛЮЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ WI-FI ТА ЇЇ СУЧАСНІ ЗАСТОСУВАННЯ

Технологія Wi-Fi зазнала неймовірного розвитку з моменту появи першої версії, 802.11b (табл. 1). Стандарт 802.11b був випущений в 1999 році як результат зусиль Інституту інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE, Institute of Electrical and Electronics

Engineers, [2]) по стандартизації технологій бездротових локальних мереж (WLAN, wireless local area network). Стандарт 802.11b мав максимальну швидкість передачі даних 11 Мбіт/с і використовував одну смугу частот 2.4 ГГц. Сьогодні пікова швидкість передачі даних досягає 9607 Мбіт/с з підтримкою декількох діапазонів (тобто 2.4, 5 і 6 ГГц). Wi-Fi по-справжньому досяг успіху, коли високошвидкісний широко-смуговий зв'язок увійшов до кожної домівки, і продовжував поширюватися, що зробило його ім'я загальноживим. У 2005 році слово «Wi-Fi» навіть потрапило до словника англійської мови Merriam-Webster.

Сьогодні Wi-Fi Alliance [3] допомагає розширювати сферу застосування та доступність Wi-Fi; з кожною новою версією з'являються нові виклики. Сьогодні, наприклад, більшість користувачів смартфонів мають доступ до відео високої роздільної здатності на ходу. Це один з багатьох прикладів у просторі застосувань з високою пропускну здатністю. Пропускна здатність — це максимальний обсяг даних, що передається через Інтернет-з'єднання за певний проміжок часу. Оскільки вони передають великі обсяги даних, високошвидкісні технології створюють велике навантаження на мережі, а в густонаселених районах, таких як міста, є багато пристроїв, які змагаються за обмежені мережеві ресурси. Це не єдина проблема. Величезна кількість пристроїв, підключених до Wi-Fi, збільшує затримку в мережі та зменшує пропускну здатність, що призводить до

проблем зі зв'язком і низької швидкості мережі для споживачів.

Точки доступу — це пристрої, які створюють бездротову локальну мережу, щоб Wi-Fi пристрої могли підключатися до дротової мережі. Разом з тим, очікування споживачів щодо швидкості та часу автономної роботи продовжують зростати. Замість того, щоб вдосконалювати Wi-Fi на рівні окремих пристроїв, у своїй новій версії IEEE та Wi-Fi Alliance зосередили увагу на вдосконаленні мережевого рівня та точок доступу.

З появою великої кількості розумних домашніх пристроїв Інтернету речей від різних постачальників альянс CSA випустив Matter 1.0, свою першу ітерацію, спрямовану на зменшення фрагментації та покращення сумісності і взаємодії з кінцевим користувачем. Повсюдна присутність Wi-Fi в розумному будинку означає, що підключення пристроїв Matter до мереж Wi-Fi буде важливим для виробників пристроїв і споживачів для інтеграції нових технологій.

## ПЕРЕВАГИ WI-FI 6 ДЛЯ ПРИСТРОЇВ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Оскільки деякі пристрої вже сьогодні мають сертифікацію Wi-Fi 6, більшість пристроїв будуть підтримувати Wi-Fi 6 вже з 2025 або 2026 року. Очікується, що цей стандарт буде поширюватися у відповідь на ринковий попит на IoT та інші технології, що розвиваються. Окрім портативних пристроїв та розумних колонок, до мережі підключаються дверні дзвінки, термостати, будильники, кавоварки, лампочки та багато інших побутових приладів. Кількість пристроїв, які намагаються зв'язатися з будь-якою точкою доступу,

Таблиця 1. Еволюція Wi-Fi

IEEE Protocol	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n	802.11ac	802.11ax
WFA Naming	N/A	N/A	N/A	Wi-Fi (Certified) 4	Wi-Fi (Certified) 5	Wi-Fi (Certified) 6, Wi-Fi 6E
Year Introduced	1999	1999	2003	2009	2013	2019, 2021 до 6E
Band(s) (GHz)	2.4	5	2.4	2.4, 5 (SB or DB)	5	2.4, 5, 6 (SB, DB, TB)
Channel Bandwidth (MHz)	20	20	20	20, 40	20, 40, 80, 160	20, 40, 80, 160
Allowable Streams	1	1	1	4	8 (only 4 implemented)	8
Max Data Rates (Mbps)	11	54	54	600 (150 Mbps per stream)	433 (80 MHz, 1 SS) 866 (160 MHz, 1 SS) 3467 (160 MHz, 4 SS)	143 (20 MHz, 1 SS) 600 (80 MHz, 1 SS) 9607 (160 MHz, 8 SS)
MIMO	N/A	N/A	N/A	Single User (SU-MIMO)	Downlink Multi-User (DL MU-MIMO)	Multi-User (DL MU-MIMO)
Subcarrier Spacing (KHz)	N/A	312.5	312.5	312.5	312.5	78.125
Symbol Duration (us)	N/A	3.2	3.2	3.2	3.2	12.8
Guard Interval (us)	N/A	0.8	0.8	0.4, 0.8	0.4, 0.8	0.8, 1.6, 3.2
PHY Modulation	DSSS	OFDM	DSSS, OFDM	DSS, OFDM, HT-OFDM	DSS, OFDM, HT-OFDM, VHT-OFDM	DSS, OFDM, HT-OFDM, VHT-OFDM, OFDMA
Multi-user Operation	No	No	No	No	Yes (DL MU-MIMO)	Uplink and Downlink OFDMA Uplink and Downlink MU MIMO
Highest Order Modulation	CCK	64-QAM	64-QAM	256-QAM	256-QAM	1024-QAM
Power Saving Mechanisms	PS-POLL	PS-POLL	PS-POLL	PS-POLL	PS-POLL	Target Wake Time
Spatial Reuse Mechanisms	No	No	No	No	No	BSS Coloring

Примітка. Функції, позначені зеленим кольором, є доповненням до вже існуючої версії

буде тільки збільшуватися, а очікування щодо продуктивності залишаються високими. Домовласники очікують, що датчики, подібні до тих, що використовуються в системах безпеки розумного будинку, зможуть працювати протягом тривалого часу, навіть років, без прямого підключення до мережі живлення. Споживачі хочуть «встановити і забути» і при цьому відчувати себе в безпеці.

Підвищення ефективності мережі та збільшення пропускну здатності — ось деякі зі способів, за допомогою яких Wi-Fi 6 намагається вирішити цю проблему, і, можливо, стимулювати впровадження підключених пристроїв, підвищуючи довіру споживачів. Розглянемо ще одну важливу сферу застосування — розумний замок. Розумні замки Wi-Fi можуть бути надійним і зручним рішенням для тих, кому потрібен дистанційний доступ до свого будинку, але, як і будь-який інший пристрій, що працює від батарейок, вони працюють лише доти, поки не розрядяться самі батарейки. Якщо їх вчасно не замінити, мешканці можуть опинитися зачиненими у своїх домівках. Підвищення ефективності мережі — і збільшення пропускну здатності — збільшує пропускну здатність і зменшує кількість заряду батареї, що витрачається на з'єднання та підтримку зв'язку.

В рамках випуску Wi-Fi 6 Альянс Wi-Fi оцінив наявні «больові точки», з урахуванням поточних та майбутніх застосувань, а також зробив оцінку середовища, маючи надію підтримки більшої пропускну здатності на при-

стрій при будь-якій заданій швидкості передачі даних.

## ВДОСКОНАЛЕННЯ WI-FI 6

Альянс Wi-Fi визначив наступні вдосконалення, які використовувалися при розробці Wi-Fi 6: краща продуктивність, довший час роботи від акумулятора, більший радіус дії на відкритому просторі, підтримка роботи у більш щільному середовищі і, звичайно ж, зворотна сумісність.

### Покращення продуктивності

Альянс Wi-Fi бачить майбутнє, в якому Wi-Fi 6 забезпечує на 40% вищу пікову швидкість передачі даних для пристроїв з одним клієнтом і чотириразове підвищення ефективності мережі.

Wi-Fi 6 вносить кілька коригувань з метою подолання недоліків та збільшення пропускну здатності. Повнодуплексний OFDMA і функція «багато користувачів, багато входів, багато виходів» (Multi-User MIMO) дозволяють точці доступу обмінюватися даними з декількома пристроями одночасно. У Wi-Fi 4 точки доступу могли обмінюватися даними з різними пристроями по черзі. Новою функцією в Wi-Fi 6 стала можливість кільком клієнтським пристроям одночасно надсилати дані назад до точки доступу, відкриваючи можливість для більшого обміну інформацією. За допомогою MU-MIMO точка доступу отримує інформацію від антен і передає її далі в єдиному ефективному пакеті. Для

цього пакету розбиваються на менші, і дані від різних пристроїв включаються в одну передачу. Крім того, можливість формування сигналу допомагають точкам доступу і клієнтам спрямовувати передачу на конкретний пристрій, збільшуючи радіус дії і підвищуючи пропускну здатність і ефективність.

### Більший час роботи батареї

Target Wake Times (TWT) для пристроїв з низьким енергоспоживанням дозволяє клієнту «домовитися» з точкою доступу про те, як довго вона може перебувати в режимі «сну». Це позбавляє клієнта від необхідності постійно шукати маяки, щоб визначити, коли забрати пакет даних. Ключовою перевагою Wi-Fi 6 є можливість встановлювати розклади, які відображають унікальні потреби кожного окремого клієнтського пристрою. Коли кожен клієнт може налаштувати власний розклад, зв'язавшись безпосередньо з точкою доступу, це підвищує ефективність мережі і дозволяє клієнтським пристроям довше «спати», краще використовуючи мережу.

У районах з високою заселеністю перевантаження мережі призводить до затримок і зниження пропускну здатності; ці негативні наслідки найбільше відчувають пристрої з живленням від батареї, оскільки вони витрачають енергію, намагаючись під'єднатися до мережі і працюючи при цьому з меншою пропускну здатністю. Завдяки покращеній ефективності мережі та вищій швидкості передачі даних Wi-Fi 6, а також тому, що пристрій може «спа-



ти» довше, середнє енергоспоживання зменшується, що значно збільшує час роботи від батареї.

### Збільшений радіус дії всередині та зовні приміщень

Адаптація структури пакетів збільшеного радіусу дії з використанням захисних інтервалів збільшеної довжини допомагає збільшити радіус дії та покриття, особливо для внутрішніх і зовнішніх застосувань, таких як дверні дзвінки та відеокамери, які іноді можуть втрачати зв'язок через віддаленість від точки доступу.

### Підтримка більш насичених середовищ

Wi-Fi 6 був розроблений з метою підвищення середньої пропускної здатності на користувача щонайменше в 4 рази в умовах насиченого або перевантаженого середовища. Існують дві основні технології, які покращують середню пропускну здатність: OFDMA (Uplink and Downlink Orthogonal Division Multiple Access) і протокол просторового повторного використання (spatial reuse). OFDMA дозволяє точці доступу виділяти весь канал одному користувачеві за один раз або розбити канал на частини для одночасного обслуговування декількох користувачів. Вперше в історії Wi-Fi кілька користувачів з різними профілями трафіку (наприклад, додатки) можуть одночасно передавати дані по одному і тому ж каналу, як низхідному, так і висхідному. OFDMA забезпечує краще повторне використання частот, зменшує затримки і підвищує ефективність, що робить його ідеальним для застосувань з низькою пропускну здатністю, таких як медичні та промислові портативні пристрої.

Протокол просторового повторного використання призначений для зменшення колізій між передачами декількох пристроїв, тим самим забезпечуючи більшу пропускну здатність. Це досягається шляхом ігнорування передач з набору базових послуг (OBSS), що перекриваються, щоб забезпечити одночасну передачу.

### Зворотна сумісність

IEEE цілеспрямовано розробляє кожну версію Wi-Fi з забезпеченням зворотної сумісності, що дозволяє використовувати застарілі клієнтські пристрої та точки доступу, а також підтримувати наявну інфраструктуру. Це одна з причин, чому Wi-Fi настільки

популярний — люди можуть оновлювати свої пристрої на власний розсуд, не турбуючись про зв'язок. Wi-Fi 6 був розроблений для роботи з пристроями Wi-Fi 4 і всіма проміжними версіями. Хоча пристрої Wi-Fi 6 можуть отримувати особливу увагу від точок доступу в залежності від способу використання, оновлення були розроблені з урахуванням сумісності. На цей час домогосподарства, ймовірно, підтримують щонайменше 20 пристроїв Інтернету речей, від телефонів до смарт-колоннок, і очікується, що ця кількість буде збільшуватися. Хоча точки доступу Wi-Fi 4 все ще функціонують, вони не можуть підтримувати велику кількість пристроїв в силу практичних обмежень, наприклад, через пам'ять. З використанням Wi-Fi 6 домашні точки доступу можуть краще керувати більшою кількістю пристроїв Інтернету речей завдяки таким функціям, як OFDMA, MU-MIMO, BSS Coloring. Оскільки Wi-Fi 6 має зворотну сумісність, визначено, що точка доступу може підтримувати як OFDMA для Wi-Fi 6, так і OFDM для клієнтів Wi-Fi 4.

### Wi-Fi 6 для IoT + SiWx917

Wi-Fi 6 має кілька особливостей, які особливо корисні для пристроїв Інтернету речей:

- Індивідуальний і широкосмуговий режим TWT дозволяє пристроям працювати за певними розкладами «сну», що дозволяє їм «спати» довше. Розклади узгоджуються з точками доступу, що зменшує проблеми сумісності, спричинені «сплячими» пристроями. Ця функція знижує енергоспоживання на 20 відсотків у місцях з високою густиною приладів. Це критично важливо для всіх пристроїв з батарейним живленням, включно з трекерами транспортних засобів, системами опалення, вентиляції та кондиціонування, термостатами, камерами, електроінструментами, портативними пристроями, медичними приладами, вимикачами, датчиками, замками, жалюзі та шторами.
- Більша кількість кінцевих пристроїв, що підтримуються однією точкою доступу, приблизно 50+ у порівнянні з 20 у Wi-Fi 4, означає, що в цілому можна підтримувати більшу кількість пристроїв IoT. Повнодуплексний інтерфейс MU-MIMO робить зв'язок між пристроями значно швидшим. Крім того, Wi-Fi 6 MU-MIMO збільшує можливості маршрутизатора для одночасного підключення до

восьми пристроїв у порівнянні з чотирма в попередніх версіях.

- Висхідний і низхідний OFDMA, просторове повторне використання частот, UL MU-MIMO і формування сигналу покращують пропускну здатність, підвищують ефективність і зменшують затримки для кращої продуктивності та енергоефективності. Розподіл смуги пропускання між різними користувачами та використання планування на основі OFDMA зменшує накладні витрати, підвищує загальну ефективність і збільшує пропускну здатність.
- Довгі захисні інтервали, циклічний префікс, зменшення завад і структури пакетів з розширеним діапазоном допомагають покращити зону покриття всередині і зовні приміщень. Крім того, можна зменшити багатоканальні завади за допомогою кольорових кодів BSS, які допомагають ідентифікувати передачу з іншої мережі. Ці функції сприяють збільшенню радіуса дії, надійному з'єднанню і кращому покриттю пристроїв Інтернету речей на одне розгортання.
- Зворотна сумісність з Wi-Fi 4 2.4 ГГц забезпечує безперешкодне оновлення в майбутньому.
- Підтримка Matter через Wi-Fi з використанням функцій безпеки та продуктивності Wi-Fi, а також Bluetooth LE для налаштування.

Компанія Silicon Labs використала ці переваги в SiWx917, SoC для Інтернету речей з наднизьким енергоспоживанням та високою ефективністю з підтримкою Wi-Fi 6 і Bluetooth Low Energy (LE) 5.4.

Беручи до уваги потужність, вартість і оптимізацію для IoT, Silicon Labs зосередилася на діапазоні 2.4 ГГц, щоб допомогти розробникам використовувати переваги Wi-Fi 6 в найрізноманітніших пристроях (наприклад, з батарейним живленням, з низьким енергоспоживанням і т.д.). Крім того, смуга частот 20 МГц забезпечує найкращу продуктивність з точки зору енергоефективності, зберігаючи при цьому високу максимальну швидкість передачі даних (86 Мбіт/с) для підтримки потокової передачі даних для пристроїв Інтернету речей (наприклад, дверних дзвінків або розумних камер).

### Література:

1. <https://www.silabs.com/wireless/wi-fi>
2. <https://standards.ieee.org>
3. <https://www.wi-fi.org>

# Короткий путівник бездротовими технологіями «Інтернету речей»

## Частина 2. Ближній радіус гії

Володимир Рентюк

**У другій частині статті розглянуто такі прості та широко вживані стандарти зв'язку, як Bluetooth, ZigBee, а також низку менш популярних, але від цього не менш ефективних протоколів: Thread, WirelessHART, MiWi, SNAP тощо. Усі вони використовують смуги радіочастотного спектра, що не потребують ліцензування, з так званого ISM-діапазону (англ. Industrial, Science, Medical — буквально «індустрія-наука-медицина»), виділеного для потреб промисловості, медичного обладнання та наукової апаратури. На практиці цей діапазон частот, з урахуванням прийнятих для нього обмежень, застосовується і для організації каналів зв'язку всередині комірок і кластерів стільникових мереж IoT.**

Опри те, що апаратура, яка працює в діапазонах ISM, не потребує ліцензування частот у більшості сфер застосування, безпосередньо самі пристрої, які використовують ці діапазони, мають пройти певні випробування, а часто й отримати сертифікацію. Недоліком розглянутих смуг робочих частот є те, що інколи в одному місці може перебувати настільки багато пристроїв,

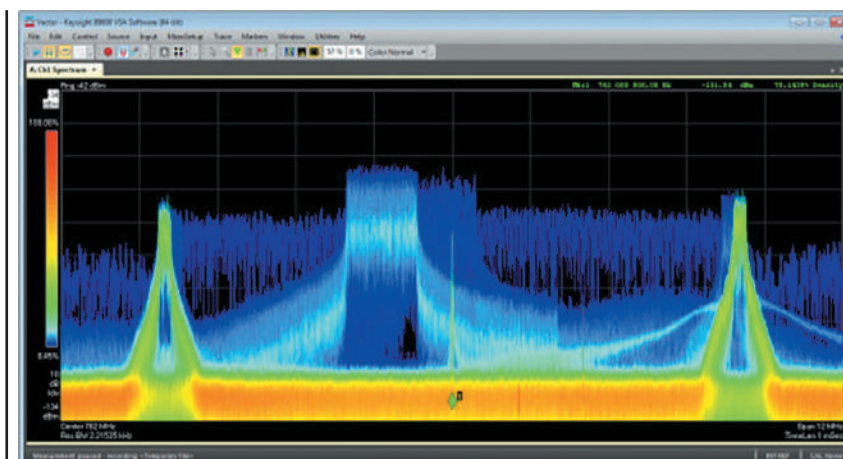
які застосовують одні й ті самі радіочастотні діапазони з різними протоколами, що їхні взаємні завади стають вельми суттєвою проблемою. Особливо це стосується переповненого ISM-діапазону в області 2.4 ГГц (рис. 1).

Область 2.4 ГГц використовується в усьому світі для Wi-Fi та інших протоколів персональних локальних мереж. Використані в цій ділянці час-

тот стандарти бездротового зв'язку (Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi і кілька інших) користуються популярністю в багатьох сферах уже протягом кількох років. Реалізація таких рішень легкодоступна, оскільки для цього є велика кількість мікросхем і повністю закінчених модулів, які можна без особливих зусиль інтегрувати та використовувати при розробці IoT-пристрою. Якщо вибрати проектування на рівні чипа, то це забезпечить більшу гнучкість, оскільки можна буде застосувати новітні інтегральні схеми з розширеними функціями і більш високою продуктивністю або ті, які необхідні саме для проектованого IoT-пристрою. Але тоді всі питання, включно з тестуванням на відповідність стандартам, доведеться вирішувати самостійно.

Що стосується радіочастотних модулів, то це невеликі плати, на яких мікросхеми, контролери, програмне забезпечення (ПЗ) і навіть антена вже протестовані і сертифіковані на відповідність необхідним стандартам і заданим у специфікації характеристикам. Відповідність вимогам заздалегідь забезпечує виробник модуля. Завдяки цьому дотримання стандартів у частині радіоканалів під час випробувань кінцевого обладнання значно полегшується. Такий підхід також дасть змогу скоротити час розроблення проекту і зменшити або навіть повністю виключити витрати часу на перевірку відповідності. Однак все це досягається за допомогою вищих витрат на компоненти, ніж при самостійному виконанні індивідуальної конструкції на основі інтегральних радіочастотних мікросхем. Тож до питання вибору компонентів потрібен зважений підхід.

Більшість стандартів для бездротових систем зв'язку ближнього радіуса



**Рис. 1.** Частотний спектр у конкретному місці розташування пристрою, як правило, використовується цілою низкою пристроїв

дії стосуються організації т. зв. «персональної мережі» — тієї, яка побудована «навколо» людини. Така мережа в технічній літературі іноді скорочено іменується PAN (*Personal Area Networks*), хоча для нас більш звичні інші назви — наприклад, WLAN (від англ. *Wireless Local Area Network* — бездротова локальна мережа). PAN — це мережа передачі даних, що об'єднує персональні електронні пристрої одного користувача (телефони, кишенькові персональні комп'ютери, смартфони, ноутбуки, бездротові гарнітури тощо). Зазвичай такі мережі мають радіус покриття від 10 до 30 метрів (хоча в хороших умовах усі вони можуть забезпечити і більшу дальність зв'язку).

Пристрої для організації персональної мережі ближнього радіуса дії іноді оптимізуються для певних застосунків за допомогою протоколів, що називаються «профілі застосунків» (англ. *application profile*, або *app profile*) або використовують подібні ідентифікатори. Такі протоколи адаптуються під конкретні сфери: охорона здоров'я, спорт, засоби контролю та промислової автоматизації, моніторинг будівель і споруд тощо. Спеціальні профілі дають змогу пристроям реалізувати підмножини всіх бездротових стандартів IoT завдяки оптимізації вбудованого ПЗ і складності самого пристрою, завдяки чому можна зменшити загальні витрати і заощадити енергію акумулятора. Стандарти організації бездротових мереж IoT постійно розвиваються, але подібні профілі можуть використовуватися і для нових версій стандартів, навіть якщо вони несумісні з більш ранніми специфікаціями.

Для простих радіочастотних ліній зв'язку «точка-точка» (двоточкова топологія мережі, англ. *point-to-point*) були розроблені специфікації вищого рівня: протоколи для мережевих, транспортних (тут мається на увазі транспортування, тобто передача даних) і навіть прикладних рівнів. Тому ваш остаточний вибір бездротових технологій, найімовірніше, включатиме рішення в частині ПЗ, пов'язані з поставленою кінцевою метою і сферою використання даних конкретного IoT-пристрою.

Однак є один важливий момент. До мільярдів бездротових пристроїв, що вже діють, у найближчі кілька років приєднається ще кілька мільярдів, у зв'язку з чим багато смуг частот, що використовуються, стануть переповненими, а взаємний вплив пристроїв — ще більшою проблемою. У деяких випадках (напри-

клад, у лікарнях) нові бездротові пристрої просто не спроможні нормально функціонувати через важку електромагнітну ситуацію через взаємні перешкоди безлічі пристроїв, що випромінюють радіочастоти, тому вибір смуги частотного спектра та виду модуляції для нового продукту має обов'язково враховувати цей фактор. Звичайно, якщо розглядати саме медичне обладнання, то в стандартах, які визначають вимоги щодо електромагнітної сумісності (EMC) для таких пристроїв, закладено багато положень, що знижують ризики від взаємного впливу. Але ситуація загалом розвивається так, що ця проблема наростатиме, як снігова лавина. Хоча деякі стандарти бездротового зв'язку мають можливості виявлення та запобігання впливу зовнішніх завад, вони зазвичай роблять це в рамках своїх протоколів зв'язку і не розпізнають чужі. Тому технології з різними протоколами зв'язку в радіочастотному середовищі не є достатньо ефективними, особливо в тому випадку, коли кілька пристроїв, як уже було сказано вище, використовують одну загальну смугу частотного спектра.

Пояснимо ситуацію на прикладі. Коли пристрої ближнього зв'язку технології Bluetooth (про них ми говоритимемо нижче) розпізнають взаємні завади, вони можуть змінювати в рамках протоколу свої поточні робочі частоти, використовуючи швидко (буквально стрибкоподібну) перебудову робочої частоти пов'язаних пристроїв (англ. *frequency hopping*). Але вони не здатні розпізнавати як джерело завад сигнали від пристроїв технології Wi-Fi з розширеним спектром.

Методи випробувань і вимоги щодо належного функціонування пристроїв у середовищах, де необхідна висока заводостійкість (т. зв. тестування на спільну дію, англ. *coexistence testing*), постійно посилюються. Вони є частиною випробувань на виконання вимог EMC. Перед початком роботи над проектом необхідно вивчити відповідні стандарти, такі як, наприклад, IEEE/ANSI C63.27 (*Standard Electromagnetic Noise and Field Strengths Instrumentation, 10 Hz to 40 GHz — Specifications*) для пристроїв загального призначення. А, припустимо, під час проектування медичного обладнання — AAMI TIR69 (*Risk Management of Radio-Frequency Wireless Coexistence for Medical Devices and Systems*). У будь-якому разі новий пристрій має бути спроектовано та протестовано так, щоб гарантувати його належне функціонування у відповідному навоколишньому електро-

магнітному середовищі, чи то житлові приміщення, лікарні, чи то місця громадського користування.

## BLUETOOTH



Bluetooth, як протокол зв'язку, був розроблений ще в середині 1990-х рр. спеціально для організації персональних локальних мереж, що з'єднують різні портативні пристрої, стільникові телефони, комп'ютерну периферію тощо. Bluetooth використовує діапазон ISM 2.4 ГГц і спочатку був затверджений як стандарт IEEE 802.15.1. Зараз його просуванням займається спеціальна група Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG), яка є альянсом багатьох тисяч компаній, що створюють пристрої із застосуванням даної технології. Згодом стандарти Bluetooth диверсифікувалися: внаслідок додавання у 2006 р. Bluetooth Low Energy (*BLE*, *Bluetooth LE*, або *Bluetooth Smart*) і Bluetooth 5 у 2016 р.

Існує кілька типів поведінки цієї технології під час радіозв'язку, тобто протоколів доступу до мультимедіа. Вони розроблені та легалізовані у вигляді стандарту Bluetooth SIG, і деякі з них несумісні з іншими протоколами Bluetooth MAC. MAC (*Medium Access Control*) — це підрівень («рівень» іноді називають «шаром», як калька з англ. «layer») управління доступом до середовища, який здійснює передачу фрагментів даних структури MAC за допомогою фізичного каналу. Технологія Bluetooth на фізичному рівні (англ. *physical layer*, *PHY*) використовує GFSK-модуляцію (*Gaussian Frequency-Shift Keying*). Це вид частотної маніпуляції модуляцією, під час якої застосовується фільтр Гауса для згладжування позитивних і негативних частотних перестроювань, що є бінарним інформаційним кодом — «1» або «0». Також Bluetooth може використовувати модуляцію з розширеним спектром FHSS (*Frequency-Hopping Spread Spectrum*), яка підвищує заводозахищеність каналу зв'язку шляхом псевдовипадкового перестроювання робочої частоти. У технології BLE застосовується метод прямої послідовності для розширення спектра DSSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*). Ця технологія модуляції забезпечує високу продуктивність локальних бездротових мереж шляхом розширення спектра випромінюваного



сигналу. Вона полягає в підвищенні тактової частоти модуляції, при цьому кожному символу переданого повідомлення ставиться у відповідність досить довга псевдовипадкова послідовність. Останні протоколи Bluetooth мають функції запобігання впливу завад.

Технологія Bluetooth настільки популярна, що визначити сферу її типового використання досить важко. Вона дуже поширена в бездротових периферійних пристроях, призначених для ноутбуків і мобільних телефонів. Йдеться не тільки про бездротові миші та гарнітури, а й про фітнес-монітори та багато пристроїв IoT, які можна носити з собою. Крім того, останні версії протоколу здатні забезпечити ширший радіус зв'язку і знизити споживання енергії від батареї, а багато протоколів доступу до мультимедіа спрощують розробку інтелектуальної реклами, обміну ключами безпеки і дистанційного керування.

Профілі Bluetooth (протоколи, ориєнтовані на застосування) мають безліч опцій меню: можна використовувати обмежений варіант — для застосувань

без встановлення з'єднання — або повний протокол, що дає змогу організувати безпечно з'єднання для надійного передавання даних, тобто зі встановленням з'єднання. За останнього варіанта передача починається з даних виклику або з встановлення маршруту проходження пакетів від джерела до одержувача. Потім відбувається послідовна передача даних, і після її закінчення зв'язок розривається.

Деякі пристрої з Bluetooth, як-от принтери з живленням від мережі напруги змінного струму, використовують радіозв'язок ближнього радіуса дії для того, щоб унеможливити під'єднання кабелів, а не для обмеження споживання енергії. Однак для більшості пристроїв із живленням від батареї час їхньої автономної роботи є ключовим фактором (як правило, оптимальним є термін служби в десять років). Це не тільки дає змогу скоротити сервісні витрати (на технічне обслуговування, пов'язане із заміною джерел живлення), а й робить використання таких пристроїв максимально комфортним.

## Bluetooth LE, або Bluetooth Smart

# Bluetooth™

## 4.0

Low Energy

# Bluetooth®

SMART

Bluetooth Low Energy, який називається також Bluetooth Smart (для використання в IoT-пристроях), використовує переважно протокол BLE, який призначений спеціально для пристроїв із надмалим споживанням енергії. Якщо потрібна більша швидкість передавання порівняно з попередніми версіями Bluetooth, то можна застосувати Bluetooth 5, що пропонує швидше передавання і триваліші сеанси передавання на основі мережевого протоколу без встановлення з'єднання. У такому разі дані, що надсилаються, містять повну адресну інформацію (про відправника й одержувача) у кожному пакеті. Під час передавання всі проміжні мережеві пристрої зчитують адресну інформацію і приймають рішення про маршрутизацію даних. Скорочення витрат енергії на радіозв'язок і оптимізація ПЗ націлені саме на те, щоб зробити десятирічний термін експлуатації без заміни батарей, критичний для IoT, практично досяжним.

Завдяки широким можливостям з вибору доступних варіантів протоколів і економному використанню енергії акумулятора, технологію Bluetooth можна ефективно застосовувати і приймати, як один з основних стандартів бездротового зв'язку для IoT-пристроїв.

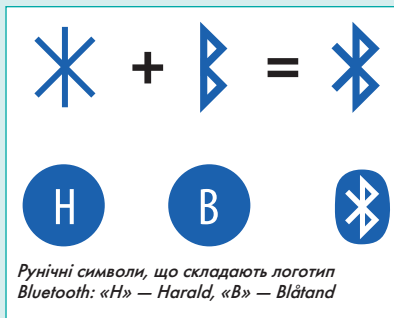
### ЧОМУ BLUETOOTH НАЗИВАЄТЬСЯ BLUETOOTH?

Назву для Bluetooth запропонував Джим Кардач (Jim Kardach), який брав участь у розробці технології для мереж радіозв'язку ближнього радіуса дії від компанії Ericsson. Крім Ericsson, у середині 1990-х рр. це завдання намагалися вирішити такі відомі компанії, як Intel і Nokia. Компанія Intel вела розробку Business-RF, Ericsson — MC-Link, а Nokia — Low Power RF. Як розповідав сам Джим Кардач, у 1997 р. вони з колегою, Свенном Маттіссоном (Sven Mattisson) розговорилися в пабі про середньовічну історію Скандинавії. Маттіссон згадав книгу, яку він нещодавно закінчив читати, під назвою «Кораблі вікінгів» (The Longships). У ній йшлося про час правління данського короля на ім'я Гаральд I Синьозубий Гормссон (дат. Harald Blåtand, норв. Harald Blåtann). Після цієї зустрічі Кардач повернувся додому і прочитав книжку «Вікінги» (The Vikings), у якій дізнався більше про цього короля і про те, як він об'єднав Скандинавію.

Пізніше, під враженням від прочитаного, він запропонував називати спеціальну групу за інтересами (англ. Special Interest Group, SIG) кодовою назвою — Bluetooth (у буквальному перекладі з англ. — «синій зуб»). Робоча назва групи прижилася стосовно технології, а потім сподобалася і маркетинговій групі. Вона виявилася настільки вдалою, що ніколи не змінювалася. Десять років по тому, у 2007 р., Джим Кардач написав у своєму блозі: «Bluetooth було запозичено з X ст. Другий король Данії, Гаральд I Синьозубий (Harald Blåtand), прославився тим, що об'єднав Скандинавію — так само, як ми мали намір об'єднати комп'ютер і стільникову промисловість, давши їм такі можливості через організацію бездротового зв'язку ближнього радіуса дії».

Безпосередньо логотип Bluetooth — це складене з рунічних символів ім'я короля Гаральда I (див. рисунок).

Джим Кардач керував спеціальною групою Bluetooth до 2001 р. За свої труди на цьому терені його було внесено в галерею слави Bluetooth.

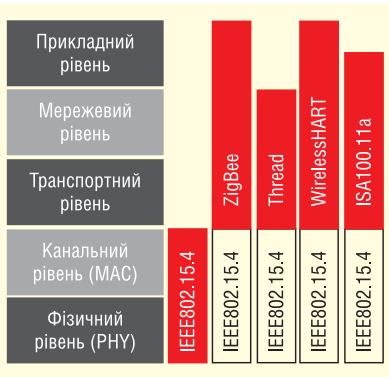


IEEE



Advancing Technology  
for Humanity

Стандарт IEEE 802.15.4 — це технічний стандарт, розроблений фахівцями IEEE (англ. Institute of Electrical and Electronics Engineers — Інститут інженерів електротехніки та електроніки, некомер-



**Рис. 2. Технології, реалізовані на основі рівнів PHY (фізичного) і MAC (канального) протоколу IEEE 802.15.4**

ційна організація) для PAN малої потужності, що використовує кілька протоколів, які працюють на частотах 868 або 915 МГц, а також у смузі частот 2.4 ГГц. Він визначає шість бездротових протоколів фізичного рівня, включно з оригінальними технологіями DSSS, відносно новою технологією розширення спектра методом лінійної частотної модуляції (англ. *Chirp Spread Spectrum, CSS*) у діапазоні 2.4 ГГц та прямим широкосмуговим з'єднанням (англ. *Direct Sequence Ultra Wideband, UWB*) у смугах частот нижче 1 ГГц і вище 3 ГГц. Крім того, підрівень керування доступом до середовища MAC дає змогу використовувати технологію стрибкоподібної перебудови частоти, що дає можливість зменшити завади в каналі зв'язку або зовсім їх уникнути. IEEE 802.15.4 послужив основою для багатьох стандартів IoT фізичного і канального рівня (рис. 2), а також тих, які визначають вищі рівні мережі (транспортний і вище), включно з можливістю прямого під'єднання через протокол зв'язку ближнього радіуса дії до широко поширених мереж з IP-адресацією. Технологія, яка дає змогу це зробити, називається 6LoWPAN (*IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Networks*) — це стандарт взаємодії за протоколом IPv6 поверх малопотужних бездротових персональних мереж стандарту IEEE 802.15.4, і він може спростити реалізацію мереж, призначених для прямого відправлення даних та їхнього отримання з хмари.

Як видно з рисунку 2, на базі протоколу IEEE 802.15.4 реалізовано цілу низку стандартів, що нас цікавлять, у межах бездротових IoT-технологій: ZigBee, Thread, WirelessHART і ISA 100.11a, а також MiWi і SNAP із різними цільовими застосуваннями. Останні два протоколи теж входять до цього розділу через схожість в організації радіоканалу.

## ZigBee



Назва стандарту ZigBee походить від танцю медових бджіл після повернення до свого вулика. Ця технологія є ще одним вдалим рішенням, що орієнтоване на застосування, які потребують гарантованого безпечного передавання даних за відносно невеликих швидкостей. Вона забезпечує можливість тривалої роботи мережевих пристроїв від автономних джерел живлення (батареї). Мережі, утворені за протоколом ZigBee, почали привертати увагу ще з 1998 р., коли багато розробників усвідомили, що протоколи Wi-Fi і Bluetooth стали недостатньо ефективними для цілої низки застосувань. Зокрема, багато інженерів побачили необхідність у мережах ad-hoc, що самоорганізуються (ad-hoc — латинський вираз, що означає «спеціально для цього»). У такій одноранговій мережі вузли можуть зв'язуватися безпосередньо, точка-до-точки, без потреби в загальній точці доступу. Технологія ZigBee використовує радіочастоти ISM-діапазону, що не потребує ліцензування, включно зі смугою в районі 2.4 ГГц. Однак у різних регіонах і країнах для цього стандарту зв'язку застосовують різні смуги робочих частот: так, у США для ZigBee виділено смугу в субгігерцовому діапазоні, що охоплює 915 МГц, у Китаї це 784 МГц, а в Європі — 868 МГц. В Україні ZigBee використовується в частотному діапазоні 2400–2483.5 МГц і також не вимагає отримання частотних дозволів і додаткових погоджень. Протокол ZigBee від самого початку підтримує мережеві з'єднання типу «дерево», «зірка» і самоорганізовану мережі з комерційною топологією, призначені для вирішення найширшого кола завдань. Підключені таким чином пристрої для керування вузлами можуть передавати дані через канали зв'язку в мережу, що робить технологію ZigBee привабливою (порівняно з мережею «точка-точка» за аналогічних умов) для організації мереж із низькою швидкістю передавання даних, розподілених по великій площі.

Однак, як кажуть французи, за кожен задоволення потрібно платити. Плата за всі переваги ZigBee — це скорочення часу автономної роботи пристроїв, які слугують репітерами кластерів такої мережі, що використовуються в процесі обміну даними з більш віддаленими

IoT-пристроями. Прискорене розрядження енергії батарей пов'язане з тим, що пристроям доводиться передавати не тільки свої власні дані та підтвердження між вузлами мережі, а й також дані та підтвердження з інших пристроїв. Що ж стосується завадозахищеності, то хоча розширена специфікація від 2007 р., що отримала назву ZigBee Pro, надає можливість використання технології з переступом частоти, проте в цьому разі за наявності завод переходити на інший канал повинна відразу вся мережа. Якщо говорити про швидкість передачі, то залежно від сфери застосування пристрою вона може перебувати в діапазоні від 10 до 200 Кбіт/с.

Хоча невисокі швидкості можуть бути цілком достатніми для багатьох IoT-пристроїв, необхідно брати до уваги, що під час використання технології ZigBee ви маєте меншу пропускну спроможність каналу, ніж під час протоколів Wi-Fi. Але, як то кажуть, немає лиха без добра. Нижчі швидкості зазвичай означають і більш економне використання енергії батареї, що витрачається на процесори, логічні мікросхеми і, звісно, передачу. Характерна для даної області швидкість передачі даних при нечастих оновленнях даних може забезпечити пристрою більш тривалий термін служби батареї. А це зараз є досить привабливою і конкурентною «фішкою» на ринку технологій «Інтернету речей».

Наразі технологію Zigbee використовують у багатьох застосуваннях найрізноманітнішого призначення, які потребують під'єднання з малою витратою споживаної потужності, включно з домашньою автоматизацією та промисловими мережами. Наприклад, замок «без ключа» на вхідних дверях і регулятор температурного режиму цілком можуть бути пристроями Zigbee.

Профілі застосувань, що являють собою протоколи вищого рівня і бібліотеки для різних цілей і сфер застосування, які полегшують організацію взаємодії між пристроями ZigBee від кількох постачальників, визначає альянс ZigBee Alliance.

## Dotdot



Dotdot — це набір протоколів вищого рівня від ZigBee Alliance, що об'єднує профілі застосувань у бібліотеки, які, як сподіваються в альянсі, стануть

основою уніфікованих мереж IoT, що використовують інші стандарти бездротового зв'язку. За допомогою Dotdot визначаються принципи взаємодії пристроїв, наприклад, у «розумному» будинку. Зокрема, Dotdot дає змогу практично будь-яким пристроям передавати один одному інформацію про те, для чого вони призначені.

### Thread



Thread (від англ. *thread* — нитка) — це протокол середнього рівня, заснований на енергоефективному бездротовому стандарті 6LoWPAN. Технологія Thread (у її логотипі показано суть протоколу — зшивання) призначена для адаптації простих пристроїв IoT до комунікації з використанням протоколу IPv6, що дає змогу здійснювати зв'язок через локальну мережу (LAN) та Інтернет. Протокол середнього рівня Thread можна встановити поверх інших низькорівневих стандартів. Стандарт передбачає використання найсучаснішої схеми автентифікації та AES-шифрування, що дають змогу закрити дірки в захисті, які існують в інших бездротових протоколах. При цьому безпека забезпечується як на рівні мережі, так і безпосередньо на рівні застосувань.

### WirelessHART



WirelessHART або IEC 62591, — мережева технологія для бездротових пристроїв, яка реалізована на базі протоколу HART (*Highway Addressable Remote Transducer Protocol*). Цей промисловий стандарт створений на основі більш ранніх стандартів струмової петлі 4–20 mA і в бездротовій реалізації працює в ISM-діапазоні частот 2400–2483.5 МГц. Протокол використовує синхронізовану в часі, самоорганізовану і самовідновлювальну комерційну архітектуру бездротових датчиків із застосуванням технології FHSS (псевдовипадкової перебудови робочої частоти). Суть цього методу полягає в періодичній стрибкоподібній зміні носійної частоти за якимось алгоритмом, відомим тільки приймачу і передавачу. Такий спеціалізований стандарт

може стати оптимальним рішенням для деяких специфічних застосувань.

### ISA 100.11a

Первісна назва протоколу ISA 100.11a — «Бездротові системи в промисловій автоматизації. — Керування процесами та відповідні способи застосування» — говорить сама за себе. У 2014 р. цей стандарт бездротового зв'язку став міжнародним із присвоєнням буквено-цифрового коду IEC 62734 («Мережі електричні промислові. Бездротові мережі зв'язку та комунікаційні профілі»), і в цій редакції діє з липня 2015 р. Стандарт IEC 62734 дає змогу створювати надійні та безпечні бездротові системи зв'язку для моніторингу, сповіщення, диспетчерського контролю, керування за розімкненим і замкненим циклом, тобто керування без і зі зворотним зв'язком. Цей стандарт визначає специфікації на набір протоколів, керування системою, шлюзи та механізми безпеки, необхідні для організації бездротового зв'язку з пристроями, які водночас відповідають вимогам щодо обмеження енергоспоживання.

### MiWi



MiWi — простий бездротовий протокол, призначений для побудови недорогих мереж із передаванням даних на невеликі відстані. Заснований на специфікації WPAN стандарту IEEE 802.15.4, він є дешевою альтернативою стеку протоколів ZigBee і оптимальним рішенням для дешевих мережевих пристроїв з обмеженим обсягом пам'яті.

### SNAP

SNAP (англ. *Subnetwork Access Protocol* — протокол доступу до підмережі) є міжмережевим протоколом, який визначає зв'язок між мережевим об'єктом підмережі та мережевим об'єктом у кінцевій системі. Використовується для інкапсуляції дیتаграм IP і запитів ARP у мережах IEEE 802. У кінцевій системі SNAP-об'єкт застосовує надані мережею сервіси та виконує три ключові функції: передачу даних, керування з'єднанням і вибір параметрів якості обслуговування QoS (*Quality of Service*; цим терміном називають імовірність того, що мережа зв'язку відповідає заданій домовленості про трафік).

### Z-WAVE



Прокол Z-Wave є бездротовим протоколом зв'язку, розробленим для домашньої автоматизації, зокрема для контролю середовища та керування житловими будинками, а також комерційними об'єктами. Ця технологія дає можливість безпечно обмінюватися невеликими пакетами даних на радіочастотах діапазону ISM до 1 ГГц і дає змогу комерційним мережам (так званим mesh-мережам) розширювати діапазон передач за низької споживаної потужності. У Z-Wave використовується FSK- або GFSK-модуляція, і хоча ця технологія спочатку була запатентована, наразі вона є загальнодоступною відкритою специфікацією ITU G.9959.

### ENOCEAN

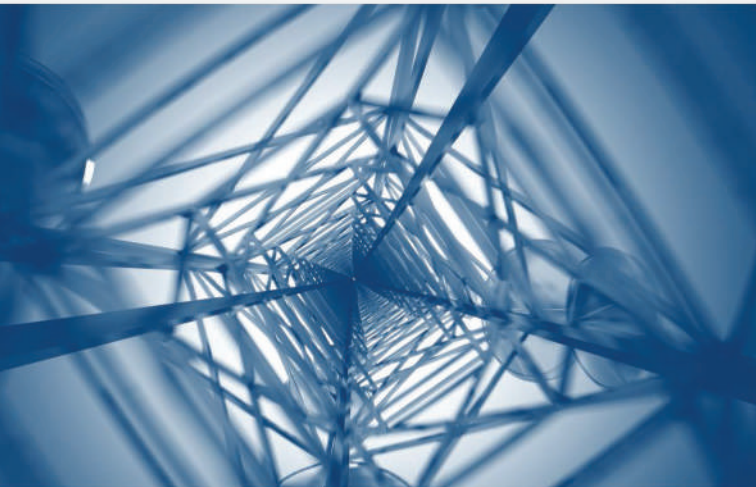


Технологія EnOcean — технологія бездротового зв'язку IoT субгігерцового діапазону, яка призначена для роботи без батареї. Живлення пристроїв «Інтернету речей» здійснюється завдяки збору вільної енергії. Для цього в EnOcean використовують наднизьку потужність передавача і малу швидкість передавання даних — до 125 Кбіт/с з амплітудно-імпульсною модуляцією (AIM, або в англ. термінології *Pulse Amplitude Modulation, PAM*); аналогічно до того, як це працює в бездротових брелоках, що відчиняють замки дверей автомобіля, або в системах дистанційного керування гаражними воротами.

У наступній частині цієї серії статей буде розглянуто технологію Wi-Fi. Сімейство Wi-Fi вельми широке й успішно зайняло велику нішу на ринку бездротового зв'язку. Окремий розгляд цієї технології пов'язаний ще й з тим, що вона покриває зони не тільки малого, а й великого радіуса дії.



# 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

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

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

# Пристрої компанії Foremau для зберігання та захисту важливої інформації

Костянтин Верхулевський

**Популярність твердотілих накопичувачів інформації (SSD, Solid State Drive) зумовлена низкою чинників, головним з яких є дуже висока швидкість читання і запису, практично недосяжна традиційними HDD-дисками. Виробники пристроїв цього типу, як правило, орієнтовані на виготовлення або виробів, що широко застосовуються, для споживчого ринку, або накопичувачів промислового класу, що вирізняються підвищеною відмовостійкістю і збільшеним терміном служби. До останніх належить компанія Foremau — один із провідних розробників і постачальників високонадійних твердотілих пристроїв зберігання даних. У статті розглядаються ключові особливості окремих серій SSD-продукції компанії, особливу увагу приділено технологіям, що забезпечують високу якість і надійність експлуатації виробів, що випускаються.**

## ВСТУП

Твердотілі накопичувачі є напівпровідниковими енергонезалежними запам'ятовувачами пристроями, що забезпечують зберігання інформації за допомогою масиву мікросхем флеш-пам'яті. Порівняно з класичними жорсткими дисками вони не містять магнітних носіїв і механічних елементів, що обертаються, і що піддаються в процесі експлуатації значному зносу. Таке конструктивне виконання дає змогу домогтися високої швидкодії не тільки під час завантаження системи, а й під час використання встановленого програмного забезпечення. Наприклад, різниця у швидкості виконання операцій під час оброблення графіки може досягати кількох разів. Крім того, SSD-пристрої менш чутливі до умов експлуатації, здатні працювати під впливом фізичних навантажень (ударів, падінь, високих температур) і не вимагають суворо горизонтальної або вертикальної просторової орієнтації. Також їхнє застосування знижує витрати на електроенергію приблизно

втричі, вони мають нижче тепловиділення і нульовий рівень власного шуму. До мінусів SSD-накопичувачів можна віднести лише вищу ціну за 1 Гбайт ємності, але цей показник значно знизився порівняно з першими моделями та має тенденцію до подальшого скорочення.

Зазвичай розрізняють комерційні та промислові твердотілі накопичувачі. Перші широко поширені в побутовій електроніці, другі призначені для застосування в обладнанні промислового призначення. Як правило, промислові пристрої мають вище напруження на відмову, можуть експлуатуватися в складних умовах, зокрема за вібрації, за від'ємних температур тощо. Для досягнення необхідних показників надійності виробники промислових накопичувачів вживають цілий комплекс заходів. Це і суворий підбір компонентів, і застосування більш високоякісних матеріалів під час виготовлення друкованої плати й корпусу виробу. Крім того, схематехніка і програмне забезпечення контролерів промислових SSD-пристроїв складніші, ніж у комерційних аналогів.

Серед інших відмінностей промислових SSD-накопичувачів від побутових слід зазначити:

- стійкість до хімічних впливів завдяки конформним покриттям;
- підвищену надійність при операціях читання/запису;
- стійкість до механічних впливів завдяки міцнішому корпусу;
- додаткові специфічні переваги, наприклад, захист даних шифруванням і вбудовану функцію швидкого знищення інформації в разі загрози її витоку.

Компанія Foremau, що заснована 2002 року, є одним із провідних розробників і постачальників високонадійних твердотілих накопичувачів інформації, що використовуються в обчислювальних центрах промислового та спеціального призначення, вбудованих системах і серверному обладнанні, робочих станціях і мобільних пристроях. Продукцію Foremau використовують у своїх пристроях такі відомі бренди, як Boeing, Harris, NEC, Honeywell, Lockheed Martin, NASA, Mitsubishi motors, Fujitsu, Airbus, Cisco, Sun microsystems і багато інших.

## ОСОБЛИВОСТІ SSD-ПРИСТРОЇВ FOREMAU

Наразі Foremau пропонує повну лінійку SSD-рішень у різних форм-факторах, починаючи від окремих мікросхем (DOC, Disk-on-Chip) флеш-пам'яті та закінчуючи модулями (DOM, Disk-on-Module) і твердотілими накопичувачами типу plug-n-play формату 1.8" та 2.5", що користуються найбільшою популярністю. SSD-пристрої розміром 2.5-дюйма можна охарактеризувати як певний перехідний варіант у ланцюзі розвитку твердотілих накопичувачів. Вони дають

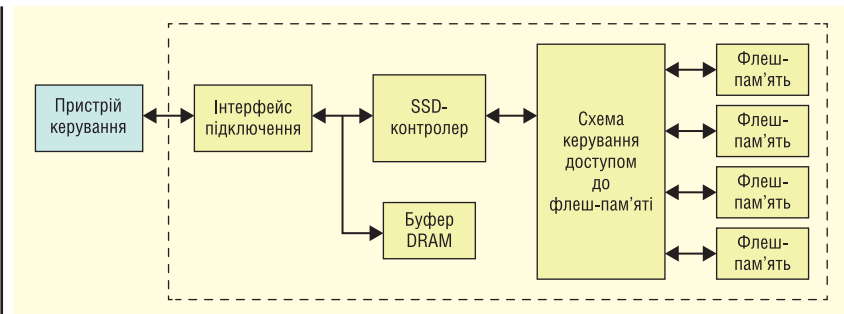


Рис. 1. Спрощена структура твердотілих накопичувачів Foremay

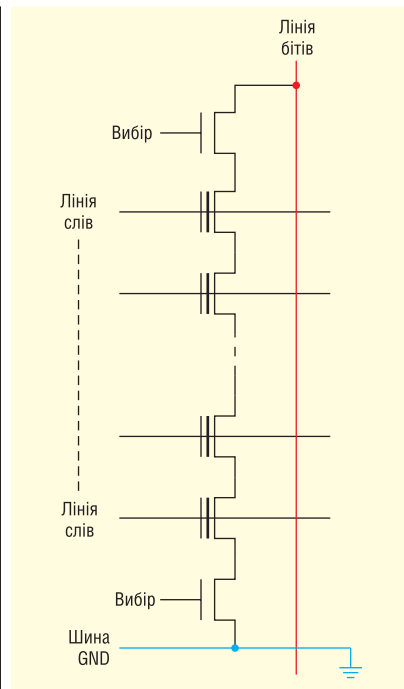


Рис. 2. Архітектура NAND-пам'яті

зможу встановити новий тип накопичувача в стару систему, тим самим пропонуючи всі плюси використання SSD без заміни ключових компонентів ПК. Також великого поширення набувають накопичувачі сучасного формату M.2, які завдяки своїй компактності чудово підходять для встановлення в ноутбуки й ультрабуки. Вони можуть підключатися як по лініях SATA, так і по лініях PCIe, використовуючи протокол NVMe.

Типова структурна схема SSD-накопичувача виробництва компанії Foremay має кілька ключових блоків: мікросхеми флеш-пам'яті типу NAND для зберігання даних, спеціальний контролер, що виступає в ролі посередника між носієм і системою і відповідає за загальну продуктивність SSD, а також інтерфейс підключення, що визначає максимальні швидкості читання і запису (рис. 1). Пам'ять DRAM, яка виступає тимчасовим сховищем невеликих обсягів даних і дає змогу стабілізувати зношення пам'яті, а також прискорити доступ до файлів, присутня не у всіх моделей.

Як інтерфейси зв'язку застосовуються застарілі PATA, найпоширеніші SATA, швидкісні PCIe тощо. Пропускна здатність накопичувачів з SATA-інтерфейсом залежить від версії протоколу (II або III) і становить 3 і 6 Гбіт/с відповідно. Також широко використовується логічний інтерфейс NVMe (NVM Express), що являє собою специфікацію протоколу доступу до твердотілих накопичувачів, під'єднаних по шині PCIe. Його основні цілі — отримання низьких затримок і організація ефективної спільної роботи твердотілих накопичувачів і багатоядерних процесорів.

Флеш-пам'ять є основним і найдорощим компонентом твердотілого накопичувача. Як було зазначено, у пристроях Foremay передбачено пам'ять типу NAND. На фізичному рівні це означає, що комірки пам'яті, які являють собою польові транзистори з плаваючим затвором, з'єднуються в матриці послідовно. Як видно на рисунку 2, для

того, щоб записати стан «нуля» в одну з них, потрібно, щоб усі інші були відкриті та пропускали струм.

Тому пам'ять типу NAND працює з даними, упорядковуючи їх у невеликі блоки (сторінки). Цей підхід забезпечує високу швидкість запису, ще вищу швидкість стирання, а також ефективнішу процедуру послідовного читання. Крім того, ця топологія дає змогу скоротити розміри комірок пам'яті на кристалі і, відповідно, отримати потенційно більшу ємність накопичувача.

Невеликими розмірами переваги комірок NAND пам'яті не обмежуються. У сучасних накопичувачах існує можливість запису як одного, так і декількох (до чотирьох) біт інформації на комірку (залежно від апаратної реалізації). Foremay випускає чипи, в яких елементарна комірка зберігає один (SLC, *Single-Level Cell*), два (MLC, *Multi-Level Cell*) або три (TLC, *Three Level Cell*) біти даних. Відповідно в однобітових комірках розрізняють тільки два рівні заряду на плаваючому затворі, у комірках типу MLC — чотири рівні, у комірках TLC — вісім (рис. 3). Чим більше значень може приймати осередок, тим більше інформації здатний зберігати накопичувач, але тим більша ймовірність некоректного зчитування цього значення і тим більше часу потрібно на корекцію помилок. Крім того, через конструктивні особливості кожна

комірка флеш-пам'яті може витримати обмежену кількість циклів запису, зі збільшенням кількості біт на одну комірку цей показник зменшується. Тип SLC — найдорожчий і найнадійніший варіант пам'яті — має великий ресурс (кількість циклів перезапису перевищує 100000) і використовується для вирішення відповідальних завдань. Для комерційного застосування зазвичай призначені MLC- і TLC-рішення, що володіють вигідним співвідношенням ємність/вартість, але відрізняються підвищеним енергоспоживанням і меншою надійністю.

SSD-контролер являє собою вбудований процесор, що виконує найважливіші для забезпечення загальної продуктивності та безпеки накопичувача завдання. Крім апаратного шифрування і захисту даних контролер пам'яті реалізує такі функції:

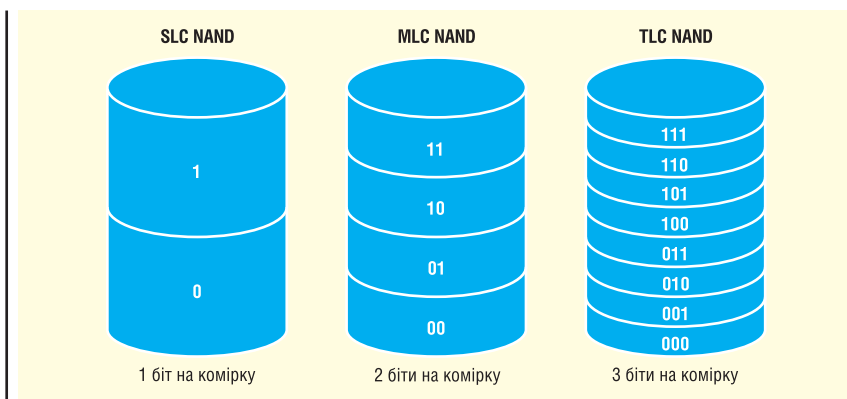


Рис. 3. Типові варіанти організації комірок пам'яті NAND



Таблиця 1. Основні відмінності серій SSD-накопичувачів Foremay

Серія	SC199	EC188	TC166	OC177
Основне призначення	Високонадійні застосування (ПК/ноутбуки, сервери)	Високонантажені промислові застосування (мережеві сервери)	Промислові застосування	Вбудовувані системи
Ємність, Гбайт	16–4000	500–200 000	8–10 000	16–256
Термін служби (читання/запис), років	150/120	120/75	120/50	150/(50–120)
Термін збереження даних, років	10	10	10	10
Час доступу, мс	0,1	0,1	0,1	0,1
Діапазон робочих температур, °C	–40...+85 і ширше	0...+70 і ширше	0...+70 і ширше	–40...+85/0...+70
Вологість, %	5–90	5–90	5–90	5–90
MTBF, млн. годин	5	4	3	3–5
Стойкість до ударів/вібрації	1500g/20g	1500g/16g	1500g/20g	1500g/20g

- Вирівнювання зношення (wear-leveling). Ресурс твердотілого накопичувача залежить від кількості циклів перезапису окремих сторінок пам'яті. Якщо регулярно розміщувати дані в один і той самий блок, він швидко виходить з ладу, у такий спосіб зменшується початкова ємність диска. Для рівномірного розподілу даних по всіх областях пам'яті Foremay розробила власні динамічні алгоритми, які реалізує SSD-контролер, що підвищують термін служби накопичувача.
- Виявлення та корекція випадкових помилок. У SSD-пристроях Foremay застосовується BCH ECC — найефективніший алгоритм контролю цілісності даних, що дає змогу усунути до 12 помилок біт у кожному блоці розміром 512 кбайт.
- Контроль дефектних блоків пам'яті. Дефектними називають сектори пам'яті, що містять один або більше біт, вірогідність яких не гарантується. Вони можуть з'явитися під час транспортування або в процесі експлуатації. Foremay використовує ефективний алгоритм управління подібними блоками для детектування помилок протягом усього терміну служби. Ця процедура абсолютно відкрита для користувача при використанні SMART.
- SMART (*Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology* — технологія самоконтролю, аналізу та звітності) слугує для оцінювання стану диска вбудованою апаратурою самодіагностики та передбачення часу виходу його з ладу. Допомагає виявити потенційну проблему, виконати повторне калібрування, корекцію помилок і тим самим запобігти втраті важливих даних.
- NCQ (*Native Command Queuing* — апаратне встановлення черговості команд) використовується для отримання максимальної швидкодії та збільшення кількості операцій за

секунду (IOPS). З урахуванням найважливіших системних команд дає змогу оптимально керувати послідовністю запитів до накопичувача, підвищуючи продуктивність завдань, пов'язаних із довільним читанням, а також обробленням даних від двох і більше джерел.

- Збирання «сміття» для оптимізації видалення і запису сторінок і блоків пам'яті.
- Контроль напруги живлення і підтримки гарячого підключення.

Широка лінійка серійних SSD-пристроїв Foremay включає понад сотню різних моделей, об'єднаних залежно від основного призначення в чотири окремі серії. У таблиці 1 представлені основні параметри популярних стандартних моделей SSD-накопичувачів Foremay.

Твердотілі диски компанії Foremay, що мають максимально доступну на ринку ємність, вирізняються збільшеним терміном служби, в порівнянні з аналогами від інших виробників. Відмінний рівень криптозахисту, що базується на вдосконалених технологіях шифрування, нарівні з функцією самостирання дає змогу застосувати їх у випадках із підвищеними вимогами безпеки. SSD-диски мають широкий вибір доступних діапазонів робочих температур (0...+70 °C, –40...+85 °C і –55...+125 °C), відповідають або перевершують вимоги стандарту MIL-STD-810F/G, крім того, низку високонадійних моделей випускають у герметизованому пило- та вологозахисному виконанні. Вся продукція має сертифікати відповідності міжнародним стандартам FCC, CE, MIC, ROHS і UL, система менеджменту якості компанії задовольняє вимогам ISO-9001. Поліпшити ступінь механічного та електричного захисту дає змогу нанесення на друковану плату і мікросхеми спеціального конформного покриття, яке не застосовується в побутових пристроях.

Додатково пропонується замовне проектування передбачає доопрацю-

вання корпусного виконання обраного пристрою з метою підвищення ступеня захисту (IP57 і вище), створення спеціальних антивібраційних кронштейнів для жорстких умов експлуатації, що дають змогу значно збільшити надійність кріплення, а також розроблення з нуля комбінованих накопичувачів певної ємності на основі SL- і MLC-дисків.

## СЕРІЯ SC199

Твердотілі накопичувачі серії SC199 є старшими представниками лінійки SSD-продукції Foremay. Вони орієнтовані на використання у високонадійному обладнанні, призначеному для розв'язання відповідальних завдань у жорстких умовах навколишнього середовища. До типових галузей застосування відносяться: гірничодобувна, нафто- і газовидобуток, аерокосмічна, військова і медична. Усі пристрої цієї серії виготовляються на основі спеціально відібраних мікросхем флеш-пам'яті, мають розширений набір додаткових опцій і підвищену міцність конструкції. Залежно від умов експлуатації існує можливість вибору відповідного рішення, в рамках серії випускаються моделі, розраховані як на стандартний (–40...+85 °C), так і на розширений (–55...+125 °C) діапазони температур. Наразі для замовлення доступно 11 модифікацій ємністю 16–4000 Гбайт і кількома інтерфейсами підключення (табл. 2).

Безпеку та довговічність функціонування забезпечує низка внутрішніх функцій: апаратного шифрування (HE), підтримки спеціалізації TCG Opal (OP), захисного стирання (S1, S2, S3) і захисту від запису (WP). Апаратне шифрування виконується за алгоритмом AES з 256-розрядним ключем, а 2.5"-версія SATA III, крім того, має підтримку стандарту TCG Opal 2.0. Для усунення можливості несанкціонованого доступу до даних залежно від моделі застосо-

Таблиця 2. Основні характеристики накопичувачів серії SC199			
Форм-фактор та інтерфейс	Швидкість читання/запису, Мбіт/с (макс.)	Ємність накопичувачів, Гбайт	Додаткові опції
2.5" SATA III	550/500	30–4 000	S1, S2, S3, HE, CC, SC, WP, OP
2.5" SATA II	260/260	30–4 000	S1, S2, S3, HE, CC, SC, WP
1.8" micro SATA III	550/500	30–500	S1, HE, CC
1.8" micro SATA II	260/260	30–500	S1, S2, S3, HE, CC, WP
1.8" SATA	260/260	30–128	S1, S2, HE, CC
2.5" SFF-8639 NVMe	1 600/1 500	1 000–4 000	S1, S2, S3, HE, CC, SC
VPX	3 800/3 100	500–2 000	S1, HE
2.5" IDE/PATA	100/80	30–1 000	S1, S2, S3, HE, CC, WP
1.8" IDE/PATA	100/80	30–128	S1, S2, HE, CC
CompactFlash	90/80	16–128	S1, HE, CC
CFast II	160/150	16–64	S1, HE, CC

вуються 1–3 варіанти захисного стирання. Перші два, що розрізняються способом активації (програмний або апаратний за допомогою кнопки або механічного перемикача), дають змогу після переформатування повторно використовувати всі блоки пам'яті. Третій тип гарантує повне стирання даних і неможливість подальшого відновлення інформації. Під час нього відбувається знищення ключа шифрування і вбудованого ПЗ, а також фізичне руйнування осередків NAND-пам'яті, впродовж кількох секунд накопичувач стає непридатним до експлуатації. Ці операції виконуються за допомогою вбудованого SSD-контролера UC007 — власної розробки компанії Foremay. З інших опцій слід зазначити наявність вбудованого конденсатора великої ємності для коректного завершення роботи в аварійних ситуаціях (SC) і використання конформного покриття (CC).

Пристрої зберігання даних, призначені для військових та аерокосмічних цілей, відповідають або перевершують вимоги стандарту MIL-STD-810G. Вони випускаються в масивних металевих корпусах, що забезпечують захист від

екстремальних механічних і кліматичних впливів (рис. 4). Наразі для замовлення доступні накопичувачі: 2.5" SATA і 2.5" NVMe U.2 місткістю до 16 Тбайт, а також 1.8" micro SATA, що вміщає до 2 Тбайт інформації.

### СЕРІЯ EC188

Пристрої сімейства EC188 розроблено для зберігання інформації в хмарних системах, телекомунікаційних комутаторах і серверах 4G/5G-мереж,

потужних серверах банків із великою кількістю одночасних запитів та в інших застосуваннях, які потребують наявності накопичувачів із високою швидкістю читання/запису та хорошою зносостійкістю. Маючи пропускну здатність до 6 Гбіт/с і ємність до 200 Тбайт, вони створені з використанням різних інтерфейсів зв'язку (табл. 3). Для прискорення виконання операцій читання і запису накопичувачі забезпечені кеш-пам'яттю типу DRAM.

Дванадцять типових модифікацій, оптимізовані для використання в RAID-масивах, можуть застосовуватися у двох діапазонах робочих температур (0...+55 °C і -40...+85 °C). Пристрої розміру 2.5" і 3.5", виконані на основі інтерфейсів SATA III і SAS (*Serial Attached SCSI*), мають максимальний дисковий простір 8 Тбайт. Їхня швидкість читання/запису не перевищує 550/510 Мбіт/с. SSD-накопичувачі цього типу сумісні з усіма поширеними серверними операційними системами: Windows, Mac OS X, Linux (промислова версія), Solaris, FreeBSD тощо. Серійні пристрої на базі інтерфейсу PCIe мають ємність 1–32 Тбайт і вигідно вирізняються швидкістю читання/запису на

Таблиця 3. Основні характеристики накопичувачів серії EC188

Форм-фактор та інтерфейс	Швидкість читання/запису, Мбіт/с (макс.)	Ємність накопичувачів, Гбайт	Додаткові опції
PCIe x8 Gen.3.0	3 800/3 100	1 000–8 000	S1, HE
PCIe x8 Gen.2.0	2 400/2 000	1 000–6 000	S1, HE
PCIe x4 Gen.2.0	1 500/1 400	2 000–12 000	S1, HE, OP
PCIe x4 Gen.1.0	800/700	2 000–32 000	S1, HE
PXle/CPCle	3 800/3 100	1 000–8 000	S1, HE
VPX	3 800/3 100	1 000–8 000	S1, HE
2U Rackmount	1 млн IOPS	24 000–200 000	S1, HE
2.5" SFF-8639 NVMe	1 600/1 500	1 000–8 000	S1, HE, OP
2.5" SAS	550/400	500–2 000	S1, HE, SC
2.5" SATA III	550/510	500–8 000	S1, HE, SC
3.5" SATA III	550/510	1 000–8 000	S1, HE, SC

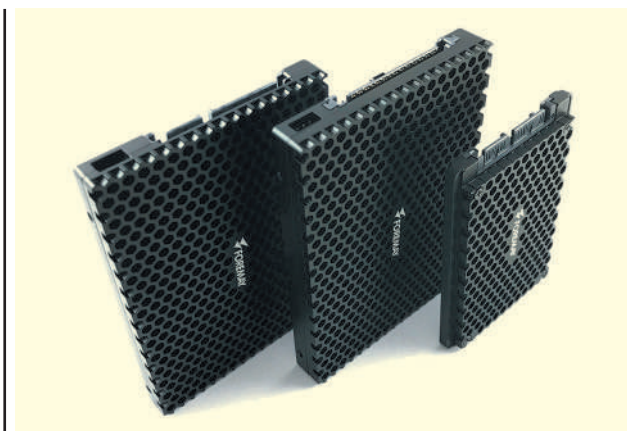


Рис. 4. Зовнішній вигляд SSD-накопичувачів Foremay військового та аерокосмічного призначення



Рис. 5. Зовнішній вигляд накопичувачів серії EC188

рівні 3800/3100 Мбіт/с. Із застосуванням матриць з шести окремих дискових PCIe-накопичувачів, включених у масив RAID 0, можна отримати масштабоване рішення з об'ємом до 200 Тбайт. Також потрібно звернути увагу на готову серверну платформу 2U Rackmount, що являє собою оптимальне рішення для високонавантажених мереж зберігання даних (SAN, Storage Area Network). Підключення до мережі здійснюється за допомогою інтерфейсів 10/40/56 GbE, PCIe або Fiber Channel. Продуктивність 2U Rackmount при операціях з довільним доступом до пам'яті досягає 1 млн IOPS. Зовнішній вигляд пристроїв серії EC188 показано на рисунку 5.

### СЕРІЯ TC166

Серія TC166 містить високоякісні SSD-накопичувачі, орієнтовані на роботу в складі промислових ноутбуків, що застосовуються на морському та залізничному транспорті, у системах цивільної авіації, зв'язку, безпеки та відеоспостереження, виробничих технологічних лініях тощо. У серії переважають моделі, оснащені найпоширенішим SATA-інтерфейсом (табл. 4).

Максимальна швидкість операцій читання/запису, що залежить від версії стандарту, становить 550/510 Мбіт/с для модифікацій SATA III і 250/210 біт/с для SATA II. Можливість вибору з трьох стандартних форм-факторів (1.8", 2.5" або 3.5") дає змогу використовувати ці накопичувачі як у настільних системах, так і в ноутбуках. Пристрої ємністю 8 Гбайт–10 Тбайт мають низьке власне енергоспоживання, гарний запас міцності і тривале напрацювання на відмову. Крім інтегрованих технологій управління флеш-пам'яттю, накопичувачі TC166 залежно від призначення забезпечені додатковими можливостями: апаратного шифрування і швидкого видалення інформації з урахуванням ви-

Таблиця 5. Основні характеристики накопичувачів серії OC177

Форм-фактор та інтерфейс	Швидкість читання/запису, Мбіт/с (макс.)	Ємність накопичувачів, Гбайт	Додаткові опції
mSATA III, 30×50 мм	550/510	30–120	S1, HE, CC
mSATA III, 30×25 мм	550/510	30–60	S1, HE, CC
half slim SATA III	500/500	30–120	S1, HE, CC
SATA DOC	450/200	16–64	S1, HE
1.8" micro SATA	260/260	32–240	S1, HE, CC
1.8" SATA	260/260	32–128	S1, HE, CC
1.8" ZIF / IDE	100/95	32–128	S1, HE, CC
M.2 NGFF	450/350	32–256	S1, HE, CC

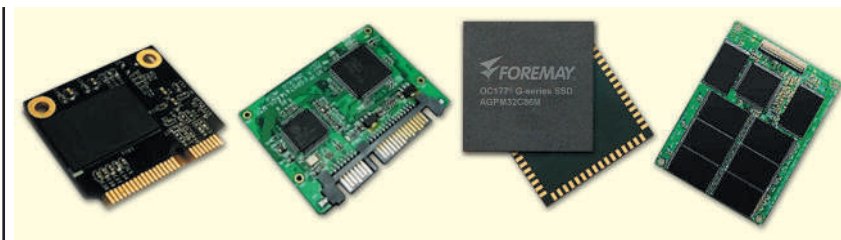


Рис. 6. Зовнішній вигляд накопичувачів серії OC177

сок військових стандартів. Обов'язкове нанесення захисного покриття на корпус виробів допомагає підвищити надійність функціонування. Також у рамках серії пропонуються знімні накопичувачі промислового призначення у вигляді карт пам'яті, які чудово підходять для використання як завантажувальні диски.

### СЕРІЯ OC177

Серія містить компактні безкорпусні виробни, виконані у вигляді модулів або однокристальних рішень для розпаювання на друковану плату. Вони орієнтовані на застосування у вбудовуваних системах різного призначення й успішно використовуються в одноплатних комп'ютерах, робототехніці, пультах керування, терміналах, мобільних пристроях тощо. Основна особливість серії OC177 — мінімальні габарити. Максимальна ємність накопичувачів не перевищує 256 Гбайт (табл. 5). Як інтерфейси підключення модулів застосовуються SATA, micro SATA, IDE і ZIF.

Кожен накопичувач випускається у двох варіантах: загального призначення з допустимими робочими температурами в межах 0...+70 °С і у високонадійному виконанні з діапазоном температур –40...+85 °С. При цьому перші пристрої відрізняються від других збільшеним у 2–4 рази значенням максимального розміру дискового простору.

Твердотілі накопичувачі SATA DOC конструктивно виконані в BGA-корпусах розмірами від 22×22×1.8 мм (рис. 6). Призначені для монтажу безпосередньо на плату, вони усувають необхідність встановлення окремого диска для зберігання даних. Оснащені стандартними інтерфейсами IDE або SATA і мають ємність 16–64 Гбайт NAND-пам'яті та швидкість читання/запису 450/200 Мбіт/с відповідно. З урахуванням заявленої високої надійності, стійкості до вібрацій, ударів і температурних перепадів пристрої на їхній основі можна використовувати в польових умовах.

### ВИСНОВОК

Компанія Foremay пропонує широкі лінійку SSD-накопичувачів як для споживчого ринку, так і для застосування в об'єднанні відповідального призначення. Багатий асортимент серійних пристроїв зберігання інформації, що вирізняється різноманітністю варіантів конструктивного виконання і переліком функціональних особливостей, дає змогу зробити якісний вибір під час розв'язання конкретного завдання. Якщо з якихось причин вибір не було зроблено, виробник може виконати розробку на основі вимог замовника. **СН**

Таблиця 4. Основні характеристики накопичувачів серії TC166

Форм-фактор та інтерфейс	Швидкість читання/запису, Мбіт/с (макс.)	Ємність накопичувачів, Гбайт	Додаткові опції
2.5" SATA III	550/510	60–8000	S1, CC, HE
2.5" SATA II	250/210	60–10000	S1, CC, HE
1.8" micro SATA	550/510	60–480	S1, CC, HE
1.8" SATA	550/510	30–256	S1, CC, HE
3.5" SATA III	550/500	60–4000	S1, CC, HE
2.5" IDE/PATA	100/80	60–1000	S1, CC, HE
1.8" IDE/PATA	90/80	8–256	S1, CC, HE
CompactFlash	90/80	8–256	S1, CC, HE
CFast	320/180	30–128	S1, CC
1.8" ZIF	100/95	30–256	S1, CC, HE





# PCBA

**PCBA – контрактний виробник електроніки під замовлення.**

*Комплексне вирішення завдань клієнтів щодо монтажу готових виробів. SMD і DIP монтаж будь-якої складності.*

- Пайка з матеріалів замовника.
- Постачання друкованих плат від світових виробників.

+38 044 338 97 73  
info@pcba.com.ua  
pcba.com.ua

# Чому 10BASE-T є каналом Ethernet, якого бракує для автомобільного зв'язку

Фіонн Херлі (Fionn Hurley)

**Сьогодні продовжують з'являтися нові стандарти IEEE для автомобільної мережі Ethernet, одним з останніх став 10BASE-T1S. У цій статті розглядаються тенденції в автомобільній промисловості, що диктують зміни в електричній/електронній архітектурі транспортних засобів (Е/Е), і те, як новий стандарт 10BASE-T1S підтримує і забезпечує впровадження цієї нової архітектури.**

## СУЧАСНІ ТРЕНДИ ТА НОВІ МОЖЛИВОСТІ

Нині автомобільна промисловість переживає один зі своїх найбільш революційних періодів. Виробникам автомобілів необхідно швидко надати рішення для кількох панівних трендів, таких як персоналізація, електрифікація, автономність і зв'язок. Виробникам обладнання потрібно радикально змінити електронну архітектуру своїх пристроїв для підтримки нової функціональності. Хоча ця революція і стає серйозною технічною проблемою, вона також надає виробникам обладнання можливість розглянути перехід електронних архітектур від рішень на основі доменів, які перетворилися на громіздкі системи через безперервні доповнення платформ, які продовжуються протягом поколінь. Завдяки значній зміні архітектури OEM-виробники можуть

зосередитися на забезпеченні хорошого технічного рішення, а також на додаванні нових потоків прибутків після продажу завдяки таким функціям, як персоналізація, продаж послуг і оновлення по повітрю (*over-the-air, OTA*) для автотранспорту. Галузь тягнє до загальної нової архітектури, яку часто називають зональною архітектурою, і прагне використовувати технології та уроки інших галузей, насамперед ІТ-сектору, що робить автомобіль по суті комп'ютером на колесах.

Зональні архітектури (рис. 1) визначають зв'язок за фізичним місцем розташування, а не за функціями, як це було в архітектурах, заснованих на домені. Такі зміни значно скорочують кількість електронних блоків керування (*Electronic Control Unit, ECU*) в автотранспорті та зменшують загальну довжину кабелів на 1 км. По-друге, вони відокремлюють апаратне і програмне

забезпечення, забезпечуючи архітектуру, орієнтовану на обслуговування (*Service Oriented Architecture, SOA*). Багато виробників обладнання вкладають значні кошти у створення власного програмного забезпечення з метою надання комплексного рішення, що спрощує інтеграцію платформ і забезпечує ширші функціональні можливості. Цей масштабований підхід до програмної платформи зведе до мінімуму варіанти, відкриє можливості для нових потоків доходів, призведе до зниження інвестицій у НДДКР (науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи) у довгостроковій перспективі та скоротить час розроблення при підтримці декількох автомобільних ліній.

Такі революційні зміни в архітектурі призвели до того, що багато виробників обладнання повністю перебудували організацію процесу, відмовившись від окремих груп для виконання тільки певних функцій домену і перейшовши до більш інтегрованої крос-функціональної організації виробництва.

Автомобільна промисловість швидко стає великим споживачем пристроїв Ethernet, і широке впровадження Ethernet у транспорті розглядають як один із ключових чинників успішного впровадження цих нових архітектур.

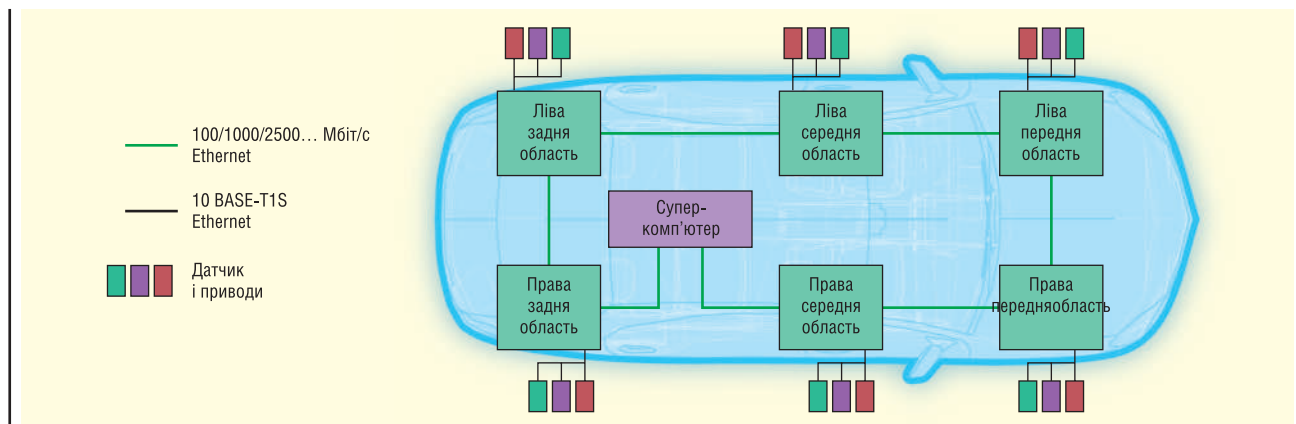


Рис. 1. Автомобільні зональні архітектури

Ethernet забезпечує необхідну масштабованість і кілька рівнів швидкості, є перевіреним надійним засобом передавання даних, підтримує архітектуру на основі послуг і має блоки безпеки та захисту. Ethernet має чітко визначену і добре зрозумілу модель OSI, яка спрощує керування всією комплексною автомобільною мережею.

## УНІКАЛЬНІ АСПЕКТИ АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ

У той час як багато фундаментальних концепцій Ethernet можуть бути запозичені з інших галузей промисловості, автомобільна електронна архітектура має унікальні вимоги, які диктують необхідність нових технологічних розробок. Одним із ключових напрямків для автомобільної промисловості є зниження ваги транспортного засобу, що безпосередньо впливає на його пробіг без дозаправлення. Джгут дротів, який використовується сьогодні, стає однією з трьох найважчих підсистем в автомобілі (вагою до 60 кг). Традиційні кабелі Ethernet використовують чотири диференціальні пари для передавання даних, збільшуючи вагу і складність маршрутизації, що далеко не оптимально для автомобільних застосувань. Для вирішення цієї проблеми було розроблено нові стандарти IEEE для підтримки передавання Ethernet кабелями з однією крученою парою, що в поєднанні зі зменшеною довжиною джгута дротів, яку забезпечує зональна архітектура, може значно заощадити кабель і знизити вагу.

## ЩО РУХАЄ ПОТРЕБОЮ В 10BASE-T?

З розвитком концепції зональних архітектур стало очевидно, що для повного використання переваг нової архітектури знадобиться підключення Ethernet навіть до периферійних датчиків і виконавчих механізмів. Наявні застарілі технології під'єднання, як-от FlexRay і CAN, можуть вимагати перетворення протоколів, які зазвичай реалізують у шлюзах, що може збільшити вартість, складність і затримку поширення сигналу. Наявні автомобільні технології Ethernet, зокрема 100BASE-T1, не покривали системні витрати на під'єднання кінцевих додатків до Ethernet, оскільки ця технологія вимагала використання під'єднання «точка-точка». Результатом

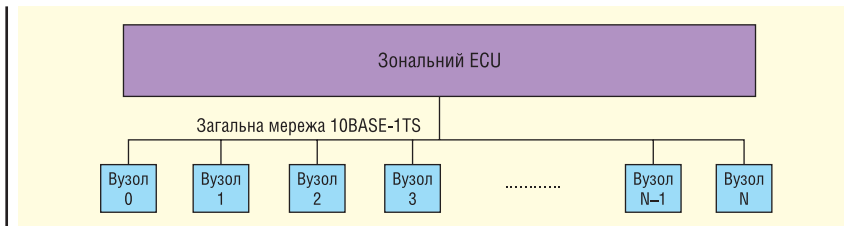


Рис. 2. Топологія шини 10BASE-T1S

став заклик IEEE проявити інтерес до вирішення цієї проблеми. Ось деякі з основних її вимог:

- швидший зв'язок, ніж наявні технології; наприклад, CAN (FD);
- заміна застарілих мережевих технологій в автомобілі, таких як FlexRay;
- альтернатива 100BASE-T1 для ECU, де 100BASE-T1 не є економічно та енергоефективним;
- можливість підтримки підключення для простих і резервних мереж датчиків.

## ЩО ТАКЕ 10BASE-T1S?

Специфікація 10BASE-T1S розроблена в рамках стандарту IEEE 802.3cg. 10BASE-T1S забезпечує відсутню ланку в екосистемі автомобільних Ethernet, передбачаючи пряме під'єднання кінцевих пристроїв до Ethernet і задовольняючи вимогам зональної архітектури.

Слід зазначити один вельми цікавий, унікальний аспект 10BASE-T1S (рис. 2), що відрізняє його від інших автомобільних технологій Ethernet, — це підтримка багатоточкової топології, коли всі вузли під'єднано одним і тим самим неекранованим кабелем крученої пари. Ця реалізація шини забезпечує оптимізовану специфікацію, що вимагає тільки одного Ethernet-інтерфейсу в кожному вузлі, усуваючи необхідність у реалізації топології комутатора або зірки, пов'язаної з іншими технологіями Ethernet. Стандарт визначає, що має підтримуватися щонайменше вісім вузлів (можна підтримувати набагато більше) і забезпечуватися довжина шини до 25 м.

Ще одне нововведення стандарту — запобігання колізіям на фізичному рівні (*PHY-Level Collision Avoidance, PLCA*), яке, як впливає з назви, дає змогу уникнути колізіям у загальній мережі. Ця реалізація забезпечує детерміновану максимальну затримку, яка визначається головним чином кількістю вузлів у мережі та обсягом переданих даних. Якщо у вузла в конкретний момент немає даних для передачі, він передає

чергу наступному вузлу, тим самим підтримуючи дуже високий ступінь використання доступних 10 Мбіт/с.

Живлення мережею 10BASE-T1S також можливе, враховуючи, що це система з підключенням до мережі змінного струму. Таким чином, забезпечується додаткова економія кабелів, скорочуються розміри роз'ємів і підвищується надійність завдяки зменшенню складності кабелів і роз'ємів. Стандартизація живлення по лініях передавання даних (*Power over Data Lines, PoDL*), уже доступна для двоточкових реалізацій, триває в межах удосконалення стандартів IEEE для підтримки багатоточкової топології.

Галузі застосування 10BASE-T1S в автомобілебудуванні широкі та різноманітні, в них використовується безліч датчиків і виконавчих механізмів для різних функцій в області комфорту, інформаційно-розважальних систем і систем допомоги водієві (*Advanced driver-assistance systems, ADAS*), які обговорюються тепер.

## ВИСНОВОК

Автомобільна електронна архітектура зазнає революційних змін. Перехід до зональних E/E-архітектур неминучий. 10BASE-T1S забезпечує відсутню ланку для підтримки цього переходу з оптимізованим підключенням Ethernet до кінцевих пристроїв. У цьому процесі все ще є перепони, які необхідно подолати, — наприклад, уявлення про те, що підключення до Ethernet збільшує вартість компонентів і складність реалізації модулів. 10BASE-T1S безпосередньо вирішує подібні проблеми, забезпечуючи зниження вартості системи і надаючи різноманітні варіанти продуктів, які підтримують різні види поділу ланцюжка сигналів. Компанія Analog Devices бере активну участь у підготовці виведення на ринок 10BASE-T1S, бере активну участь у заходах зі стандартизації та тісно співпрацює з виробниками для забезпечення відповідності їхнім системним вимогам.

CN



# «CHIP NEWS»-2023

## (зміст журналу за 2023 рік)

### МІКРОПРОЦЕСОРИ та МІКРОКОНТРОЛЕРИ

Роберт Перкел (Robert Perkel)  
**Використання допоміжних економічних мікроконтролерів для вирішення рутинних завдань**

1

Сергій Надеждін  
**Мікроконтролери RX66 від Renesas**

1

Сергій Надеждін  
**Мікроконтролери R7FS1JA платформи Renesas Synergy**

2

Сергій Надеждін  
**Мікроконтролери сімейств RX72T і RX72M від Renesas**

3

Антон Пашенко, Роман Боронніков  
**Мікроконтролери та SnK від компанії Geehy Semiconductor**

5

Стейан Согстед (Stian Sogstad)  
**Застосування мікроконтролерів з інтелектуальною периферією для зменшення енергоспоживання**

5

### СИЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА та ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ

Деніел Пріндл (Daniel Prindle);  
переклад і коментарі: Андрій Колпаков;  
переклад та редактування: Сергій Поліщук  
**Динамічні характеристики SiC-діодів Шотткі**

1

Блаж Клобучар (Blaž Klobučar),  
Чуй Юань (Zhihui Yuan);  
переклад та редактування: Віталій Шевченко  
**1200-В дискретні SiC MOSFET у порівнянні з високошвидкісними IGBT сімейства H3 для сервопривідних систем**

1

Стів Робертс (Steve Roberts);  
доопрацювання: Володимир Рентюк  
**Пікова та середня потужність: як вибрати джерело живлення правильно**

1

Жюльєн Сірап (Julien Sirard),  
Сергій Дмитрієв  
**DC/DC-перетворювачі з широким діапазоном вхідної напруги для застосування у виробництві електроенергії**

1

**Медичні стандарти та терміни: від А до Я**

2

Стів Робертс (Steve Roberts)  
**«Хакінг» DC/DC-конвертера**

2

Френк Стіглер (Frank Stiegler),  
Томас Гертген (Thomas Hurtgen);  
переклад та редактування: Сергій Поліщук  
**Компактні модулі IGBT MiniSiKiiP: інструкція із застосування**

2

Ялцин Хаксоз (Yalcin Haksoz);  
переклад та редактування: Віталій Шевченко  
**Паралельне ввімкнення GaN-транзисторів**

2

**Універсальне джерело безперебійного живлення**

3

Омар Хармон (Omar Harmon),  
Франческо ді Доменіко (Francesco Di Domenico),  
Шриватса Рагхунатх (Srivatsa Raghunath)  
**Зарядні пристрої потужністю до 150 кВт для швидкого заряду електромобілів**

3

Пол Дрексхейдж (Paul Drexhage);  
переклад та редактування: Володимир Павловський  
**Партнерство заради надійного постачання промислових силових модулів**

3

Пол Шимель (Paul L. Schimel)  
**Вплив радіації на силові напівпровідники в джерелах живлення**

3

Девід Бак (David Buck)  
**Вибір джерела живлення для роботи з трифазною вхідною напругою**

4

Бернхард Айхлер (Bernhard Eichler);  
переклад та редактування: Володимир Павловський  
**Інтегрований силовий модуль забезпечує тепер на 25 % більше потужності**

4

Володимир Кондратьєв  
**Паралельне включення MOSFET у лінійних схемах**

4

Метью Фетадо (Matthew Feutado),  
Деніел Мартін (Daniel Martin);  
переклад: Євген Карташов, Валерія Смирнова  
**Компактний і легкий тяговий інвертор потужністю 600 кВт на SiC MOSFET-модулях Wolfspeed**

4

Бернхард Айхлер (Bernhard Eichler),  
Еміліано Меца (Emiliano Meza);  
переклад та редактування: Володимир Павловський  
**Простий підхід до збільшення вихідної потужності для відновлюваних джерел енергії та електроприводів**

5

Кенжі Хаторі (Kenji Hatori),  
Нілс Солтау (Nils Soltau),  
Ойген Штумпф (Eugen Stumpf)  
**SiC-модулі Mitsubishi Electric: новий рівень енергоефективності електропоїздів**

5

<b>NCP-3200: джерело живлення та зарядний пристрій в одному пристрої потужністю 3200 Вт</b>	5	<b>Зв'язок мережею Ethernet: як використовувати платформу Arduino в мережах IoT і IIoT</b>	4
Жиган Льянг (Zhigang Liang), Ашвіні Равіндран (Ashwini Ravindran), Санкун Лім (Sungkeun Lim), Старрі Цай (Starry Tsai) <b>Оптимізація мобільних обчислювальних систем за допомогою нового зарядного пристрою для USB-C</b>	5	<b>Сім'яство тактових генераторів MicroClock компанії Renesas</b>	4
Володимир Рентюк <b>Нові трифазні блоки живлення серії DRB потужністю 120 і 240 В на DIN-рейку від TDK-Lambda</b>	5	Шиа Лін (Chia Lin), Пітер Грін (Peter Green); переклад та редагування: Віталій Шевченко <b>Інструменти з батарейним живленням і безщітковими двигунами постійного струму</b>	5
<b>ДРУКОВАНІ ПЛАТИ: ПРОЄКТУВАННЯ, ВИРОБНИЦТВО</b>		Артем Терейковський <b>Осердя з порошкових матеріалів</b>	5
Джон Кунрод (John Coonrod) <b>Вплив електричних і теплових взаємодій на характеристики НВЧ-плати</b>	1	<b>ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА</b>	
Юлія Боброва, Ольга Смирнова, Давид Мануков <b>Огляд технологічних можливостей тривимірного друку у виробництві друкованих плат</b>	1	<b>Нові методи аналізу імпульсних сигналів радіолокаційних систем і засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ)</b>	1
Аркадій Медведєв, Аркадій Сержантов, Катерина Шкундіна <b>Параметри керування електрохімічними процесами у виробництві друкованих плат</b>	2	<b>Вимірювання широкосмугових сигналів РЛС і супутникових систем зв'язку. Нотатки щодо застосування</b>	2
Джон Кунрод (John Coonrod) <b>Покращення терморегулювання друкованих плат мікрохвильового діапазону з використанням сучасних матеріалів</b>	3	Переклад та редагування: Віктор Бутирін <b>Захист пристрою під час тестування від пошкоджень, пов'язаних з електроживленням</b>	3
Закарайа Петерсон (Zachariah Peterson) <b>Що означає проєктування високошвидкісних друкованих плат?</b>	3	Переклад та редагування: Віктор Бутирін <b>Випробування систем РЛС, радіоелектронної боротьби (РЕБ) і радіотехнічної розвідки (РТР): загальні проблеми випробувань. Рекомендації щодо застосування</b>	4, 5
Ен Хван Чо (Yong Hwan Cho), Кіт Солуша (Keith Szolusha); переклад: Євген Івашенко <b>Розведення друкованої плати для зниження ЕМЗ на прикладі чотирьохключового підвищувально-знижувального контролера з одинарним і подвійним «гарячим» контуром</b>	3	<b>СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ та ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ</b>	
Закарайа Петерсон (Zachariah Peterson) <b>Рекомендації щодо формування структури шарів під час проєктування високошвидкісних плат</b>	4	Валеріо Карта (Valerio Carta) <b>u-blox — LTE Cat 1bis. Опція для широкосмугових застосувань з низьким енергоспоживанням (LPWA)</b>	2
Закарайа Петерсон (Zachariah Peterson); переклад та редагування: Олександр Соколовський <b>Проєктуємо в Altium Designer чотиришаровий стек друкованої плати з імпедансом 50 Ом</b>	5	<b>Li-Fi новий конкурент Wi-Fi. Передача даних за допомогою світла</b>	3
<b>НА ДОПОМОГУ РОЗРОБНИКУ/ІНЖЕНЕРНА ПРАКТИКА</b>		<b>Наземна станція керування БПЛА від Winmate</b>	4
Тодд Філліпс (Todd Phillips) <b>Захист високошвидкісних портів</b>	2	Раві Субраманіан (Ravi Subramanian); переклад та редагування: Роман Горелков <b>Використання можливостей Wi-Fi 6 в епоху Інтернету речей</b>	5
Тодд Філліпс (Todd Phillips) <b>Захист низькошвидкісних інтерфейсів і джерел живлення</b>	3	<b>ПАСИВНІ КОМПОНЕНТИ</b>	
Володимир Ханейчук (Ханюу) <b>П'ятя потрібно так, щоб не «відвалилось»!</b>	4	Олександр Корабльов <b>Високовольтні керамічні конденсатори компанії Murata</b>	1
		Переклад та редагування: Андрій Мовчанюк <b>Новий універсальний підхід до захисту пристроїв в мережах змінного струму</b>	1
		Хорхе-Вікторія Авір (Jorge Victoria Ahuir) <b>Методи визначення характеристик гнучких поглинальних пластин WE-FAS</b>	2
		<b>ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ</b>	
		Кріс Буркет (Chris Burket); переклад та редагування: Олег Бєвза <b>Екранування електромагнітних завод: основні принципи</b>	2

Маркус Хердін <b>Боротьба з синфазними електромагнітними завадами в установках з електроприводом</b>	3	<b>ДАТЧИКИ</b>	
<b>Дотримання стандартів EMC у продукції TRACO POWER</b>	4	Олександр Малишев <b>Інтелектуальні цифрові датчики газу iSeries компанії Honeywell</b>	1
<b>СИСТЕМИ ПОЗИЦІЮВАННЯ/АНТЕНИ</b>		Сергій Гладішев <b>Безконтактне вимірювання температури</b>	4
Петер Карлссон (Peter Karlsson) <b>u-blox — початок роботи з Bluetooth для високоточного позиціонування в приміщенні</b>	1	<b>ВБУДОВАНІ СИСТЕМИ</b>	
Ламберт Ваннінгер (Lambert Wanninger), Мелані Тіміг (Melanie Thiemeig), Фолькер Фреверт (Volker Frevert); переклад та редактування: Володимир Рентюк <b>Багаточастотні квадрифілярні спіральні антени для точного GNSS позиціонування</b>	3	<b>AAEON UP 7000 — потужна альтернатива x86 для Raspberry Pi 4 SBC із процесором Intel N50/N97/N100</b>	4
<b>Точне позиціонування для автономних сервісних робіт</b>	5	<b>СИСТЕМИ ПРОМИСЛОВОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ</b>	
Алекс Нгі (Alex Ngi) <b>Оптимальний вибір антени для GNSS-приймача</b>	4	Торстен Зенк (Thorsten Sienk) <b>Підвищення ефективності гри. Нова система керування будівлею для стадіону Schuco Arena</b>	2
<b>ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ (IOT)</b>		<b>ТРАНЗИСТОРИ</b>	
Володимир Рентюк <b>Короткий путівник бездротовими технологіями «Інтернету речей»</b> Частина 1. Мережі, шлюзи, хмари та протоколи Частина 2. Ближній радіус дії	4 5	Том Деккер (Tom Dekker); переклад та редактування: Роман Горелков <b>Силкові радіочастотні транзистори компанії Ampleon для застосування в широкосмуговому зв'язку</b>	2
<b>ДРАЙВЕРИ</b>		<b>АВТОМОБІЛЬНА ЕЛЕКТРОНІКА</b>	
Махеш Фальке (Mahesh Phalke) <b>Розуміння та використання драйверів для роботи без операційної системи та драйверів платформи</b>	4 5	Грехем Мостін (Graham Mostyn) <b>Проектування систем автомобільної електроніки з використанням синхронізувальних MEMS-пристроїв</b>	2
<b>Розуміння функціональної безпеки драйверів затвору та систем тягового інвертора</b>	5	<b>ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ КОМПОНЕНТИ</b>	
<b>ПАМ'ЯТЬ</b>		Томас Шульце (Thomas Schulze) <b>З'єднувачі плата-плата. Отримання потрібної швидкості</b>	1
<b>Картка пам'яті iShield Archive для захисту конфіденційної інформації</b>	4	<b>ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ та ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ</b>	
Костянтин Верхулевський <b>Пристрої компанії Foretau для зберігання та захисту важливої інформації</b>	5	<b>Запитання й відповіді щодо систем накопичення енергії</b>	4
<b>МЕРЕЖІ, СИСТЕМИ, АПАРАТУРА</b>		<b>ОБЛАДНАННЯ та ІНВЕНТАР</b>	
Неіл Квінн (Neil Quinn), Річард Анслоу (Richard Anslow) <b>Оптимізація шини FieldBus допоможе вдосконалювати інтелектуальні системи</b>	2	<b>Рішення для військової сфери</b>	2
Фіонн Херлі (Fionn Hurley) <b>Чому 10BASE-T є каналом Ethernet, якого бракує для автомобільного зв'язку</b>	5	<b>СВІТЛОДІОДИ/СВІТЛОДІОДНЕ ОСВІТЛЕННЯ</b>	
<b>ПЛІС</b>		<b>AMY — технологія овалного променя для розумного освітлення торгових залів від LEDIL</b>	1
Дмитро Дайнеко <b>Проект динамічної зміни конфігурації ПЛІС сімейства MAX10. Частина 1</b>	3	<b>ПОДІЇ (ВИСТАВКИ), ІНТЕРВ'Ю, ІНОВАЦІЇ</b>	
Роберт Перкел (Robert Perkel) <b>Тонка грань між продуктивністю та енергоспоживанням</b>	4	<b>Виставка SECURITY 2.0 — нове ім'я виставки БЕЗПЕКА</b>	2
		<b>XX Міжнародний енергетичний бізнес форум «5E». Енергетика. Електротехніка. нергоефективність. Екологія. Енергоресурси</b>	2
		Марен Гаст (Maren Gast) <b>Компактне відображення чудової ідеї майбутнього у парку All Electric Society</b>	3
		<b>Чи потрібен Вам центр обробки даних? Рішення Edge від Rittal може бути саме тим, що ви шукаєте</b>	5



## ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ

від провідних виробників світу,  
зі складу та під замовлення

Гнучкі ціни



ТОВ "АДС ТІМ"

Україна, 03680, м. Київ  
пров. Ю. Матушняка, 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.uaАД  
Га

## ТОВ «АЙПІ-КОМ»

Гуртове постачання електронних компонентів, плівкових клавіатур, світлодіодної комунікаційної продукції, роз'ємів тощо

тел.: (044)592-54-05  
моб.: 098-980-48-38  
моб.: 095-553-00-24ill1982  
ill82@ukr.net  
ip-com.net.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 Семенович

Феритові осердя,  
аксесуари, індуктивні елементи

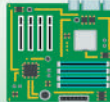
61072, Україна, Харків, вул. Тобольська 42 оф. 222  
тел.: 057-757-2859, факс: 057-728-1808  
050-323-3763, 067-575-4440, 068-616-7777  
http://www.ferrite.com.ua E-mail: ferrite@ukr.net

- Електронні компоненти
- Світлодіодне освітлення
- Друковані плати
- Контрактне виробництво

bis\_electronics @BISelectronic bis@bis-el.kiev.ua | bis-el.com  
+38 (044) 490-35-99

## ВЕРІКОМ КОМПОНЕНТС

- 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.ua

Виробництво електроніки  
Вимірювальна техніка  
3-D моделювання та друк  
Промислові комп'ютерні системи  
Дистрибуція електронних компонентів

пр-т. Відрадний, 95-С, 03061, Україна, м. Київ,  
+38044 507-0202, www.biaKOM.com

WINTEX (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



www.wintex.com.ua

03150, Київ, вул. Велика Васильківська, 80

ДП «Гальванотехніка» ПАТ «Київський завод "Радар"»  
ТОВ «НВЦ друкованих плат»

## Виготовлення друкованих плат:

- одно-, дво- та багатoshарових 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



Прямі поставки від виробника



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](http://www.grandelectronic.com)  
[office@grandelectronic.com](mailto:office@grandelectronic.com)

Бульвар Вацлава Гавела, 8  
м. Київ, 03124

Незалежний постачальник електронних компонентів



- Швидкі терміни поставок (до 7 днів)
- Безкоштовна доставка по Україні
- Більш ніж 6 млн. товарів в каталозі

[www.evocom.ua](http://www.evocom.ua)

email: [info@evocom.ua](mailto:info@evocom.ua)  
тел. (044) 520-19-13



дистрибуція електронних компонентів  
контрактне виробництво

08298, смт. Коцюбинське  
вул. Пономарьова, 7

[www.eurocom-c.com](http://www.eurocom-c.com)

Тел. +38 044 33 44 575

E-mail: [info@eurocom-c.com](mailto:info@eurocom-c.com)



Інтегральні Комплексні Системи  
Контрактне виробництво електроніки

+38 (050) 469-12-07 | [info@incos.kiev.ua](mailto:info@incos.kiev.ua) | [www.incos.kiev.ua](http://www.incos.kiev.ua)

Київ, вул. Бориспільська, 9, корпус 111

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](http://www.ims.kh.ua) | тел.: (073) 757 25 22 (23), (098) 028 89 17  
e-mail: [imskharkov@gmail.com](mailto:imskharkov@gmail.com) | (057) 732 04 50, 732 01 76

**Delly®**

**ТОВ "ДЕЛЛІ"**  
**МОНТАЖ SMT ТА SHT**  
**ЕЛЕКТРОННИХ**  
**КОМПОНЕНТІВ**

79060, м. Львів,  
вул. Наукова, 5-А, корп. Е  
Тел.: +38 (032) 245-75-72  
+38 (067) 672-27-40  
E-mail: [basarab@delly.info](mailto:basarab@delly.info)



**ДРУКОВАНІ ПЛАТИ**

**ТЕРМІНОВЕ ВИРОБНИЦТВО ВІД 1-ГО ДНЯ!**

Одно-, дво-, багатощарові друковані плати,  
плати 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](http://www.pcbetal.com)

ТОВ «PCB-ЕТАЛ»

28000, Кіровоградська обл.,  
м. Олександрія, вул. Заводська, 1

Для замовлення:

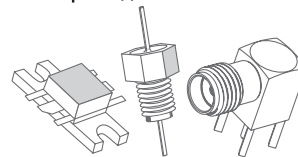
Тел.: +38 (050)268-95-73  
e-mail: [pcb@etal.ua](mailto:pcb@etal.ua)

З питань ціноутворення:

Тел.: +38 (066)872-60-65  
e-mail: [sb10@etal.ua](mailto:sb10@etal.ua)

**ВЧ- та НВЧ-КОМПЛЕКТУЮЧІ І КОМПОНЕНТИ**

мікросхеми • транзистори • коаксиальні фільтри  
коаксиальні з'єднувачі • коаксиальні кабелі  
матеріал для ВЧ-плат • теплорозподільчі матеріали



**ЄВРОКОНТАКТ**

[www.eurocontact.kiev.ua](http://www.eurocontact.kiev.ua)

т/ф +380 44 500 7991

[info@eurocontact.kiev.ua](mailto:info@eurocontact.kiev.ua)

**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](mailto:imrad@imrad.kiev.ua)  
[www.imrad.com.ua](http://www.imrad.com.ua)

**K206**

Електронні компоненти

Все для виробництва  
та ремонту зі складу  
та на замовлення

[www.k206.net](http://www.k206.net)

+38 096 77-99-665







**ТОВ "КОМПАНІЯ ОЛЬВІЯ"**  
Корпуса пластикові, Клавіатура плівкова,  
Кабельно-провідникова продукція.

[044].599.7550 [044].503.3323 KORPUS.KIEV@GMAIL.COM  
ICSA#: 268-782-777  
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](mailto:info@spcb.com.ua)  
тел./факс: (044) 369-53-67



м. Київ, пров. Ю. Матушак, 3, оф. 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, 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

МІКРО  
ПРИЛАД

avalue Touch XCC PARTEX MARKING SYSTEMS mecatronik  
WAGO LINEAR TEXAS INSTRUMENTS MAGANO Sensortechnik

03142, м. Київ, вул. Омеляна Прицака, 4, офіс 101  
Тел.: 044 392-93-86, Факс: 044 392-93-87  
www.micropribor.com.ua sales@micropribor.com.ua

[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

**Pcb24** — сервіс з експрес виробництва прототипів і невеликих партій одно- та двошарових друкованих плат

**Pcb24**

ТОВ «Крейтив Лоджікс»  
[www.pcb24.com.ua](http://www.pcb24.com.ua)  
info@pcb24.com.ua  
pcbprint24@gmail.com  
068 614 38 28

За 24 години виготовимо  
Ваше замовлення

Власне виробництво у м. Львів



КОНТРАКТНИЙ  
ВИРОБНИК ЕЛЕКТРОНІКИ  
ПІД ЗАМОВЛЕННЯ

+38 044 338 97 73  
info@pcba.com.ua  
pcba.com.ua



Зручний онлайн РСВ-калькулятор  
мінімальне замовлення - 5 шт.

Постачання:  
- друковані плати FR-4;  
- алюмінієві друковані плати;  
- трафарети для паяльної пасты;  
- паяльна паста;  
- припій.

Сайт: [pcbтut.com](http://pcbтut.com)  
e-mail: [pcbтut@pcbтut.com](mailto:pcbтut@pcbтut.com)  
+38 (067) 674 99 14



Пр  
СМ

вбудовані процесорні плати

COMexpress  
Qseven  
PC-104  
ETX



промислові комп'ютери та системи

www.proxis.ua  
+380(44)4675977  
+380(44)5995977

**РАДІОМАГ**  
МЕРЕЖА МАГАЗИНІВ РАДІОДЕТАЛЕЙ

Львів Київ Харків  
Одеса Дніпро

www.rcscomponents.kiev.ua  
+38(044)299-77-55 sales@radiomag.com.ua

- мікросхеми
- транзистори
- діоди і діодні містки
- GSM, GPS, GPRS
- паяльне обладнання
- вимірювальне обладнання
- блоки живлення
- рознімачі
- інструмент
- пасивні компоненти
- батарейки та акумулятори та багато іншого

**Rich El**  
electronic components

**ТОВ "РИЧЕЛ"**

Поставки електронних компонентів  
Асортимент зі складу та технічна підтримка

вул. Семена Скляренка, 9, оф. 201  
04073, м. Київ  
info@rekkon.kiev.ua  
http://rekkon.kiev.ua

тел.: +38 (044) 490-92-50  
факс: +38 (044) 494-27-08

**SEA** ІННОВАЦІЇ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

м. Київ, вул. Краківська, 13-Б  
тел.: +38 (044) 330-00-88  
sea.com.ua, info@sea.com.ua

**Постачання:** Електронні компоненти • Джерела живлення • Світлодіодна продукція та оптоелектроніка  
Індикатори, дисплеї • Обладнання для енергетики • Електротехнічна продукція • Кабельно-провідникова продукція • Обладнання для промислової автоматизації • Бездротові компоненти Вимірювальні прилади  
Паяльне обладнання і матеріали для пайки • Сонячна енергетика

**Виробництво:** Світлофори та технічні засоби управління дорожнім рухом • Автоматизована система обліку та контролю енергоресурсів • Паркувальне обладнання і системи • WIM - системи динамічного зважування транспорту • Світлодіодні екрани та медіафасади SEA • Система керування міським освітленням  
Комплексна система диспетчеризації ліфтів • Джерело безперебійного живлення

**Послуги:** Великовузлове складання обладнання • Проскитування друкованих плат  
Виробництво друкованих плат • Контрактне виробництво електроніки • SMD і DIP монтаж  
компонентів • Комерційні розробки • Проскитування, монтаж, модернізація, технічне  
обслуговування паркувальних комплексів, світлофорних та WIM об'єктів

Харків: kharkiv@sea.com.ua Дніпро: dnipro@sea.com.ua Львів: lviv@sea.com.ua

**Сімметрон**  
Україна

Україна, Київ  
вул. Є. Сверстюка, 13, оф. 903  
тел. 044 239 20 65 багатокан.  
e-mail: kiev@symmetron.ua  
www.symmetron.ua

Електронні компоненти зі складу  
Пряма офіційна дистриб'юція

**RADIODETAILI**

- Паяльне обладнання
- Вентилятори
- Трансформатори
- Реле
- Конденсатори
- Резистори
- Світлодіодне обладнання
- Акумулятори
- Блоки живлення
- Мобільні аксесуари

КУПУЙ ВИГІДНО

radiodetaili.com.ua

**RAINBOW TECHNOLOGIES**

Rainbow Technologies – офіційний дистриб'ютор 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

Промислові та ІТ-шафи, щити, електронні системи, системи контролю мікроклімату, струморозподільче обладнання, всепогодні шафи та комплексні рішення для ЦОД, ПЗ EPLAN

Ріттал ТОВ · вул. Київська, 6В, 08132, Вишневе, Київська обл.  
Тел.: +380 (44) 536 99 44 · E-mail: office@rittal.com.ua  
www.rittal.com.ua

ENCLUSTERS POWER DISTRIBUTION CLIMATE CONTROL IT INFRASTRUCTURE SOFTWARE & SERVICES

**RIITLAL**

FRIEDHELM LOH 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

**SOFTPROM**  
VALUE ADDED IT DISTRIBUTOR

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

ТОВ "Софтпром Солошнін"



**НВП ТЕХНОСЕРВІСПРИВІД**  
ВСЕ ДЛЯ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНИКИ 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](mailto:tsdrive@ukr.net), Web: [www.tsdrive.com.ua](http://www.tsdrive.com.ua)

Електронні компоненти Рознімачі З'єднувачі

**ТЕХПРОГРЕСС**  
[www.tpss.com.ua](http://www.tpss.com.ua)

ТОВ «КП «Техпрогрес»  
04070, м. Київ,  
вул. Ігорівська, 8/10-А, оф. 38  
(044) 461-91-00



**TMS PROJECT**

Контракне виробництво  
Сертифіковано ISO9001  
Постачання електронних компонентів

Україна, Київ  
вул. Марії Капніст, 2а, оф. 114  
тел./факс: (044) 501-9335  
URL: [www.tmsproject.com.ua](http://www.tmsproject.com.ua)  
E-mail: [sales@temys.kiev.ua](mailto:sales@temys.kiev.ua)

Якісно  
Швидко Дешево



**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

[www.distrelec.biz](http://www.distrelec.biz)  
e-mail: [ula@tok-el.com](mailto:ula@tok-el.com)  
[oksana@tok-el.com](mailto:oksana@tok-el.com)

Тел. +38 066 781 66 11  
+38 093 896 40 88



**Trafaret**

Полімерні трафарети для SMD монтажу

[www.trafaret.net.ua](http://www.trafaret.net.ua)  
e-mail: [order@trafaret.net.ua](mailto:order@trafaret.net.ua)  
тел. 063-851-12-76, 098-871-58-76



**PHOENIX CONTACT**

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



**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](http://www.filur.net)  
[office@filur.net](mailto:office@filur.net)



КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ  
АВТОРИЗОВАНИЙ ДИСТРИБ'ЮТОР В УКРАЇНІ  
продаж • навчання • сервіс

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](mailto:web@unitest.com)  
<http://www.unitest.com>

**KEYSIGHT TECHNOLOGIES**  
Авторизований дистриб'ютор



**ЮСТАС**

Електронні компоненти провідних світових виробників:  
конденсатори всіх типів, транзистори, теристори,  
мікросхеми, діоди, діодні мости, кварци,  
індикаторна продукція всіх типів, вентилятори,  
механічні елементи, кабельна продукція

Магазин "Електронних компонентів"  
79018, м. Львів, вул. Героїв УПА, 40,  
т/ф (032) 237-31-82, (032) 238-94-41  
понеділок - субота з 10.00 до 18.00

[justas@ipm.lviv.ua](mailto:justas@ipm.lviv.ua)  
[justas\\_k@ukr.net](mailto:justas_k@ukr.net)

<http://justas-electronics.com.ua>  
+38 (093) 020-40-51





## ВИСТАВКИ 2023

Назва	Сайт	Організатор	Місто	Дата проведення*
SECURITY 2.0 (виставка «Безпека»)	<a href="http://www.bezpeka.ua">www.bezpeka.ua</a>	Євроіндекс	Київ	04.10–05.10.2023
Electro Install	<a href="http://www.iec-expo.com.ua">www.iec-expo.com.ua</a>	МВЦ	Київ	17.10–19.10.2023
EcoEnergy Expo	<a href="http://www.iec-expo.com.ua">www.iec-expo.com.ua</a>	МВЦ	Київ	17.10–19.10.2023
E-Comps + DigiTec	<a href="http://www.iec-expo.com.ua">www.iec-expo.com.ua</a>	МВЦ	Київ	17.10–19.10.2023
Енергетика в промисловості	<a href="http://www.iec-expo.com.ua">www.iec-expo.com.ua</a>	МВЦ	Київ	17.10–19.10.2023
Mining & Minerals Expo	<a href="http://www.iec-expo.com.ua">www.iec-expo.com.ua</a>	МВЦ	Київ	17.10–19.10.2023

\* Інформація отримана від організаторів виставок. Можливі зміни в залежності від ситуації.

## 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.

## ВИМОГИ ДО РЕКЛАМНИХ І АВТОРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ

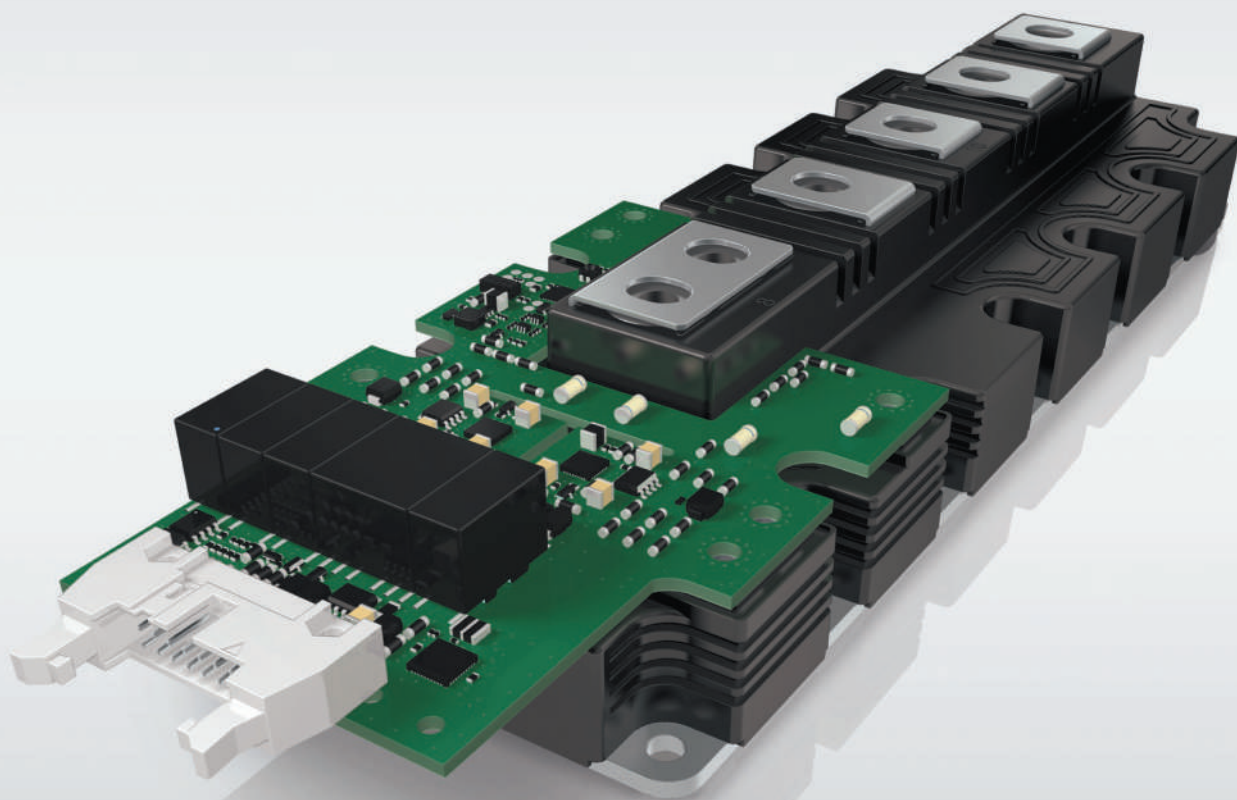
**Рекламні матеріали** приймаються **тільки українською мовою в форматах «.eps» або «.tif» (300 dpi)**. Кольорова модель — **СМΥК**. Сумарний процент фарб — не більше 300%. Якщо в форматі «.eps» є впроваджені растрові зображення, вони також повинні мати роздільну здатність 300 dpi і кольорову модель СМΥК. **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 — **СМΥК** 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 термоциклювання

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-danfoss.com](http://www.semikron-danfoss.com)



**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**

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

Авторизований дистриб'ютор  
WeEn в Україні

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