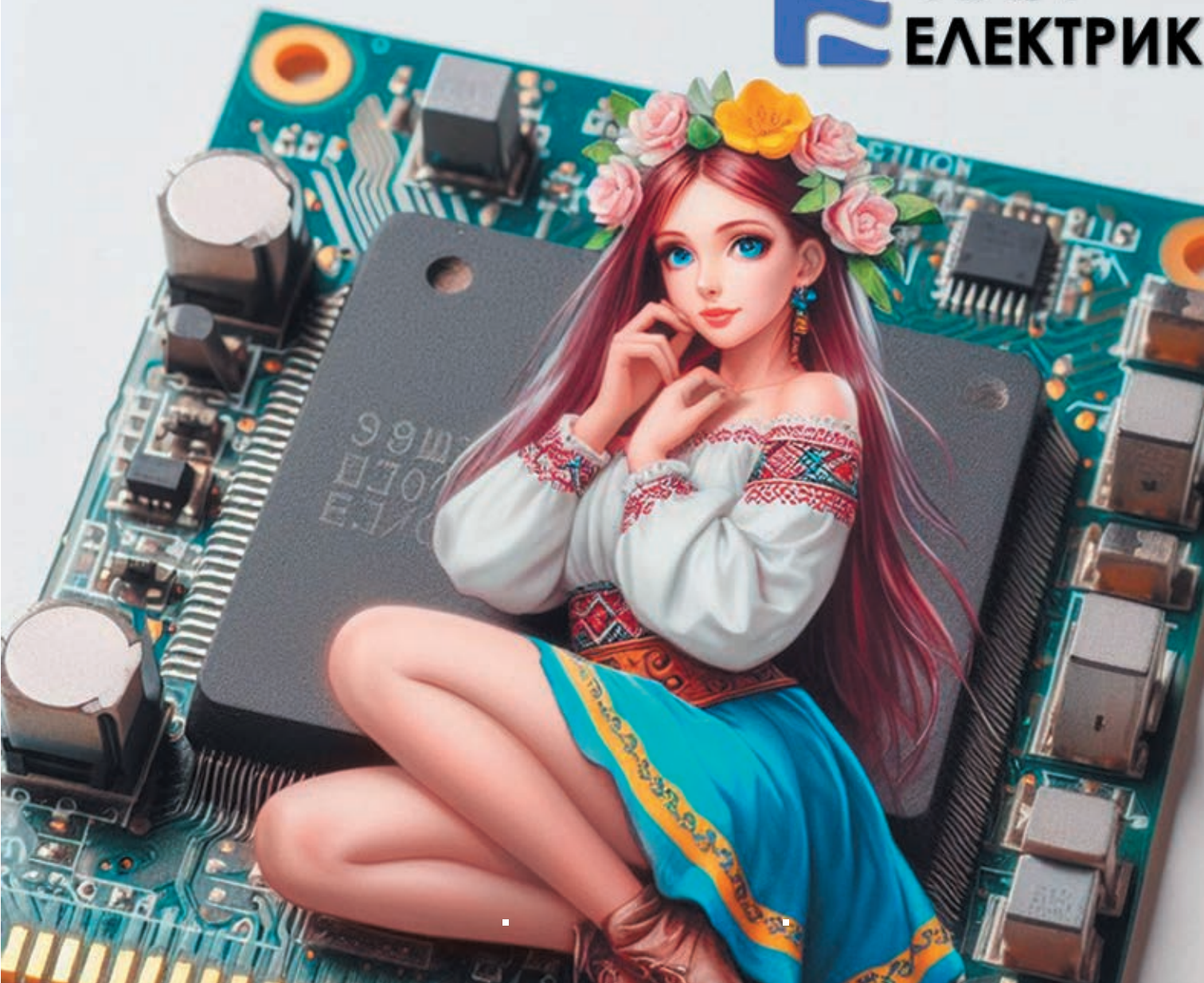


# CHIP NEWS

 **ФІЛУР  
ЕЛЕКТРИК**



- Duelund – досконалість звуку ... [стор. 12](#)
- Осердя з порошкових матеріалів ... [стор. 18](#)
- PIC і AVR спрощують периферію ... [стор. 30](#)

- Розумні термостати ... [стор. 34](#)
- Data & power hub ... [стор. 37](#)
- Драйвер IGBT SKYPER ... [стор. 44](#)



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

**Партнерство  
з нами – успіх  
Вашого бізнесу!**



№ 01 (226), 2024 р.

Науково-технічний журнал  
Видається з 2001 р.  
ТОВ «Булавів-Посад л.т.д.»Зареєстрований  
Міністерством юстиції України.  
Свідоцтво про державну реєстрацію  
друкованого засобу масової  
інформації  
Серія КВ № 25055-14995Р  
14.12.2021 р.**Головний редактор:**Сірич О. В.  
E-mail: editor@chipnews.com.ua**Редакційна колегія:**Войналович М. Ю., Крючатов С. Д.,  
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. Відродний, 10E-mail: info@chipnews.com.ua  
https://www.chipnews.com.ua

© «CHIP NEWS».

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

# ЗМІСТ

## НОВИНИ

**Новини світу електронних компонентів** ..... 4

## АУДІО- ТА ВІДЕОКОМПОНЕНТИ І ТЕХНІКА

Олексій Панфьоров

**Duelund Coherent Audio: спадщина****звукової досконалості** ..... 12

## НА ДОПОМОГУ РОЗРОБНИКУ

Артем Терейковський

**Осердя з порошкових матеріалів** ..... 18

Юрій Петропавловський

**Компоненти для систем Індустрії 4.0****та Інтернету речей від Texas Instruments** ..... 24

## МІКРОКОНТРОЛЕРИ

Росс Сатчелл (Ross Satchell)

Переклад та редактування: Ірина Приходько

**Мікроконтролери PIC і AVR****спрощують периферію** ..... 30

## ЕЛЕМЕНТИ ЗАХИСТУ

Райан Шихен (Ryan Sheahan)

**Як підвищити надійність та ефективність****розумних термостатів** ..... 34

## ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

**Концентратор живлення і передачі даних****Fischer KEYSTONE™.****Легко носити. Легко під'єднувати.****Легко керувати** ..... 37

## ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ КОМПОНЕНТИ

Майкл Радау (Michael Radau)

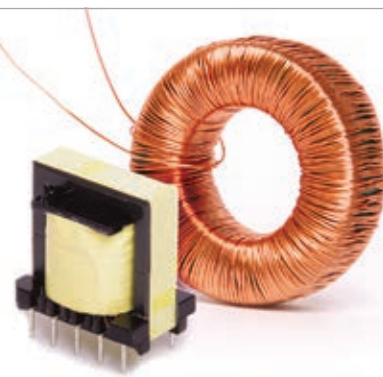
**Мінімальні зусилля при встановленні,****максимальна безпека з'єднання** ..... 40

www.adcgr.com

**ВЛАСНЕ ВИРОБНИЦТВО  
В УКРАЇНІ МОТОЧНИХ ВИРОБІВ  
ЗГІДНО ДОКУМЕНТАЦІЇ  
АБО ЗА ТЕХНІЧНИМ  
ЗАВДАННЯМ**



ТОВ «АДС ТІМ»  
Україна, м. Київ  
пров. Ю. Матушняка, 3, оф. 126



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



### СИЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА

Марко Хонсберг (Marco Honsberg),  
Ніклас Хофстоттер (Niklas Hofstötter)  
Переклад та редактування:  
Володимир Павловський

**IGBT драйвер із підвищеною стійкістю  
ізоляції для напруг до 1500 В постійного  
струму для 2- та 3-рівневих промислових  
застосувань** .....44

Ерік Персон (Eric Persson)  
Переклад та редактування:  
Віталій Шевченко

**Перспективи використання  
GaN-технології для керування  
електроприводом** .....48

### ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ

Переклад та редактування:  
Віктор Бутирін

**10 порад щодо підвищення  
продуктивності системи тестування  
з джерелами живлення** .....51

**Модульні джерела живлення  
MEAN WELL серії NMP** .....58

### ВБУДОВАНІ СИСТЕМИ

**Neosys Drone Mission Computer FLYC-300 —  
бортовий комп'ютер для БПЛА** .....61

### CHIP CLUB

Переклад та редактування: Юлія Ямненко

**Епоха штучного інтелекту:  
AI-чипи до 2034 року** .....62

### ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ

Колін Дуган (Colin Duggan)  
Переклад та редактування: Роман Горелков

**Попередження та виявлення кібератак  
на мережеві пристрої** .....66

Володимир Рентюк

**Короткий путівник бездротовими  
технологіями «Інтернету речей».  
Частина 3. Wi-Fi** .....69

**ВІЗИТКИ** .....74

**ВИСТАВКИ** .....79

**ІНФОРМАЦІЙНА СТОРІНКА** .....82



# Захисні покриття для електроніки



## Прозоре акрилове захисне покриття для друкованих плат ECS Plastic 70

Вологозахисне покриття ECS PLASTIC 70 на основі акрилової смоли, що за своїми характеристиками особливо придатна до застосування в електронній промисловості. Це покриття формує блискучу та гнучку захисну плівку, стійку до дії кислот, солі, цвілі, кородувальних парів, термоударів, механічного впливу, лугів, спиртів, вологи та суворих умов навколишнього середовища. Воно зберігає свої властивості у широкому діапазоні температур від -70 до +120 °C. Цей лак має адгезію до широкого спектра матеріалів, таких як метал, пластик, деревина, картон, скло тощо. PLASTIC 70 не розбризкується та не перешкоджає паянню крізь власну плівку під час проведення ремонту електронних виробів. У своєму складі PLASTIC 70 містить УФ-індикатор для забезпечення контролю якості нанесення вологозахисних покриттів. PLASTIC 70 відповідає вимогам стандарту MIL-I-46058C «Тип акрилова смола». PLASTIC 70 захищає плати, компоненти, кабелі тощо. Усуває або попереджує повзучі заряди, коронні розряди, короткі замикання або електророзряди. PLASTIC 70 ізолює від води, бруду та вологи та є ідеальним засобом для захисту від корозії компонентів, що призначені для функціонування у суворих атмосферних умовах. Це покриття також використовується як вологозахист для різноманітних матеріалів таких, як картон, деревина, шкіра тощо.



### Застосування

Захист друкованих плат, компонентів, дротів, кабелів тощо. Усування або попередження виникнення повзучих зарядів, коронних розрядів, коротких замикань або електророзрядів. Захист від корозії компонентів, що призначені для функціонування у суворих атмосферних умовах. Вологозахист для різноманітних матеріалів таких, як картон, деревина, шкіра тощо.

### Важливо

Поверхня, що буде вкрита лаком, має бути вільною від мастил, олив, парафінів тощо. Під час нанесення покриття з аерозольного балона потрібно нанести лак на всю поверхню, що потребує захисту, з відстані не менше 30 см, інакше нанесений шар буде розтікатись. Якщо сопло балона заб'ється грудками висохлого лаку, то його слід прочистити розчинником Thinner Plastic, ацетоном або терпентином.



## Поліуретанове вологозахисне покриття ECS URETHANE-CLEAR 71

Дуже тривке захисне ізоляційне конформне покриття. Високоякісний однокомпонентний поліуретановий лак URETHANE-CLEAR 71, що оптимально підходить для електронної промисловості. ECS URETHANE 71 захищає та ізолює друковані плати, електромотори, трансформатори, електронне обладнання та компоненти. Забезпечує захист від несприятливих умов навколишнього середовища, таких як вологість, соляні пари, пліснява, теплові та механічні впливи. ECS URETHANE 71 утворює міцну, стійку, гнучку, ізоляційну, зносостійку плівку з відмінною адгезією і використовується в основному для захисту та ізоляції друкованих плат. Цей лак використовується як стійке, захисне конформне покриття для електродвигунів, трансформаторів та іншого устаткування та компонентів. ECS URETHANE 71 є відмінним рішенням для запобігання ушкодженням, що спричинені впливом вологи, корозії та хімічних реагентів в діапазоні температур від -40 до +130 °C.



### Застосування

Захист друкованих плат, компонентів, дротів, кабелів тощо. Усування або попередження виникненню повзучих зарядів, коронних розрядів, коротких замикань або електророзрядів. Захист від корозії компонентів, що призначені для функціонування у суворих атмосферних умовах. Вологозахист для різноманітних матеріалів, таких як картон, деревина, шкіра тощо.

### Важливо

Поверхня, що буде вкрита лаком, має бути вільною від мастил, олив, парафінів тощо. Під час нанесення покриття з аерозольного балона, потрібно нанести лак на всю поверхню, що потребує захисту, з відстані не менше 30 см, інакше нанесений шар буде розтікатись. За необхідності нанести другий шар лаку через 24 години. Лак URETHANE-CLEAR 71 потрібно сушити протягом 120 хвилин для подальших переміщень вкритого лаком виробу. Після застосування балон з лаком потрібно перевернути дором дном та натиснути на ковпачок розпилювача кілька разів. Якщо сопло балона заб'ється грудками висохлого лаку, то його слід прочистити розчинником Thinner Urethane або ацетоном.

Для замовлення:

ТОВ «ФІЛУР ЕЛЕКТРИК, ЛТД» —  
офіційний дистрибутор  
продукції ECS в Україні

Артикул	Назва
38392	Лак акриловий захисний PLASTIC 70 ECS, 400 мл
38395	Лак акриловий захисний PLASTIC 70 ECS, 1 л
38396	Лак акриловий захисний PLASTIC 70 ECS, 5 л
38397	Лак захисний поліуретановий Urethan 71 ECS, 400 мл
38399	Лак захисний поліуретановий Urethan 71 ECS, 1 л
38398	Лак захисний поліуретановий Urethan 71 ECS, 5 л

# Новини світу електронних компонентів

## НОВЕ ПОКОЛІННЯ ETHERNET-КОМУТАТОРІВ LAN969X З ФУНКЦІЄЮ TSN

Зростання ринку промислової автоматизації охоплює інноваційні технології, такі як машинне навчання (Machine Learning, ML) та роботизовані системи. Вбудовані рішення з детермінованим зв'язком необхідні для промислової автоматизації для контролю, моніторингу та обробки даних. Щоб надати розробникам надійне і стійке мережеве рішення з детермінованим зв'язком, компанія **Microchip Technology** оголосила про випуск нового покоління Ethernet-комутаторів LAN969x з функцією Time Sensitive Networking (TSN), масштабованою пропускну здатністю від 46 Гбіт/с до 102 Гбіт/с і потужним однопоточним процесором Arm® Cortex®-A53 з тактовою частотою 1 ГГц.

Для застосувань, що вимагають більшої надійності, Ethernet-комутатори LAN969x можна конфігурувати з підтримкою протоколів безшовного резервування високої доступності (High-availability Seamless Redundancy, HSR) і паралельного резервування (Parallel Redundancy Protocol, PRP). HSR і PRP — це апаратні протоколи, які забезпечують резервування з нульовими втратами в мережах Ethernet.

Ethernet-комутатори LAN969x підтримують кілька пристроїв HSR і PRP Redundancy Box (Red-Box), які можуть працювати паралельно і послідовно, а також

на швидкостях портів Ethernet від 10 Мбіт/с до 10 Гбіт/с.

LAN969x може реалізувати функцію QuadBox, яка з'єднує дві мережі HSR між собою. Ця функція особливо корисна в тих застосуваннях, де висока надійність і відсутність простоїв є критично важливими. Альтернативні рішення, які реалізують QuadBox, як правило, вимагають багато різних компонентів, що може призвести до ускладнення конструкції та збільшення вартості системи.

«До появи Ethernet-комутаторів LAN969x компанії Microchip клієнтам, які хотіли реалізувати функції TSN і HSR/PRP, було потрібно кілька мікросхем. Нове рішення LAN969x від Microchip — це одна мікросхема, яка дозволяє зменшити кількість компонентів та витрати на рівні системи, — сказав Чарльз Форні (Charles Forni), віце-президент підрозділу USB та мережевих технологій компанії Microchip. — Ці пристрої також підтримуються нашим пакетом прикладного програмного забезпечення VSC6817SDK IStax Linux®, що дозволяє розробникам швидко виводити продукти на ринок.»

Ethernet-комутатори LAN969x мають широкі можливості конфігурації з можливістю встановлення до 30 портів. Порти Ethernet підтримують декілька інтерфейсів, включаючи RGMII, SGMII, QSGMII, USGMII і USXGMII. Комутатори сімейства LAN969x призначені для захищених і критично важливих застосувань, де потрібні комутатори 10M/100M/1G/2.5G/10G з великою кількістю портів.

Комутатори сімейства LAN969x доступні з додатковими функціями безпеки, такими як безпечне завантаження і безпечне виконання мікропрограми, засновані на виробничому процесі, що базується на Root of Trust замовника. Безпека забезпечується завдяки обробці кадрів на основі потрібної адресованої пам'яті вмісту (Ternary Content Addressable Memory, TCAM) за допомогою універсального процесора з підтримкою вмісту (Versatile Content Aware Processor, VCAP), методології Arm Trusted Firmware для швидкого безпечного завантаження, криптобібліотекам і апаратним прискорювачам безпеки для шифрування завантаження і коду, а також одноразовому програмованому незмінному сховищу ключів.

Нове сімейство Ethernet-комутаторів середнього класу LAN969x доповнює портфоліо TSN-комутаторів Microchip. Сімейство SparX-5i підтримує до 64 портів і пропускну здатність 200 Гбіт/с, в той час як LAN9662 і LAN9668 підтримують від 4 до 8 портів і пропускну здатність від 4 до 11 Гбіт/с.

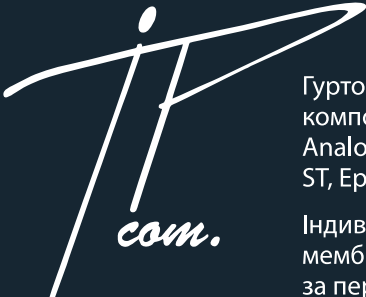
Сімейство Ethernet-комутаторів LAN969x підтримується Evaluation Board EV23X71A. Інші ресурси включають пакет прикладного програмного забезпечення IStax VSC6817SDK для Linux з підтримкою стандартів TSN і резервування HSR/PRP.

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

## НАСТУПНИЙ ЕВОЛЮЦІЙНИЙ КРОК В ОБЛАСТІ НАЛАШТОВУВАНОЇ ЛОГІКИ

Щоб задовольнити зростаючу потребу у підвищенні рівня персоналізації вбудованих додатків, компанія **Microchip Technology** пропонує індивідуальне апаратне рішення з випуском сімейства мікроконтролерів (МК) PIC16F13145. Оснащені новим незалежним від ядра периферійним пристроєм (Core Independent Peripheral, CIP) — модулем конфігурованого логічного блоку (Configurable Logic Block, CLB) — мікроконтролери дозволяють створювати апаратні комбінаційні логічні функції безпосередньо в мікроконтролері. Завдяки інтеграції в мікроконтролер, CLB дозволяє розробникам оптимізувати швидкість і час відгуку вбудованих систем керування, усуваючи потребу в зовнішніх логічних компонентах і зменшуючи вартість специфікації та енергоспоживання. Процес ще більше спрощується завдяки графічному інтерфейсу, який допомагає синтезувати власні логічні схеми за допомогою CLB. Сімейство PIC16F13145 призначене для застосування в системах керування в реальному часі в промисловому та автомобільному секторах.

«Модуль конфігурованої логічної комірки (Configurable Logic Cell, CLC) інтегрований в мікроконтролери Microchip вже більше десяти років, і новий модуль CLB є наступним кроком в еволюції нашої пропозиції конфігурованої логіки, що дозволяє використовувати це сімейство мікроконтролерів в тих застосуваннях, які зазвичай є сферою застосування автономних програмованих логічних пристроїв, — сказав Грег Робінсон (Greg Robinson), віце-президент підрозділу 8-розрядних мікроконтролерів компанії Microchip. — Небагато однокристальних рішень на сьогоднішньому ринку вирішують проблеми проєктування вбудованих систем так, як сімейство мікроконтролерів PIC16F131. Нові мікроконтролери виконують спеціальні логічні функції, мінімізують енергоспоживання, спрощують конструкцію та можуть присто-



## ТОВ «АЙПІ-КОМ»

Гуртове постачання широкого спектра електронних компонентів відомих брендів: Xilinx, Intel (Altera), Analog Devices, Texas Instruments, NXP, Microchip, ST, Epcos, Vishay, Sharp, KLS тощо

Індивідуальна розробка та виготовлення мембранних плівкових клавіатур різної складності за персональними вимогами замовника

☎ 1982

✉ ill82@ukr.net

🌐 ip-com.net.ua

☎ моб.: 098-980-48-38



совуватися до нових вимог щодо дизайну».

Оскільки робота CLB не залежить від тактової частоти процесора, це покращує затримку системи та забезпечує низьке енергоспоживання. CLB можна використовувати для прийняття логічних рішень, коли центральний процесор знаходиться в сплячому режимі, що ще більше знижує енергоспоживання і залежність від програмного забезпечення. До складу мікроконтролерів PIC16F13145 також входять швидкий 10-розрядний аналого-цифровий перетворювач (АЦП) з вбудованими обчисленнями, 8-розрядний цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), швидкі компаратори, 8- і 16-розрядні таймери та модулі послідовного зв'язку (I<sup>2</sup>C і SPI), що дозволяє виконувати багато завдань системного рівня без участі центрального процесора. Сімейство буде доступне в різних корпусах від 8 до 20 виводів.

Сімейство ПЛІС PIC16F13145 підтримується MPLAB® Code Configurator (MCC), безкоштовним програмним модулем для середування розробки MPLAB X IDE, який надає простий графічний

інтерфейс для конфігурування пристрою і вбудованих периферійних пристроїв, включаючи CLB. Цей інтерфейс скорочує час розробки, оскільки потрібну логіку можна спроектувати схематично, а досвідчені користувачі можуть використовувати мову опису апаратного забезпечення (Hardware Description Language, HDL). Новий синтезатор доступний у двох варіантах: інтегрований в MCC та онлайн на сайті виробника. Набір Curiosity Nano Evaluation Kit PIC16F131 пропонує повну підтримку проектування з використанням сімейства PIC16F131.

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

### СЕРІЯ LRS ІЗ ПІКОВОЮ ПОТУЖНІСТЮ 200 %

Джерела живлення в перфорованому корпусі серії LRS використовуються в широкому спектрі галузей промисловості. Але при запуску індуктивних навантажень, таких як двигуни, як правило, джерело живлення повинні мати вищу пікову потужність. Для цих цілей компа-

нія **MEAN WELL** розробила і запустила виробництво нових серій LRS-100/200/350/600 N2, що витримують пікові потужності 200% до 5 с. Використовуючи ці блоки живлення, вам більше не потрібно буде купувати перетворювачі з надлишковим запасом потужності, що дозволить значно зекономити кошти. Крім сертифікації UL/EN 62386-1, серія LRS-N2 також відповідає стандартам EN 61558-1 OVC III для промислового електроживлення. Як правило, вироби з OVC III більше підходять для промислового обладнання, оскільки їх можна під'єднати безпосередньо від розподільної коробки та заощадити на використанні додаткового ізоляційного трансформатора.

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

### ТРИФАЗНІ ТРИПРОВІДНІ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ПОТУЖНІСТЮ 30 КВТ

Компанія **MEAN WELL** розробила та запустила в серійне виробництво джерела живлення серії SHP-30K, які на сьогодні є найпотужнішими AC/DC-пере-

творювачами у світі. Вони встановлюються в 2U стійку, мають трифазний трипровідний вхід і чотири варіанти струму на виході: низьковольтний 55 В (<60V SELV) і високовольтні (HVDC) 115 В/230 В/380 В. Ця серія добре підходить для різноманітних застосувань у сфері нової енергетики та передових галузях промисловості. Вони також ідеально підходять для живлення великих промислових ІТ-серверів, систем безперебійного живлення (UPS) для дата-центрів, базових станцій 5G, обладнання для промислового електролізу, виробництва напівпровідників, УФ-лазерного різання тощо.

Як розширення попередньої серії SHP-10K, нова серія SHP-30K не тільки задовольняє вимоги клієнтів шляхом збільшення потужності, але також має кращі можливості паралельного з'єднання, дозволяючи зробити систему потужністю >300 кВт. Вони також мають функції програмування напруги (PV) та струму (PC), вбудований протокол зв'язку CAN Bus (опціонально PMBus або Modbus), комплекс захистів від перевантаження, перегріву, перенапруги, DC-OK контакт,



## Серії NTS/NTU

### 250-3200 Вт

### Нове покоління інверторів з чистою синусоїдою

- Витримують пікові навантаження до 200%
- Коефіцієнт гармонійних спотворень (THD) < 3%
- Споживання енергії в режимі холостого ходу < 1.5 Вт
- Інтелектуальний контроль роботи вентиляторів (NTS-450~3200 / NTU-1200~3200)
- Вбудована функція UPS (NTU-1200 ~ 3200)
- До 37% менші габарити у порівнянні з минулими поколіннями TS/TN
- 3 роки гарантії

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



сигналізатор про помилку вентилятора, помилку входу АС, сигнал про перегрів та додатковий вихід живлення 12 В DC.

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

**НИЗЬКОПРОФІЛЬНІ БЛОКИ ЖИВЛЕННЯ РСВ 200 ТА 300 ВТ**

Вже близько 10 років на ринку присутні джерела живлення серій EPP-150/200 і RPS-200 від **MEAN WELL** в корпусі 4"×2" у вигляді відкритої плати. Вони мають попит та визнання ринку. Однак із тенденцією до мініатюризації та «вищої щільності» кінцевого обладнання, зростає попит на менші розміри, вищу потужність і ширший діапазон робочих температур у вбудованих блоках живлення типу РСВ. Щоб задовольнити ці вимоги ринку, компанія **MEAN WELL** представила нове покоління блоків живлення у вигляді друкованої плати з ще кращим співвідношенням ціна/якість — сімейство LOP. В першу чергу було дано старт виробництву серій LOP-200 та LOP-300, які мають розміри 4"×2" і потужність 200 Вт/300 Вт. Незабаром будуть анонсовано серії LOP-400/500/600 з розмірами 5"×3" і потужністю 400 Вт/500 Вт/600 Вт.

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

**DC/DC-ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ПОТУЖНІСТЮ 15 І 20 ВТ ІЗ НАДШИРОКИМ ВИХІДНИМ ДІАПАЗОНОМ 12:1**

Компанія **Traco Power** випустила серію високопродуктивних перетворювачів постійного

струму потужністю 15 і 20 Вт з надшироким 12:1 вихідним діапазоном 9-75 В і 14-160 В постійної напруги — THN 15UIR і THN 20UIR.

Обидві серії виготовляються в компактному, повністю герметичному корпусі розміром 1"×1" для забезпечення найвищої надійності. Мають кілька варіантів вихідної напруги: 5, 12, 15, 24, ±12, ±15 В. Серії THN 15UIR і THN 20UIR мають можливість під'єднання конденсатора затримки, що дає змогу позбутися необхідності використовувати масивні конденсатори на вході.

Сертифіковані за стандартом EN 50155 для застосування на залізниці. Додаткові сертифікати EN 61373 для захисту від механічних ударів і вібрації, EN 45545-2 для пожежної безпеки та IEC/EN/UL 62368-1 для інформаційних систем і промислового застосування.

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

**ПРИСТРІЙ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ LORAWAN ДЛЯ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ ВУЛИЦЬ**

Новий пристрій керування освітленням LoRaWAN для систем освітлення вулиць виробництва компанії **Phoenix Contact** дозволяє знизити споживання енергії, подовжити термін служби та зменшити потребу в обслуговуванні ліхтарів.

Асортимент продукції Smart Street Lighting доповнено новим пристроєм керування з інтерфейсом Dali D4i для вуличних ліхтарів, сумісним із Zhaga. З'єднання із системою вищого рівня встановлюється через шлюз LoRaWAN. Пристрій керування

забезпечує можливість інтелектуального керування окремими ліхтарями в межах освітлювальної інфраструктури транспортних ділянок або освітлення площ. У поєднанні зі шлюзом LoRaWAN, програмним забезпеченням SmartLighting Service і власною платформою Інтернету речей grove.io Phoenix Contact створює комплексну систему керування освітленням.

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

**НОВА ЕТИКЕТКА ПІДТРИМУЄ АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРИЙМАННЯ ТОВАРІВ**

Для подальшої оптимізації логістичних процесів компанія **Phoenix Contact** впроваджує нові етикетки, які спрощують автоматизоване приймання та відвантаження товарів для клієнтів.

Нові етикетки відображають найважливішу інформацію, як-от артикул, кількість, дата виробництва, партія та країна походження у вигляді штрих-коду 1D та/або матричного коду даних 2D. Автоматизоване зчитування сканованих кодів підвищує ефективність приймання та відвантаження товарів, зменшуючи кількість ручних операцій з боку логістичного персоналу.

Нова етикетка відповідає вимогам, визначеним виробниками та дилерами, об'єднаними в ЕСІА (Асоціація виробників електронних компонентів). Нова структура означає, що вся обов'язкова інформація за потреби відображається у вигляді сканованих кодів. З міркувань сталого розвитку та економічної ефективності Phoenix Contact наголошує на важливості збереження компактного формату попередніх етикеток.

Нова етикетка стане чинним корпоративним стандартом і буде використовуватися для всього стандартного асортименту продукції Phoenix Contact. Під час перехідного періоду на поставаннях буде змішане маркування.

Як стверджують великі клієнти, завдяки новим етикеткам Phoenix Contact підтримує ефективну організацію їхніх логістичних процесів. «Співпраця із Phoenix Contact під час створення нової етикетки була дуже ефективною. Наші вимоги, реалізовані шляхом взаємного узгодження, в майбутньому стануть запорукою ефективного потоку вхідних та вихідних товарів», — пояснює Мікаела Фріц, віцепрезидент зі складських операцій та програм ланцюга поставок TPI.

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

**ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ**

Джерела живлення Step Power від компанії **Phoenix Contact** розроблені з урахуванням потреб сучасної автоматизації будівель. Вони живлять шлюзи розумних лічильників, Raspberry Pi та інші компоненти розумного будинку через USB-порт. Їх також можна використовувати для швидкого заряджання мобільних кінцевих пристроїв та інших споживачів 5 В.

Блок живлення оснащено роз'ємом USB-A або USB-C до 15 Вт. Завдяки особливо малій габаритній ширині лише 18 мм (1 розділювальна одиниця) використання як зарядного пристрою USB звільняє більше місця в монтажному розподільнику, шафі керування або плоских пультях керування, що дозволяє повністю відмовитися від класичної комбінації з розетки в шафі керування із габаритною шириною 45 мм (2,5 розділювальні одиниці) та блока живлення з USB-роз'ємом. Вбудований кабельний паз із розвантаженням від зусиль натягу в корпусі джерела живлення дозволяє за потреби легко прокласти USB-кабель під кришкою монтажного розподільника й забезпечує простий доступ до нього. Джерела живлення Step Power мають низькі втрати в режимі роботи без навантаження <0.1 Вт і високий ККД для оптимальної енергоефективності будівель.


Завдяки ефективному енергозбереженню за рахунок мак-

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

**Pcb24** — сервіс з експрес виробництва прототипів і невеликих партій одно- та двошарових друкованих плат

**За 24 години виготовимо Ваше замовлення**

Власне виробництво у м. Львів



ТОВ «Крієтів Лоджік»  
[www.pcb24.com.ua](http://www.pcb24.com.ua)  
pcbprint24@gmail.com  
068 614 38 28

симального ККД в режимі роботи без навантаження і з частковим навантаженням джерела живлення відповідають високим вимогам стандартів ефективності Директиви з екологізації. Вхід широкого діапазону від 85 В змінного струму до 264 В змінного струму і діапазон температури від  $-25$  до  $+70$  °C забезпечують можливість використання майже в будь-яких умовах навколишнього середовища.

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

### ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Нове джерело живлення Trio Power третього покоління від компанії **Phoenix Contact** вперше доступне із захисним лаковим покриттям на друкованій платі. Це забезпечує надійне використання навіть в екстремальних умовах навколишнього середовища.

Третє покоління джерел живлення встановлює нові стандарти в машинобудуванні. Вони компактні, міцні, надійні та вражають

простотою використання. Завдяки захисному лаковому покриттю на друкованій платі нове джерело живлення забезпечує високу експлуатаційну готовність обладнання навіть в екстремальних умовах навколишнього середовища. Фарбування захищає від пилу, агресивних газів і вологості. Крім того, воно запобігає відмовам через зумовлені корозією струми витоку та електрохімічну міграцію.

Нові джерела живлення Trio Power особливо компактні завдяки малій габаритній ширині й можливості безпосереднього послідовного з'єднання. Невелика габаритна глибина забезпечує можливість монтажу у маленьких корпусах 125 мм. Джерела живлення також вражають особливою простотою використання: технологія з'єднання Push-in забезпечує швидкий монтаж без використання інструментів. Вбудовані поля для маркування використовуються для простої ідентифікації обладнання та електричних кіл.

Завдяки інтуїтивно зрозумілій концепції введення в експлуатацію пристрою швидко готові до роботи. Механічне блокування по-

тенціометрів забезпечує захист від несанкціонованого доступу. Крім того, джерела живлення мають інтелектуальні можливості діагностики. Багатоколірні світлодіоди й загальний контакт сигналізують про всі важливі стани, як-от DC ОК, перевантаження та коротке замикання. Динамічний резерв потужності (150 відсотків протягом 5 секунд) також дає змогу запускати важкі навантаження. Завдяки потужній графічній характеристиці вихідного сигналу до 960 Вт вихідної потужності в 1- та 3-фазних ланцюгах змінного струму можна без проблем жити ємнісні навантаження.

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

### ЕЛЕКТРОННИЙ ЗАХИСТ ПРИСТРОЮ ДЛЯ СПОЖИВАЧІВ

Завдяки новим одноканальним автоматичним вимикачам пристрою РТСВ від компанії **Phoenix Contact** навантаження з напругою живлення 48 В постійного струму тепер також мають електронний захист.

Захист пристрою можна комбінувати з модульними клемними блоками з асортименту Cipline. Захисні вимикачі можна швидко і легко інтегрувати в систему розподілу потенціалів і з'єднувати між собою за допомогою стандартного приладдя для клемних блоків. Габаритна ширина 6.2 мм відповідає асортименту модульних клемних блоків і економить важливий простір на DIN-рейці. Автоматичний вимикач пристрою доступний у виконанні з фіксованим номінальним значенням 2 А або з регульованим номінальним струмом в діапазоні від 1 до 6 А. Це дозволяє гнучко адаптувати номінальний струм до застосування та зменшує витрати на зберігання. Світлодіод на передній панелі з інтуїтивно зрозумілими кольорами світлофора та сигнальний контакт зі схемою без потенціалу землі забезпечують прозоре відображення стану системи на місці, а також для віддалених користувачів. Це полегшує однозначне виявлення помилок, допомагає точно визначити місце виникнення помилки та швидко відновити експлуатаційну готовність. Багатоступенева характеристика відключення з ди-



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

намічним виявленням короткого замикання оптимізована для запуску різних навантажень.

Крім клемних блоків Clipline, захисні вимикачі PTCB можна комбінувати з блоками живлення 48 В постійного струму QUINT або Trio від Phoenix Contact, щоб створити надійну концепцію живлення 48 В постійного струму в цілому.

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

**ПОВНОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ БЕЗВЕНІЛЯТОРНИЙ ВБУДОВАНИЙ ПК ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОБОТОТЕХНІКИ**

Компанія **Advantech** представила ARK-2251, елегантний і повнофункціональний вбудований комп'ютер без вентилятора на базі процесорів Intel® Core™ i3/i5/i7 13-го покоління. Ця передова система забезпечує надійну обчислювальну потужність, оптимізоване опрацювання даних і аналітику в реальному часі, а також вирізняється наявністю 19+ входів/виходів, що спрощує під'єднання різноманітних датчиків і пристроїв. Ви також можете додати такі функції, як протокол польової шини, за допомогою 10+ модулів iDoor. ARK-2251 підтримує бездротові з'єднання з модулями Wi-Fi 6 і 5G через слот M.2, додаючи додатковий рівень безпеки та можливості віддаленого керування за допомогою опціональних модулів TPM 2.0 і програмного забезпечення DeviceOn.

Тонкий профіль, висота якого становить лише 2.13 дюйма, робить вбудований комп'ютер ARK-2251 ідеальним для різноманітних застосунків і середовищ,

як-от конвеєрні системи та автономні мобільні роботи (AMR).

ARK-2251, що працює на базі процесорів Intel® Core™ i3/i5/i7 13-го покоління для ефективної роботи використовує продуктивну гібридну архітектуру. Його тонкий безвентиляторний дизайн із низьким профілем в 2.13 дюйма ідеально підходить для промислових застосунків з обмеженим простором і підтримує широкий діапазон робочих температур. Завдяки наявності 19+ інтерфейсів вводу/виводу вбудований комп'ютер добре підходить для різних промислових потреб. Він також підтримує 10+ модулів iDoor, пропонуючи настроювані можливості розширення для конкретних вимог до інтеграції. Крім того, ARK-2251 оснащений додатковим модулем PoE, що забезпечує до 15 Вт на порт (LAN 2 і LAN 3), що спрощує живлення таких пристроїв, як освітлювальні прилади, точки доступу, камери відеоспостереження та інші пристрої IoT, які монтують на стіну або стелю, і які можуть не мати вільного доступу до розетки.

Оскільки кількість пристроїв IoT продовжує зростати, наявність бездротових можливостей вкрай важлива для оброблення та зберігання величезних обсягів даних, одержуваних від камер і датчиків на границі. ARK-2251 відповідає цим вимогам, надаючи інтерфейси Mini-PCIe і M.2, що підвищує гнучкість розгортання в мережі. Слот M.2 підтримує модулі Wi-Fi 6 і 5G, забезпечуючи надійний бездротовий зв'язок. Для підвищення безпеки та ефективності обробки даних ARK-2251 оснащений двома портами LAN 2,5GbE, що забезпечують пропускну здатність Wi-Fi 6E. Він також підтримує модулі

AMO-IO29 TPM 2.0, що підвищує рівень кібербезпеки для забезпечення конфіденційності та безпеки середовища. Крім того, в ARK-2251 інтегрована платформа DeviceOn, яка легко сумісна з Windows, Linux і Android OS. Ця платформа ефективно керує різними пристроями, як-от датчиками, лічильниками та GPS.

DeviceOn — це високоєфективна та стійка платформа, яку можна встановити як у локальній мережі, так і в хмарі, що дає змогу здійснювати дистанційне керування живленням, моніторинг системи, усунення несправностей і модернізацію пристроїв IoT з будь-якого місця та в будь-який час.

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

**ВИСОКОПРОДУКТИВНИ МІКРОКОНТРОЛЕРИ НА ARM-CORTEX-M4F**

Компанія **Geehy** представила серію мікроконтролерів на ядрі Arm-Cortex-M4F за 55-мм техпроцесом — APM32F411.

Працюючи на частоті до 120 МГц, мікроконтролери підтримують функції DSP і прискорені двома вбудованими DMA з 8 потоками даних кожен, а інтегрований модуль CRC32 додатково збільшує обчислювальні можливості. Дана серія мікроконтролерів оснащена флеш-пам'яттю 512 або 256 кбайт, 128 кбайт SRAM, а також підтримкою таких типів зовнішньої пам'яті, як CF, PSRAM, NORFlash і NANDFlash, що дасть змогу працювати з вимогливими застосунками.

Для оптимізації енергоспоживання передбачено три режими: сплячий, аварійного вимкнення та очікування.

Представлена серія мікроконтролерів розрахована на роботу в діапазоні напруг 1.7-3.6 В, підтримує режим скидання за увімкненого і вимкненого живлення, скидання в разі зниження напруги, а також оснащена програмованими вимірювачами напруги для забезпечення ефективного керування живленням. Завдяки високій стійкості до перешкод, здатності витримувати статичний заряд ±4000 В і функціонувати за температур -40...+105 °С, мікроконтролери серії APM32F411 здатні забезпечувати стабільну роботу пристроїв навіть за складних зовнішніх умов.

Мікроконтролери доступні в різних корпусах: LQFP48/64/100, а також QFN48.

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

**МІКРОКОНТРОЛЕРИ ARM CORTEX-M0+ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ**

Компанія **Geehy** оголосила про випуск серії мікроконтролерів, орієнтованих на застосування в пристроях електроприводу — APM32F035. Побудовані на ядрі Arm Cortex-M0+ 32-розрядні APM32F035 діють на частоті 72 МГц і мають інтегрований векторний обчислювач, що дає змогу ефективно опрацьовувати алгоритми керування електроприводом. Також поряд із 12-розрядним АЦП, комунікаційними протоколами SPI, UART, I<sup>2</sup>C і CAN у цих пристроях передбачено два програмовані аналогові компаратори (COMP), чотири операційні підсилювачі загального призначення (OP-Amp) і один температурний датчик. Мікроконтролери доступні в корпусах LQFP48 і LQFP32.

APM32F035 розраховані на роботу в температурному діапазоні -40...+105 °С і за напруг 2-3.6 В, підтримують режими перезавантаження в разі поданого та вимкненого живлення, сплячий режим, режим очікування й аварійного вимкнення, що дає змогу забезпечити гнучке та збалансоване енергоспоживання. Ці контролери мають функцію приймання інфрачервоного сигналу для здійснення віддаленого керування, оснащені годинником реального часу, 16-розрядним таймером із розширеними можливостями, двома 16-розрядними базовими таймерами, 32-розрядним таймером загального призначення, двома сторо-

**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



жовими таймерами і 24-розрядним SysTick.

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

## IPS TFT-ДИСПЛЕЙ ДЛЯ РОЗУМНОГО ДОМУ ТА СИСТЕМ БЕЗПЕКИ

На ринку IPS TFT-дисплеїв з'явилося нове рішення — 8-дюймовий дисплей виробництва компанії **Winstar**, що буде цікавий розробникам систем безпеки та розумних будинків, а також інших пристроїв, у яких необхідне портретне відображення інформації. Модель WF80GSYAUMNNO забезпечує чітке зображення, зберігаючи високу швидкість передачі даних при малому енергоспоживанні.

Дисплей має роздільну здатність 800×1280 пікселів при співвідношенні сторін 10:16, що дає змогу органічно вписувати екран у прилади з портретною орієнтацією. Він має широкі кути огляду по 85° і вирізняється гарною передачею кольору. Типове значення контрасту становить 1500:1, яскравість зображення досягає 1125 кд/м<sup>2</sup>.

Роботою WF80GSYAUMNNO керує вбудована мікросхема драйвера IC ILI9881C, який вирізняється високою швидкістю передачі даних за малого енергоспоживання. Типове значення напруги живлення дисплея — 3.3 В, діапазон — 3.0...3.6 В.

Дисплей зберігає працездатність за температури доквілля -20...70 °С, а діапазон зберігання перебуває в межах -30...80 °С.

Лінійка нових дисплеїв представлена трьома варіантами виконання. За замовчуванням тач-панель відсутня, проте є моделі і з сенсорними тач-панелями:

- WF80GSYAUMNG0# — емнісний дисплей
- WF80GSYAUMNT0# — резистивний.

Залежно від цього технічні характеристики дисплеїв мають незначні відмінності. Базова модель TFT-дисплея (без тач-панелі) має видиму область 115.74×184.93 мм при активній області 107.64×172.224 мм. Яскравість зображення цього дисплея досягає 1125 кд/м<sup>2</sup>, поверхня глянцева.

Модель WF80GSYAUMNG0# оснащена емнісною сенсорною

панеллю. Яскравість дисплея із сенсорним екраном становить до 900 кд/м<sup>2</sup>.

Використання резистивної сенсорної панелі, якою оснащена модель WF80GSYAUMNNO#, знижує максимальну яскравість дисплея до 750 кд/м<sup>2</sup>, однак при цьому він отримує антивідблискову поверхню. Усі інші параметри цього дисплея, зокрема його видимості та активної області, не відрізняються від базової версії WF80GSYAUMNNO.

Нові IPS TFT-дисплеї оснащені MIPI DSI-інтерфейсом і сумісні з різними форматами кодування даних, що істотно розширює сфери їх застосування. WF80GSYAUMNNO буде доречний як у сучасних моделях вендингових апаратів, так і в системах керування, відеоспостереження та безпеки, наприклад, у розумному будинку.

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

## НОВИЙ КОЛЬОРОВИЙ IPS-ДИСПЛЕЙ

Компанія **Winstar** представила новий якісний і надій-

ний 4.3-дюймовий дисплей WF43A2TWAEDNNO# для промислових застосувань.

Цей кольоровий IPS TFT-модуль з роздільною здатністю 480×272 пікселів підійде для різноманітних застосунків, як-от навігація, медичне обладнання, промислове керування та багато іншого.

WF43A2TWAEDNNO# має низку переваг перед іншими моделями. Він оснащений вбудованим IC-драйвером SC7283, який підтримує 24-біт RGB-інтерфейс. Це означає, що цей дисплей можна під'єднати до будь-якого мікроконтролера або процесора, який має такий самий інтерфейс, без необхідності використовувати додаткові плати або конвертери.

Дисплей має високу яскравість 600 кд/м<sup>2</sup> і контраст 800:1 (типове значення), що забезпечує чітке та яскраве зображення в будь-яких умовах освітлення.

WF43A2TWAEDNNO# має широкі кути огляду, що дає змогу дивитися на нього з будь-якого ракурсу без погіршення якості зображення:

- лівий кут: 80°;
- правий кут: 80°;



# Офіційний дистриб'ютор

**BETTER FUSE**  
You build electronics, We safeguard them!





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



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



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



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



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

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

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

- верх: 80°;
- низ: 80° (типове значення).

Найголовніша особливість — широкий діапазон робочих температур, який становить -40...+80 °С. Це дає змогу використовувати дисплей у найекстремальніших умовах, як-от холод або спека.

Температура зберігання також становить -40...+80 °С. Дисплей має матовий поляризатор і ландшафтний режим відображення зі співвідношенням сторін 16:9. Його можна легко підключити через плоский FPC-шлейф 40 пін.

WF43A2TWAEDNN0# має LED-підсвітку зі струмом 40 мА та напругою 18.6 В (типове значення), термін життя якої становить 50 000 годин, що гарантує довговічність і надійність дисплея.

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

### НОВЕ LTE-ONLY РІШЕННЯ

Компанія **SIMCom Wireless Solutions** анонсувала нове LTE-only рішення Cat.1 bis — A7683E. Слово «bis» у назві категорії перекладається з латинської як «знову», що означає оновлену версію стандартного LTE Cat.1. Даний стандарт є частиною 3GPP Rel.13, в якому було описано низку LPWA-технологій, націлених на IoT/M2M-пристрої — NB-IoT, Cat.M та Cat.1 bis. Спільним для них є використання простіших, і як наслідок, доступніших чіпсетів, з одним антенним трактом; підтримка різних режимів економії

енергії — PSM, eDRX (у випадку Cat.1bis, потрібна підтримка з боку мережі). З іншого боку, bis-рішення зберігають усі переваги LTE Cat.1: можливість роботи у «звичайних» мережах LTE, швидкості DL/UL до 10/5 Мбіт/с, а також затримки менше 100 мс.

A7683E виконаний у традиційному для виробника форм-факторі 15.7×17.6 мм з LCC-контактами, що робить його сумісним з іншими популярними рішеннями в лінійці: SIM800C (2G), SIM7022 (NB-IoT) і A7682E (LTE + 2G).

У модулі є велика кількість вбудованих стеків і протоколів, можливість виступати як NIC (RNDIS, PPP), підтримується одночасна робота з двома сім (DSDS), а також є можливість виконання користувацьких додатків (OpenSDK).

Не дивлячись на наявність лише однієї технології — LTE, дані модулі можуть знайти широке застосування для пристроїв в промислових і приватних LTE мережах (private LTE), а також в місцях з гарантованим покриттям. Компактні габарити, енергоощадні режими та швидке передавання даних роблять їх оптимальним рішенням для пристроїв моніторингу, зокрема на батарейному живленні, передавання відео, пристроїв збирання даних, промислової автоматизації та приладів обліку.

A7683E є продовженням популярної лінійки модулів A-серії, які містять модулі з найпопулярнішим поєднанням технологій і можливостей:

- A7682E — компактний LTE Cat.1 + 2G модуль у форм-факторі 19.6×19.6 мм. Основне рішення при міграції з 2G модулів, зокрема, SIM800C (pin2pin). Є підтримка DSDS і OpenSDK.
- A7672E — модуль LTE Cat.1 + 2G у форм-факторі 24×24 мм. Є спеціальна версія з підтримкою 450 МГц (B31), скануванням WiFi, а також Bluetooth Low Energy і вбудованим навігаційним приймачем, а також можливістю працювати повсюду світу. Усі версії підтримують DSDS і OpenSDK. Має спільне посадкове місце з модулями SIM800, SIM800F (2G), SIM7070G (NB-IoT).
- A7602E-H — модуль із підтримкою всіх технологій LTE Cat.4 + 3G + 2G у корпусі 30×30 мм. LTE Cat.4 означає можливість обміну з мережею на швидкостях до 150/50 Mbps (DL/UL). Серед інших відмінних рис є наступні: корпус LCC, опціональний вбудований навігаційний приймач, наявність тонального модема (актуально для УБЕОС/ЕРА), а також версії на базі OpenWRT з можливістю виконання коду користувача і використанням WiFi/Ethernet.

Усі зазначені рішення є найбільш доступними у своєму класі, поєднуючи це з великою кількістю функцій і підтримкою актуальних технологій.

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

### ЗАХИСТ ПРЕМІАЛЬНИХ ТОВАРИВ

Мережа супермаркетів Morsions у Великій Британії встановила мобільну систему виявлення вторгнень — Safer Pods S1 з системою Ajax. Елементи системи розмістили між рядами супермаркету. Вони створюють додаткову візуальну присутність системи безпеки та відіграють роль стримуючого фактора, якщо поблизу знаходиться підозрюваний у крадіжці.

Крадіжки у сфері роздрібною торгівлі є актуальною проблемою у Великій Британії. Тож мережа тестує рішення Safer Pod S1 задля подальшого використання в інших магазинах.

Систему виявлення Safer Pods S1 розмістили у секціях з дороговартісними товарами, щоб запобігти крадіжці дорогих алкогольних напоїв. Рішення обладнані системою Ajax: сиреною StreetSiren Jeweller та датчиками з фотокамерою MotionCam Outdoor. Вони контролюють 30-метрову площу на 360°.

Перевага мобільного Safer Pods S1 з системою Ajax полягає у розгортанні в потрібному місці за короткий проміжок часу та керуванні пристроєм через мобільний додаток.

Хоча водночас у відвідувачів супермаркетів поява цих станцій викликала невдоволення. Люди почали відчувати себе злочинцями і через це назвали пристрій «робокотом».

[www.ajax.systems](http://www.ajax.systems)

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

Мікродіс Електронікс ГмбХ — офіційний дистриб'ютор u-blox та Fischer Connectors в Україні



**Роман Прокопець**  
Менеджер з продажу

Microdis Electronics GmbH  
Rheinauer Straße 1  
68766 Hockenheim  
Germany

М +380 67 475 81 86  
[Roman.Prokopets@microdis.net](mailto:Roman.Prokopets@microdis.net)

**u-blox**

**fischer**  
CONNECTORS



# Вакансія **Purchasing Manager**

Для створення найкращих пристроїв  
безпеки та автоматизації

Ajax Systems шукає **Purchasing Manager** електронних компонентів та обладнання для створення найкращих пристроїв безпеки та автоматизації.

Ставши частиною команди Supply Chain, ви будете займатись пошуком та закупівлею компонентів та товарів, а саме друкованих плат, електронних компонентів, корпусних деталей, «кастомних» елементів для прототипів і партійних пристроїв.

Долучайся, щоб зробити Made in Ukraine синонімом надійності.

Ajax Systems — це міжнародна технологічна компанія, найбільший в Європі розробник і виробник систем безпеки Ajax із можливостями розумного дому. Це ціла екосистема зі 135 пристроїв, мобільних і десктопних застосунків, серверної інфраструктури. Кожного року ми демонструємо кратне зростання як у чисельності команди, так і в кількості користувачів у всьому світі. Наразі в компанії більше 3 000 працівників. А датчики Ajax охороняють 2,5 млн користувачів у більш ніж 169 країнах світу.



Якщо ви маєте технічну освіту, досвід проектного управління і роботи з електронною компонентною базою, а також знання ринку, англійської мови та бізнес-процесів закупівель, чекаємо на ваші заявки за посиланням:

[https://bit.ly/Ajax\\_chipnews](https://bit.ly/Ajax_chipnews)



# Duelund Coherent Audio: спадщина звукової досконалості

**Панфьоров Олексій, інженер, «Філул Електрик, лтд»**  
E-mail: panfiorov@filur.net

**У статті йде мова про продукцію данської компанії Duelund Coherent Audio, чия пристрасть до звукової досконалості та незмінне прагнення до якості визначають її філософію. Маючи за плечима десятиліття досвіду, компанія стала піонером у сфері виробництва аудіокомпонентів преміум-класу. Відданість інноваціям і майстерність в створенні неперевершених звукових вражень вирізняє компанію Duelund Coherent Audio у світі меломанів.**

## ПРАГНЕННЯ ДО ЗВУКОВОЇ АВТЕНТИЧНОСТІ

У компанії Duelund Coherent Audio вірять, що звук виходить за рамки простої вібрації — це мистецтво, яке резонує з душею. І тому філософія компанії виходить за рамки технічних аспектів; вона полягає в тому, щоб зануритися в артистизм відтворення звуку і вловити суть музики в кожній ноті.

Безкомпромісна майстерність — це душа підходу до виготовлення кожного продукту Duelund Coherent Audio, що втілюється в її відданості до точності та якості. Від конденсаторів до кабелів, від катушок індуктивності до резисторів, кожен компонент виготовляється за найвищими стандартами, що відображає не лише бездоганну продуктивність, але й пристрасть, з якою він створюється.

Компанія знаходиться в авангарді інновацій, постійно розширюючи межі у відтворенні звуку. Співпраця з такими лідерами індустрії, як Siemens і Balanced Audio Technologies, підкреслює прагнення компанії Duelund Coherent Audio переосмислити поняття досконалості звуку. Новаторська технологія виготовлення конденсаторів та кабелів, які передають звук з неперевершеною чистотою, демонструють її відданість інноваціям, що знаходять відгук у серцях меломанів по всьому світу.

Центральне місце в створенні філософії компанії Duelund Coherent Audio займають ідеї її візіонера, ідейного вдохновителя та засновника Стіна Аа. Дуелунда (Steen Aa. Duelund). Пристрасть і відданість Стіна зіграли важливу роль у формуванні ідентичності Duelund Coherent Audio. Його невпинне

прагнення до досконалості продовжує надихати компанію розширювати межі і створювати аудіокомпоненти, які перевершують очікування.

Прагнення до досконалості Duelund Coherent Audio досягло нових висот з придбанням виробничої лінії Jensen Saracitor. Ця подія зміцнила позиції компанії як єдиного західноєвропейського виробника паперових масляних конденсаторів. Це досягнення не тільки відображає прихильність компанії до інновацій, але й відданість збереженню та розвитку спадщини високоякісних аудіокомпонентів.

Для Duelund Coherent Audio ваша аудіоподорож — це справжня місія компанії. В Duelund Coherent Audio розуміють, що музика — це емоційний досвід, і їхні продукти створені для того, щоб передати її справжню суть. Від теплих об'ємів кабелів Cotton in Oil до бездоганної чистоти кабелів Silver Silk in Oil, компанія гарантує, що ваш аудіодосвід буде автентичним, насиченим і захоплюючим.

Duelund Coherent Audio — це більше, ніж бренд; це спільнота пристрасних меломанів, об'єднаних любов'ю до музики та прагненням до звукової досконалості. Приєднуйтеся, щоб стати частиною цієї подорожі. Відчуйте звук за межею можливого з Duelund Coherent Audio. Запрошую вас дослідити світ аудіопродуктів компанії Duelund Coherent Audio (рис. 1), що переосмислюють межі звукової досконалості.

## КОНДЕНСАТОРИ

Пориньте у світ неперевершеного чистого звуку з винятковими конденсаторами виробництва компанії Duelund Coherent Audio (рис. 2). Виготовлені з особливою увагою до деталей і з використанням найкращих матеріалів, вони забезпечують звук, що характеризується



**Рис. 1. Різноманітність асортименту продуктів компанії Duelund Coherent Audio**



**Рис. 2. Конденсатор виробництва Duelund Coherent Audio**

винятковою чіткістю, роздільною здатністю і тональним балансом.

Як довірений OEM-виробник паперу Siemens для виробництва масляних конденсаторів, Duelund Coherent Audio пропонує конденсатори, відомі своєю звуковою чистотою та неперевершеною надійністю.

А результатом співпраці з компанією Balanced Audio Technologies стали гібридні конденсатори Poly/Silver Hybrid, в яких без особливих зусиль поєднуються традиції та інновації. Поєднання поліпропілену і срібла створює захоплююче музичне звучання, яке знаходить відгук у серцях меломанів по всьому світу.

Спочатку конденсатори Duelund були засновані на революційному принципі Virtual Stack Foil, який був винайдений геніальним аудіоінженером і новатором з Данії Стіном Дуелундом (Steen Duelund). Цей принцип передбачає намотування тонких металевих стрічок фольги в точному і симетричному порядку, створюючи конденсатор з мінімальними втратами, спотвореннями та мікрофонією. З моменту придбання виробничої лінії Jensen Capacitors у 2019 році Duelund Coherent Audio пропонує безліч форм-факторів.

Конструкція конденсаторів побудована на основі принципів дизайну Steen Duelund, але з додаванням власного діелектрика WPIO, який потребує кількадеденного просочення під високим тиском. Це створює форму з неймовірними демпфуючими властивостями, що забезпечує нечувану досі механічну стабільність. На додаток до цього процесу лиття, кільце з твердого паперу посилює демпфуючі властивості конструкції, допомагаючи музиці звучати без особливих зусиль. Конденсатор Duelund CAST доступний для використання в акустичних системах, а в моделі CAST 630v для застосування в системах постійного струму з міркувань розміру він має циліндричну форму.

Компанія пропонує ряд конденсаторів, що відповідають різним потребам та уподобанням. Топова серія CAST має чисту металеву фольгу з міді, лудженої

міді або срібла з просоченням WPIO, що покращує звукові характеристики і довговічність. Серія JDM використовує алюмінієву, мідну, луджену мідь або срібну фольгу з просоченням WPIO, що забезпечує плавне і приємне звучання. У серії CAST PP використовується металізована поліпропіленова фольга з можливістю обмотки з чистої срібної фольги, що забезпечує високу ефективність і якість.

Конденсатори Duelund підходять для різних аудіозастосувань, таких як аудіокросовери (мережі кросоверів), міжкласадні конденсатори, шунтування і фільтрація. Їх можна використовувати в динаміках, підсилювачах, передпідсилювачах, ЦАПх, програвачах компакт-дисків тощо. Також вони можуть покращити чіткість, динаміку, чистоту звучання, тональність і реалістичність вашої аудіосистеми.

Конденсатори виробництва компанії Duelund Coherent Audio високо цінуються меломанами, музикантами та професіоналами по всьому світу за їхні виняткові характеристики та майстерність. Вони отримали схвальні відгуки від журналів, веб-сайтів і блогів в аудіоіндустрії. Вони також отримали нагороди та відзнаки від престижних організацій та виставок.

## КАБЕЛІ

**В**ідкрийте для себе новий вимір передачі звуку з ретельно розробленими кабелями Duelund Coherent Audio. Кожен кабель розроблено так, щоб мінімізувати завади та забезпечити чисту, захоплюючу звукову атмосферу, яка точно передає суть оригінального запису.

### Аудіокабелі Silver Silk in Oil

Пориньте у світ звукової чистоти з кабелями Silver Silk in Oil (рис. 3). Ці кабелі мають провідники з найчистішого срібла, укладені в масляну ізоляцію, що забезпечує оптимальну цілісність сигналу і мінімальні завади для неперевершеного враження від прослуховування.

Аудіокабелі Duelund Silver Silk in Oil втілюють гармонійне поєднання майстерності та науки. Завдяки геніальному поєднанню срібних провідників, шовкового діелектрика та масляної ізоляції, ці дроти переосмислюють можливості передачі звуку. Результат? Звуковий шедевр, який переносить вас ближче до серця музики, розкриваючи шари деталей та емоцій, які раніше були приховані.

Кожен дріт Duelund Silver Silk in Oil ретельно виготовляється вручну, дово-



**Рис. 3. Кабель Silver Silk in Oil**

дючи його до досконалості. Використання срібла, відомого своєю винятковою провідністю, забезпечує мінімальні втрати і спотворення сигналу. Шовковий діелектрик з його чудовими ізоляційними властивостями мінімізує завади, додаючи нотку елегантності. Потім дроти занурюються в масло, створюючи унікальне середовище, яке ще більше підвищує цілісність і чистоту сигналу.

Поєднання срібла, шовку та олії підносить ваш аудіодосвід до царства звукової чистоти, що перевершує всі очікування. З кабелями Duelund Silver Silk in Oil тембр інструментів оживає, вокал резонує з безпрецедентною чистотою, а просторові відтінки переносять вас у саме серце запису. Відкрийте для себе улюблені треки з автентичним звучанням, яке переосмислює те, що означає по-справжньому слухати.

Duelund розуміє, що немає двох однакових аудіосистем. Саме тому лінійка Silver Silk in Oil пропонує безліч варіантів, від акустичних кабелів до міжблокових з'єднань, кожен з яких розроблений для задоволення ваших конкретних потреб. Виберіть довжину та конфігурацію, які відповідають вашим потребам, і переконайтеся, що ці кабелі легко інтегруються у вашу систему, розкриваючи її повний потенціал.

Ви готові підняти свій аудіодосвід на абсолютно новий рівень? Пориньте у світ аудіокабелів Duelund Silver Silk in Oil і відкрийте для себе справжній потенціал вашої аудіосистеми. Кожен кабель є свідченням відданості майстрів, які розуміють тонкий танець між технологією та мистецтвом. Відчуєте музику такою, якою вона має бути почута — з емоціями, точністю та невідомою красою.

### Аудіокабелі Duelund Tinned Copper Cotton in Oil Cables

Відчуєте теплоту і характер, як ніхто інший, завдяки винятковим кабелям Cotton in Oil Cables (кабелям з лудженої міді з бавовняною промасляною ізоляцією) (рис. 4). Ці кабелі поєднують унікальні властивості бавовняної діелектрика з масляною ізоляцією



**Рис. 4. Кабель Duelund Tinned Copper Cotton in Oil**

для створення багатого, яскравого музичного звучання, що зачаровує слух. Якщо ви справжній аудіофіл, який прагне вдосконалити свою аудіосистему та розкрити позачасовий вінтажний тон, вам потрібні саме вони. Ці кабелі спеціально розроблені, щоб забезпечити неперевершену якість звуку та наблизити вас до омріяної аудіонірвани.

В основі кабелів Duelund Tinned Copper Cotton in Oil лежить натхнення, почерпнуте з детальних досліджень Джеффа Дея, відомого експерта в галузі аудіокомпонентів преміум-класу. Невпинне прагнення Джеффа Дея до вінтажних звукових якостей, які резонують з прагненнями меломанів по всьому світу, проклало шлях до розробки цих кабелів. Вивчаючи та аналізуючи характеристики, які роблять вінтажні аудіокомпоненти такими бажаними, Джефф Дей направив компанію Duelund на створення кабелів, що передають суть тієї золотої епохи звуку.

Доступні моделі:

- **DCA26GA.** Ця модель створена для передачі найтонших звукових нюансів завдяки провідникам з луженої міді 26-го калібру. Пориньте в багате тепло і яскраві тони, які може забезпечити тільки Duelund.
- **DCA20GA.** Завдяки провідникам з луженої міді 20-го калібру, цей пристрій досягає ідеального балансу між точністю і музичністю. Відчуйте складні деталі вашого звуку з ноткою ностальгії.
- **DCA16GA.** Пориньте у світ вінтажної аудіоаутентичності з 16-дюймовими луженими мідними провідниками. Дозвольте вашій музиці ожити, насолоджуючись чудовими гармоніками і природним резонансом.
- **DCA12GA.** Для тих, кому потрібне надійне вінтажне звучання, лужені мідні провідники 12-го калібру цієї моделі забезпечують потужність і витонченість. Підніміть свою аудіосистему на нові висоти звукової досконалості.

- **DCA10GA.** Насолоджуйтеся повнотою і глибиною звуку, яку можуть забезпечити лише лужені мідні провідники 10-го калібру. Нехай кожна нота резонує з захоплюючим реалізмом.

#### Чому саме Duelund Tinned Copper Cotton in Oil Cables?

- **Неперевершена якість звуку.** Кабелі спеціально розроблені, щоб забезпечити неперевершену якість звуку. Мідні лужені дроти в поєднанні з бавовняним діелектриком створюють ностальгійний і водночас позачасовий звуковий почерк.
- **Вінтажна автентичність.** Натхненні золотим віком аудіо, кабелі втілюють вінтажну автентичність, якої прагнуть аудіофіли. Кожна модель інкапсулює суть вінтажного звучання, зберігаючи при цьому сучасну надійність.
- **Затверджено Джеффом Деєм.** Ці кабелі є результатом синергії досліджень Джеффа Дея та інженерного досвіду Duelund. Насолоджуйтеся якістю звуку, схваленою одним з найавторитетніших представників індустрії.
- **Прецизійна майстерність.** Кожен продукт Duelund виготовляється з точністю і увагою до деталей. Від вибору матеріалів до виробничого процесу, ми гарантуємо, що ви отримаєте продукт найвищої якості.

З кабелями Duelund Silver Silk in Oil та Cotton in Oil ви поринете у царство неперевершеного звучання з бездоганною вишуканістю. Створені з особливою увагою до деталей і пристрасно до звукової досконалості, ці кабелі переосмислюють стандарти передачі звуку. Пориньте у світ, де звук не просто відтворюється, а підноситься до рівня мистецтва.

Незалежно від того, шукаєте ви первозданну чистоту кабелів Silver Silk in Oil чи привабливість кабелів Cotton in Oil, Duelund запрошує вас дослідити новий вимір автентичності звуку. Підніміть свій слуховий досвід за допомогою кабелів, які втілюють майстерність, інженерні розробки та незмінну прихильність до звукової досконалості.

#### КОТУШКИ ІНДУКТИВНОСТІ

Прецизійно виготовлені котушки індуктивності компанії Duelund Coherent Audio (рис. 5) призначені для покращення динаміки, деталізації та когерентності вашої аудіосистеми.



**Рис. 5. Котушка індуктивності Duelund Coherent Audio**

Розкрийте найтонші нюанси музики та покращіть свої враження від прослуховування за допомогою котушок індуктивності Duelund, що засновані на інноваційному та революційному підході Стіна Дуелунда до аудіокомпонентів, який робить всі попередні спроби створення аудіоконденсаторів та котушок індуктивності застарілими.

Котушки індуктивності Duelund — це високоякісні котушки з повітряним осердям, які використовуються в аудіокросоверах, фільтрах або в електронних пристроях. Вони складаються з чистих металевих стрічок з фольги, які намотуються на пресовану паперову основу, при цьому стрічки ізолюються вощеним/промасленим папером. Котушки індуктивності повністю просочуються у вакуумі під високим тиском з використанням запатентованого діелектрика WPIU, який покращує електричні та механічні властивості котушки.

Котушки індуктивності Duelund бувають двох типів: котушки CAST у корпусі та безкорпусні котушки JDM. В обох котушках як провідник використовується мідна або срібна фольга.

Котушки індуктивності Duelund мають багато переваг у порівнянні зі звичайними котушками, а саме:

- **Вища якість звуку.** Котушки індуктивності Duelund мають дуже низький опір, низьку індуктивність і низький рівень спотворень, що означає, що вони можуть забезпечити чистий, природний і динамічний звук з мінімальними втратами або завадами.
- **Зменшена мікрофонія.** Котушки індуктивності Duelund мають дуже високу механічну стабільність і демпфування, що означає, що вони можуть протистояти вібраціям і шумам, які можуть вплинути на якість звуку.
- **Довговічність.** Котушки індуктивності Duelund мають дуже високу термічну стабільність і надійність, що означає, що вони можуть витримувати високі температури і струми без деградації або виходу з ладу.



- **Унікальний дизайн.** Котушки індуктивності Duelund мають особливий зовнішній вигляд, який відображає їхню унікальність та якість. Вони також виготовляються вручну і проходять індивідуальні випробування, щоб забезпечити їх стабільність і точність.

Котушки індуктивності Duelund унікальні тим, що вони є єдиними на сьогоднішні котушками індуктивності з повітряним осердям з мідної та срібної фольги, які мають вакуумне просочення WPIO. Вони є результатом десятиліть досліджень і розробок Стіна Дуелунда та його команди в Duelund Coherent Audio. Вони являють собою вершину аудіотехніки та дизайну і не мають собі рівних серед інших продуктів на ринку.

## РОЗ'ЄМИ RCA

Відчуйте бездоганну передачу сигналу з високоточними штекерами RCA. Розроблені для оптимізації звучання, штекери RCA виробництва компанії Duelund Coherent Audio гарантують, що кожен нюанс вашої музики буде точно передано, і ви отримаєте захоплюючий ефект від прослуховування. Створені для меломанів та ентузіастів музики, які вимагають лише найкращого, штекери Duelund RCA є свідченням точного інжинірингу та безкомпромисної уваги до деталей.

Роз'єми Duelund RCA відомі своїми винятковими характеристиками та естетичною елегантністю. Виготовлені з особливою майстерністю, ці роз'єми доступні в двох вишуканих покриттях:

- **Золоте/коричневе паперове покриття.** Золотисто-коричневе паперове покриття не лише додає вишуканості вашій аудіосистемі, але й слугує візуальним індикатором чудової майстерності виготовлення (рис. 6). Теплі відтінки коричневого, доповнені мерехтливими золотими акцентами, створюють візуальну гармонію, яка відображає якість звуку, що вони забезпечують.
- **Оздоблення з родію/чорного паперу.** Для тих, хто віддає перевагу витонченому та сучасному естетичному вигляду, ідеальним вибором стане покриття з родієвого/чорного паперу (рис. 7). Контрастні тони чорного і родію випромінюють сучасну елегантність, водночас забезпечуючи чудову передачу сигналу для захопливого прослуховування звуку.

Штекери Duelund RCA пропонують ексклюзивну опцію для вибагливих меломанів — повністю паперові версії. Ці версії виключають будь-який пластик зсереди штекера RCA, гарантуючи, що ваш аудіосигнал залишається незаплямованим і чистим. Мінімізуючи використання пластику, штекери Duelund RCA стають на крок ближче до досягнення аудіодосконалості, дозволяючи вам відчувати музику так, як її задумали виконавці.

Обираючи повністю паперові версії, ви не просто оновлюєте своє обладнання — ви вирушаєте в подорож, щоб відчувати музику в її найавтентичнішій формі. Кожна нота, кожен нюанс і кожна емоція оживають, коли ви занурюєтесь у звукове царство, незаймане жодними завадами. З повними паперовими версіями Duelund ви не просто слухаєте, ви доторкаєтесь до справжньої суті звуку.

Ключові особливості:

- **Точна інженерія.** Кожен штекер Duelund RCA виготовлено з високою точністю, що забезпечує оптимальний контакт і мінімальні втрати сигналу для неперевершеного досвіду прослуховування.
- **Вибір оздоблення.** Якщо ви віддаєте перевагу класичній елегантності золотого/коричневого паперу або сучасній привабливості родієвого/чорного паперу, Duelund пропонує покриття, які задовольняють різноманітні естетичні вподобання.
- **Повністю паперові версії.** Підніміть рівень вашого аудіоустаткування за допомогою повністю паперових версій, розроблених для усунення пластику і збереження цілісності вашого аудіосигналу.
- **Довговічність.** Створені надовго, штекери Duelund RCA виготовлені з високоякісних матеріалів, які гарантують довговічність і надійність.
- **Легка установка.** Встановлення штекерів Duelund RCA — це легка справа, що дозволить вам без особливих зусиль оновити вашу аудіосистему.

## РЕЗИСТОРИ

Резистори преміум-класу виробництва компанії Duelund Coherent Audio, де точність поєднується з інноваціями, спеціально розроблені, щоб покращити ваші аудіосистеми, забезпечуючи неперевершену якість звуку та продуктивність. Ці резистори дають змогу налаштувати звук до досконалості, додаючи додатковий рівень персоналізації до вашої аудіоподорожі.



Рис. 6. Штекери RCA з золотим/коричневим паперовим покриттям



Рис. 7. Штекери RCA з оздобленням з родію/чорного паперу

тувати звук до досконалості, додаючи додатковий рівень персоналізації до вашої аудіоподорожі.

Характерною особливістю резисторів Duelund є їх негативний температурний коефіцієнт. Ця особлива властивість, передбачена засновником компанії Стіном Дуелундом, надає унікальну перевагу, яка підвищує продуктивність вашої аудіосистеми. Завдяки від'ємному температурному коефіцієнту опір резисторів зменшується при підвищенні температури. Цей ефект скрупульозно відкалібрований, щоб зрівноважити зростаючий імпеданс звукової котушки динаміка, гарантуючи, що ваш аудіосигнал залишається неспотвореним і чистим, навіть в умовах мінливої температури.

## Серія CAST Level

Компанія Duelund усвідомлює, що досягнення ідеального звучання вимагає особливої уваги до деталей. Тому з гордістю представляє серію CAST (графіт з виводами з лудженої міді) — революційну лінійку резисторів, що втілює відданість безкомпромисній якості (рис. 8). Ці резистори виготовлені з використанням високоякісних матеріалів, прецизійних технологій та ремісничої майстерності. Серія CAST Level гарантує не лише виняткову звукову точність, але й зачарує своїм вишуканим дизайном.

Досі резистор вважався необхідним злом, чимось, що було потрібно з необхідності, але зневажалось за його негативний вплив на точність сигналу.



Рис. 8. Резистор Duelund Coherent Audio серії CAST



Рис. 9. Резистори Duelund Coherent Audio серії Reference

Ситуація змінилася з появою когерентних аудіорезисторів Duelund. При розробці цих компонентів було поставлено завдання, щоб звукова котушка динаміка і резистор розглядалися як єдине ціле, а не як два окремих об'єкти. Результатом став резистор, який, здається, не має власного звуку, що дозволяє динамікам працювати з максимальною віддачею. Процес Duelund CAST, застосований до резистора найвищого класу, робить його надзвичайним компонентом, що не має аналогів.

На «скромну» думку компанії Duelund Coherent Audio, її резистори — це найкращий апгрейд за доступну ціну. Просто замініть звичайні резистори на резистори Duelund Coherent Audio для отримання неперевершеної чистоти і динамічності звучання.

### Серія Reference

Для шанувальників, які вимагають лише найкращого, компанія пропонує серію Reference (рис. 9), яку з любов'ю назвали «Jeffistors» на честь Джеффа Дея, ікони аудіодосконалості. Серія Reference втілює в собі вершину інновацій та досвіду компанії Duelund Coherent Audio, бездоганно поєднуючи високоякісні матеріали та найсучасніші методи виробництва для створення резисторів, які встановлюють нові стандарти в аудіодосконалості.

### Чому варто обрати резистори Duelund?

- **Незмінна якість.** Кожен резистор Duelund втілює незмінну відданість якості. Вони точно виготовлені та суворо протестовані, і тому забезпечують стабільну і надійну роботу.
- **Звукова чистота.** Точна інженерія і негативний температурний коефі-

цієнт резисторів сприяють збереженню цілісності вашого аудіосигналу, дозволяючи відчутти музику в її найчистішому вигляді, як її задумав виконавець.

- **Майстерність.** Компанія поєднує перевірену часом майстерність з найсучаснішими технологіями, в результаті чого створює резистори, які є не лише функціонально винятковими, але й візуально привабливими.
- **Інновації.** Серії CAST Level Series та Reference Series є свідченням інновацій та досвіду, що спеціально розроблені для задоволення потреб всіх любителів музики.

Незалежно від того, чи ви є палким аудіофілом, віртуозом музичного виробництва або ентузіастом, який прагне чудової якості звуку, резистори Duelund запрошують вас у світ неперевершених звукових характеристик. Вивчіть асортимент резисторів, познайомтеся з серіями CAST Level і Reference та відчуйте трансформаційний потенціал прецизійних аудіокомпонентів!

**Більш детальну інформацію можна отримати, звернувшись в «Фігур Електрик, ЛТД»:**

**02100, м. Київ,  
вул. Гетьмана П. Полуботка,  
22/14, 1-й пов.,  
тел.: +38 (044) 495-75-75,  
+38 (068) 496-75-75,  
e-mail: office@filur.net,  
www.filur.net**

Література:

1. <https://www.duelundaudio.com>
2. <http://www.humblehomemadehifi.com/Cap.html>
3. <https://www.audiophiles.eu/>

## ПІОНЕР АУДІОІННОВАЦІЙ

**Стін Аа. Дуелунд (Steen Aa. Duelund)** — данський математик і дизайнер аудіопродукції. Дуелунд був відомий своєю неприязню до пластику в аудіокомпонентах і виступав за використання натуральних матеріалів, таких як срібло, шовк і льняна олія.

Стін Аа. Дуелунд за свою кар'єру залишив незабутній слід у світі аудіо завдяки своєму новаторському внеску в дизайн і технологію гучномовців. У 1970-х роках Стін Аа. Дуелунд увірвався на датську музичну сцену зі своїми революційними саморобними конструкціями рупорів для повнодіапазонних динаміків. Його інноваційний підхід привернув широку увагу і викликав захоплення, що вивело його на передові позиції в аудіоспільноті. Конструкції Дуелунда не лише демонстрували його технічну майстерність, але й підкреслювали його пристрасність до розширення меж можливого у відтворенні звуку.

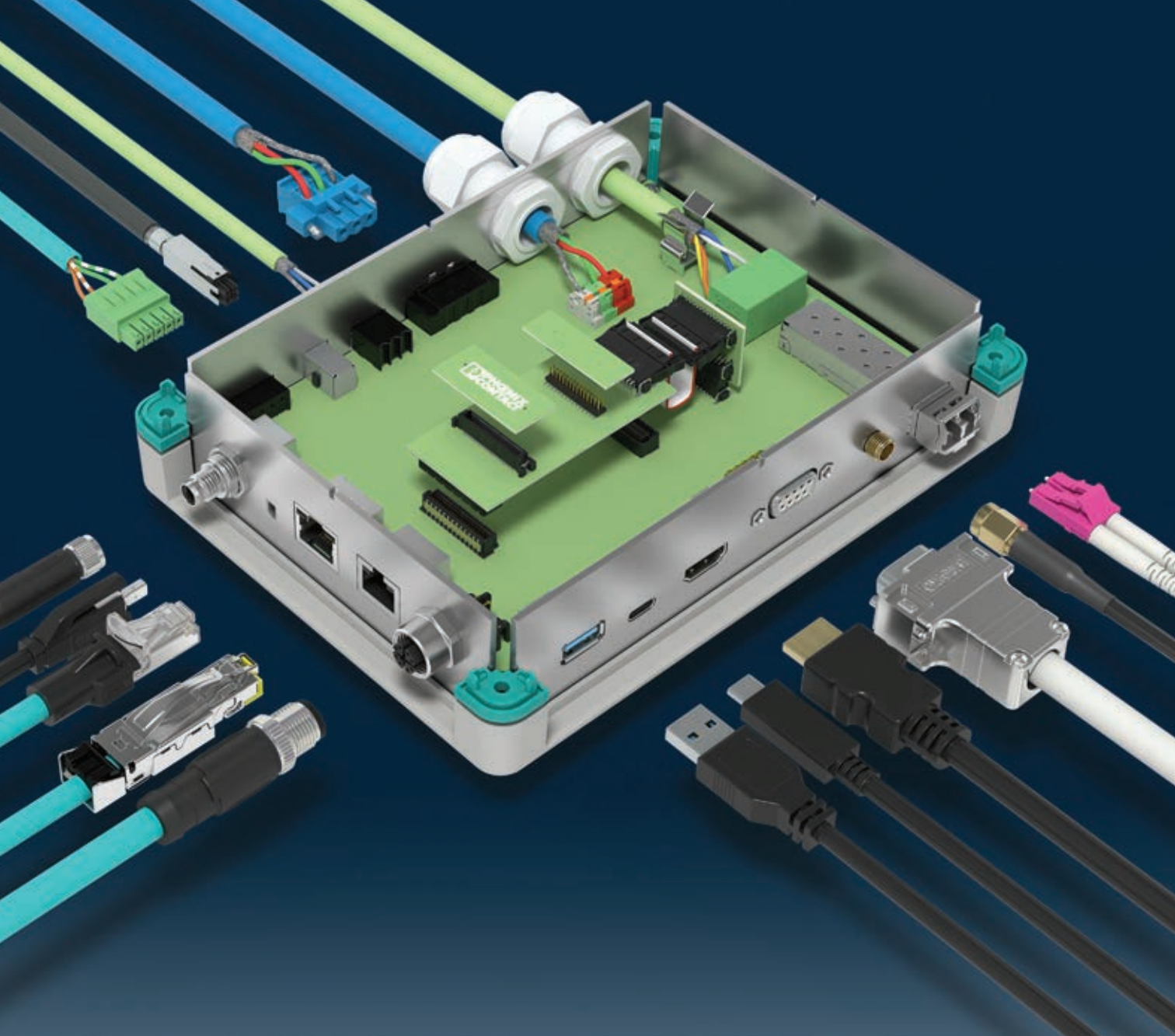
Дуелунд зробив свої теоретичні дослідження та практичні застосування вільно доступними для всіх, хто мав необхідні навички та сміливість, щоб взятися за таку справу.

Серед численних досягнень Дуелунда — створення математичної основи синхронного кросовера *Duelund Synchronous Crossover*, який є вершиною його роботи. Цей кросовер забезпечив безпрецедентний рівень точності та когерентності розподілу аудіосигналу. Його новаторська функція забезпечила рівномірний зсув фаз для всіх динаміків на всіх частотах, в результаті чого була створена надзвичайно природна і реалістична звукова картина, яка не мала аналогів на той час.

Революційні теорії Дуелунда про постійну фазу в кросоверних мережах можна підсумувати одним твердженням: «Всі драйвери повинні бути в фазі в будь-який час на всіх частотах».

Слід зазначити, що життєвий шлях Стіна Аа. Дуелунда у світі аудіоінженерії є свідченням його непохитної відданості інноваціям та досконалості. Його саморобні конструкції рупорів, робота над підвісом на шовковій нитці, новаторський дизайн кросоверів і співпраця з гігантами індустрії залишили глибокий слід в аудіоспівтоваристві. Відзначаючи весь доробок Дуелунда, слід вшанувати його як справжнього першопрохідця, чия спадщина продовжує формувати наше сприйняття досконалого звуку.





# З'єднувачі для передачі даних

**Надійні вироби для стабільної передачі даних**

Незалежно від того, чи йдеться про промисловий Ethernet, оптоволоконну технологію чи 5G – компанія Phoenix Contact пропонує для ваших систем відповідні з'єднання на пристрої та в полі.

Детальніше: <https://phoe.co/ua-leading-data-connectivity>



# Осердя з порошкових матеріалів

Артем Терейковський, директор, ТОВ «НВП АСТЕРА»

E-mail: ferrite@ukr.net

**Ідеальних магнітно-м'яких матеріалів не існує. Будь-який комерційний, тобто серійно вироблений матеріал, являє собою результат певних компромісів між механічними, електричними та магнітними характеристиками продукту. При використанні дорогої сировини, наприклад, нікелю, та/або витратних технологій виробництва, відносна вартість магнітно-м'яких порошкових матеріалів (МПМ) також має значення. Тому під час розроблення нових і модернізації традиційних МПМ потрібно враховувати всі аспекти їхнього подальшого застосування та визначити пріоритетні параметри МПМ.**

Згідно з [21], у 2021 році обсяг світових продажів нових електромобілів склав приблизно 4.5 мільйона одиниць, а кількість проданих персональних комп'ютерів досягла значної величини — 340 мільйонів штук. На зміну мобільним телефонам попередніх поколінь прийшли смартфони з підтримкою стандарту 5G, кількість індуктивних елементів у яких значно збільшилася. Більшість зарядних пристроїв смартфонів мають режим швидкого заряджання, тому мають забезпечувати значні зарядні струми за малих габаритів і високого ККД. Навіть незначне зниження втрат у дроселях і трансформаторах, які застосовуються в цих виробках, може дати колосальну економію енергії у світовому масштабі.

Мініатюризація РЕА, зниження напруг живлення і підвищення робочих частот імпульсних джерел живлення (ІДЖ) вимагає від дроселів здатності працювати за значних струмів підмагнічування на частотах до одиниць мегагерц.

Нині дослідження в галузі МПМ проводять за двома основними напрямками:

- створення спеціалізованих матеріалів, орієнтованих на певні застосування [22–24];
- розробка інноваційних діелектриків, що істотно знижують втрати в МПМ на високих частотах [25,26].

## ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ МПМ

Як було сказано вище, для підвищення ефективності дроселя матеріал осердя повинен мати високу проникність  $\mu$ , високу індукцію насичення  $B_s$ , низьку коерцитивну силу  $H_c$  і великий питомий опір  $\rho$ . Високі значення проникності та індукції насичення дають змогу зменшити розмір осердя і кількість дроту для обмотування. Для дроселів, що працюють

за високих температур, також важлива температура Кюрі матеріалу ( $T_c$ ).

На рисунку 8 зображено петлю гістерезису магнітного матеріалу, отриману під час впливу статичного і динамічного магнітних полів. Зі збільшенням частоти форма петлі наближається до еліпса, а її площа збільшується. Як правило, значення  $B_s$ ,  $H_c$ ,  $\rho$  і  $T_c$  вимірюються в статичному магнітному полі.

Коерцитивна сила і проникність залежать від структури матеріалу, насамперед, від розмірів і форми магнітних частинок. Поділ матеріалів на магнітно-м'які та магнітно-тверді визначається більшою мірою тією функцією, яку вони виконують, ніж величиною  $H_c$ . Поняття «проникність» має кілька визначень: початкова проникність  $\mu_i$ , максимальна проникність  $\mu_{max}$ , ампліудна проникність  $\mu_o$ , ефективна проникність  $\mu_e$  та комплексна проникність  $\tilde{\mu}$ . Значення  $\mu_i$  і  $\mu_{max}$  вимірюють у статичному магнітному полі, тоді як  $\mu_o$ ,  $\mu_e$  і  $\tilde{\mu}$  — у динамічному полі. Початкова проникність  $\mu_i$  описується виразом:

$$\mu_i = \lim_{B \rightarrow 0} \frac{B}{H} \quad (1)$$

На відміну від феритів, для намагнічування МПМ необхідне сильніше магнітне поле, тому їхня початкова проникність  $\mu_i$  помітно відрізняється від максимальної проникності  $\mu_{max}$ , яку виміряли в сильних полях. Найкраще проникність МПМ характеризує  $\mu_{max}$ , яка визначається як тангенс кута нахилу прямої, проведеної з початку координат до точки найбільшої крутості кривої характеристики насичення. Оскільки трансформатори і дроселі працюють у змінних магнітних полях, важливо знати значення проникностей  $\mu_o$ ,  $\mu_e$  і  $\tilde{\mu}$ . Ампліудна проникність визначається таким чином:

$$\mu_o = \frac{B_m}{H_m} \quad (2)$$

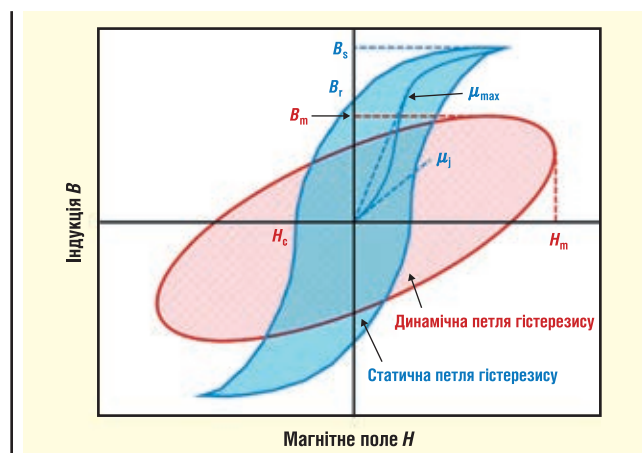


Рис. 8. Статична та динамічна петлі гістерезису

\* Продовження. Початок див. CHIP NEWS, 2023, № 5.

де  $B_m$  і  $H_m$  — максимальні значення магнітної індукції та напруженості поля на динамічній петлі гістерезису.

Для характеристики МПМ частіше використовують поняття ефективної проникності  $\mu_e$ . У роботі [27] вивели залежність між  $\mu_e$  і  $\mu$ :

$$\mu_e = \frac{\mu D_p}{\mu \theta + D_p}, \quad (3)$$

де  $D_p$  і  $\theta$  — розмір магнітних частинок і відстань між ними.

Поняття  $\mu_e$  і  $\mu_a$  часто використовуються в технічній літературі, проте вони не враховують явище «магнітної в'язкості» речовини, за якого вектор магнітної індукції «запізнюється» щодо вектора напруженості зовнішнього поля. Залежність проникності від частоти характеризує комплексна проникність:

$$\tilde{\mu} = \frac{B}{H} = \frac{B_0 e^{-i(\omega t - \delta)}}{H_0 e^{-i\omega t}} = \frac{B_0}{H_0} e^{-i\delta} = \frac{B_0}{H_0} \cos \delta - i \frac{B_0}{H_0} \sin \delta = \mu' - \mu'', \quad (4)$$

де  $\omega$  — кутова частота сигналу;  $\delta$  — фазовий кут;  $t$  — час.

З цього рівняння видно, що  $\tilde{\mu}$  описує амплітудні та фазові співвідношення між  $B$  і  $H$ . Дійсна частина  $\mu'$  пропорційна питомій енергоємності матеріалу, тоді як уявна частина  $\mu''$  відображає втрати на гістерезис [34].

## ВТРАТИ В МПМ

Згідно з теорією Бертотті, сукупні магнітні втрати  $P_{cv}$  у МПМ складаються з втрат на перемагнічування (гістерезис)  $P_H$ , динамічних втрат, або втрат на вихрові струми,  $P_{ec}$  і додаткових втрат  $P_{exc}$  [28,29]. Втрати на гістерезис залежать від коерцитивної сили та проникності матеріалу. Що менший розмір частинки, то менше співвідношення об'єму і площі її поверхні, і тим більша коерцитивна сила матеріалу  $H_c$ . При зменшенні розміру частинки до критичного значення, порівнянного з розміром магнітного домену (0.1...1.0 мкм для більшості МПМ), коерцитивна сила різко зростає. Зі збільшенням розмірів частинок перешкод для рухів стінок доменів стає менше, коерцитивна сила і втрати на гістерезис знижуються, проте зростають динамічні втрати внаслідок збільшення вихрових струмів, що виникають усередині магнітних частинок.

Для зменшення  $H_c$  необхідно збільшувати відносну густину матеріалу і підвищувати його проникність. Високий тиск ущільнює матеріал, але збільшує кількість осередків залишкового мікронапруження, які підвищують коерцитивну силу і втрати на гістерезис. Сторонні домішки та пошкоджені частинки в МПМ перешкоджають вільному руху стінок магнітних доменів і також спричиняють збільшення коерцитивної сили. Залишкові мікронапруження усуваються відпалом осередь, оптимальні температуру і тривалість якого обирають залежно від типу МПМ і властивостей використаного діелектрика. Перевищення оптимальних значень може призвести до руйнування діелектрика і зростання динамічних втрат у МПМ, при цьому втрати на гістерезис практично не змінюються.

Оскільки будь-який феромагнітний матеріал є провідником, змінне магнітне поле індукуює в ньому вихрові струми, енергія яких перетворюється на тепло. Виникають вихрові струми як усередині магнітних частинок [30], так і між ними (рис. 9). Для зручності струми, що протікають усередині частинок, називатимемо мікрострумами. Їхня величина залежить від розмірів частинок і питомого опору матеріалу. Відповідно, струми між частинками назвемо макрострумами. Виникають такі струми через випадкові контакти між частинками, а



Рис. 9. Вихрові струми, що виникають у МПМ [30]

також унаслідок ємнісного ефекту, помітного на високих частотах. Макроструми можуть протікати в межах об'єму всього осереддя в площині, перпендикулярній вектору магнітного поля. Мезоскопічні вихрові струми протікають через кілька суміжних частинок. Крім втрат, вихрові струми викликають ефект неповного намагнічування матеріалу.

Додаткові втрати в МПМ мізерні на низьких і середніх частотах, а природа їх виникнення до кінця не вивчена. Вважають, що вони спричиняються тертям стінок магнітних доменів під час їхнього розширення і стиснення в динамічному магнітному полі.

Значення сукупних втрат у МПМ виражається формулою:

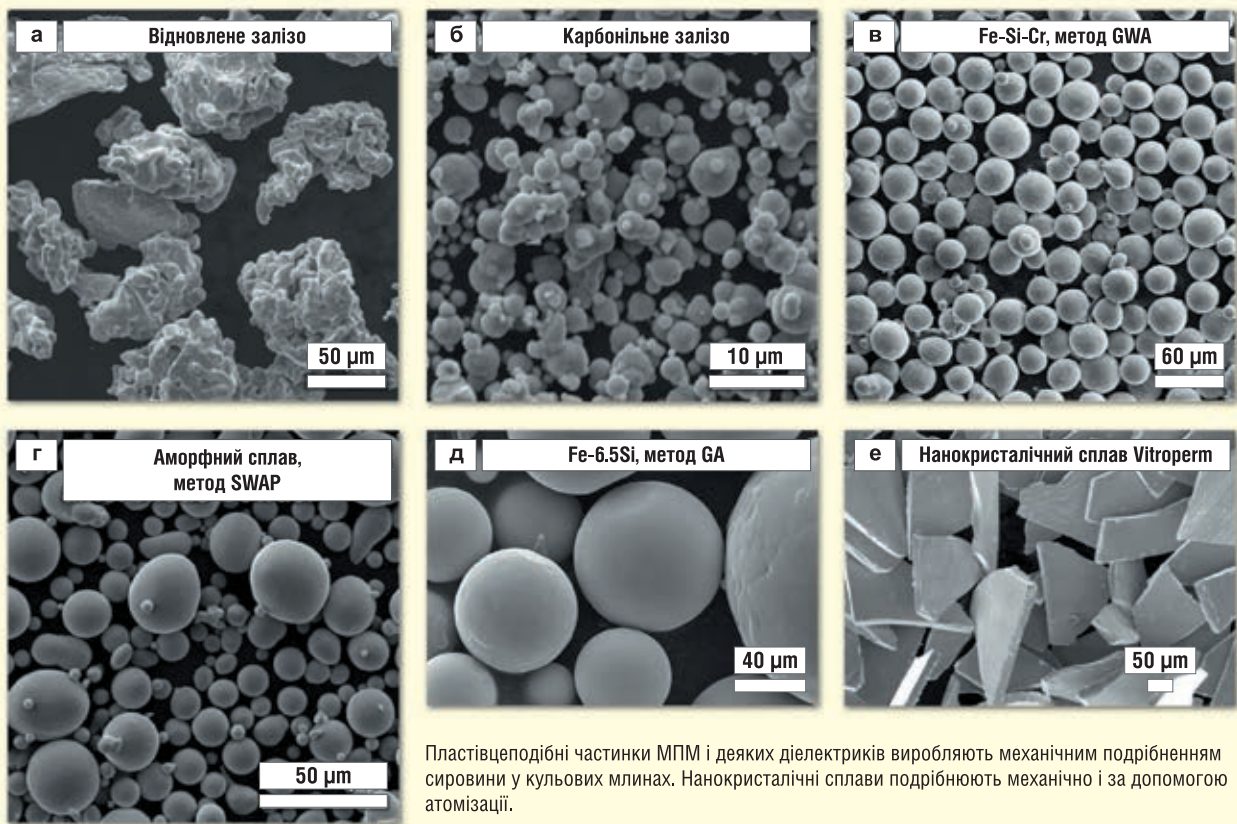
$$P_{cv} = P_H + P_{ec} + P_{exc} = C_H B^a f + C_{ec} B^2 f^2 + C_{exc} B^x f^y, \quad (5)$$

де  $C_H$ ,  $C_{ec}$  і  $C_{exc}$  — коефіцієнти втрат на гістерезис, динамічних втрат і додаткових втрат відповідно;  $f$  — частота;  $B$  — магнітна індукція;  $a$  — коефіцієнт, що становить 1.6...2.2 для більшості МПМ;  $x$ ,  $y$  — коефіцієнти магнітної індукції та частоти.

## НАНОЧАСТИНКИ ФЕРИТІВ: НОВИЙ МПМ?

Наночастинки магнітних матеріалів, зокрема, феритів, становлять значний інтерес для виробництва осередь як основний компонент, так і діелектрик магнітних частинок МПМ. Розроблено безліч методів отримання наночастинок феритів, які детально описані в [31,32]. Найчастіше застосовують так званий золь-гель метод [33], який дає змогу отримувати наночастинки заданого розміру з високою дисперсністю. Наночастинки феритів мають низку переваг, але формування з них об'ємної та щільної магнітної структури, як і раніше, залишається складним завданням. Під час спікання наночастинок прагнуть об'єднуватися у великі зерна, що призводить до магнітного розбавлення. Уникнути спікання наночастинок можна, застосувавши метод LTCC (Low Temperature Co-Fired Ceramic), низькотемпературна спільно випалювана кераміка [34, 35], який полягає в додаванні легкоплавких оксидів або металів. Наприклад, додавання міді до наночастинок Ba-Zn-Co феритів дало змогу отримати вищу густину і проникність матеріалу після спікання за температури 900 °C, ніж після спікання мікрочастинок тих самих феритів за 1 000 °C. Такий підхід відкриває перспективи створення нових видів силових феритів з нанокристалічною структурою.

Створення МПМ з наночастинок феритів теоретично можливе, але основною технологічною проблемою є ізоляція на-



Пластівцеподібні частинки МПМ і деяких діелектриків виробляють механічним подрібненням сировини у кульових млинах. Нанокристалічні сплави подрібнюють механічно і за допомогою атомізації.

**Рис. 10.** Знімки порошків МПМ, які отримані за допомогою растрових електронних мікроскопів

ночастинок в об'ємі МПМ за збереження високої відносної густини. Створені зразки поступають за проникністю та індукцією насичення як традиційним феритам, так і МПМ на основі сплавів заліза. Тому на цей час технологія виробництва МПМ з наночастинок перебуває на стадії лабораторних досліджень. Проте наночастинки феритів дедалі частіше застосовують як діелектрик магнітних частинок МПМ, а додавання наночастинок заліза і його сплавів значно покращує параметри МПМ [36].

## СИРОВИНА ДЛЯ МПМ

Магнітні властивості МПМ здебільшого залежать від їхнього хімічного складу, технології виплавлення, методу подрібнення, способу ізоляції магнітних частинок, пресування і режиму термообробки (відпалу) осердь.

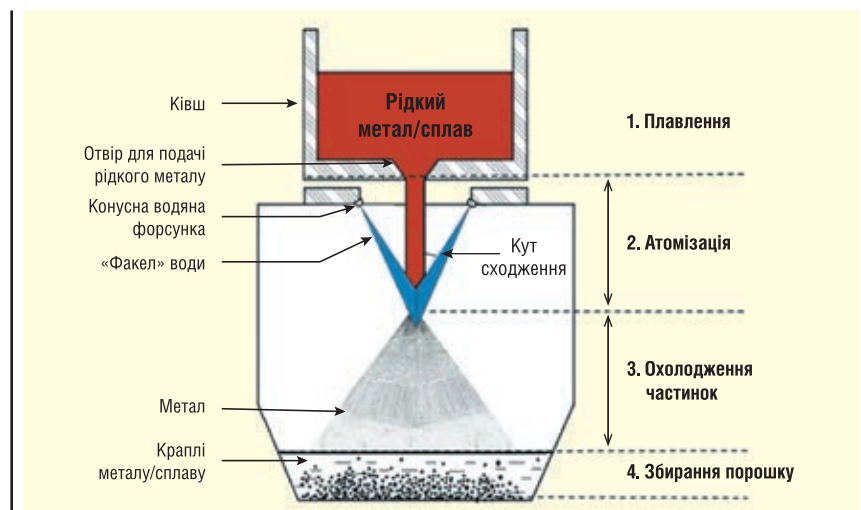
Порошки чистого заліза виробляють переважно відновленням з оксидів або пентакарбонілу заліза. У результаті утворюються частинки з високою пористістю (рис. 10а).

Механічне подрібнення, наприклад, у високошвидкісних кульових млинах, дає частинки неоднорідної форми. За-

звичай частинки такої форми непридатні для покриття діелектриком, крім випадків, що будуть описані нижче. Тому порошки сплавів на основі заліза, наприклад, Fe-Si-Al, Fe-Si-Cr, Fe-6.5Si, Fe-Ni, Fe-Ni-Mo, а також аморфних сплавів, отримують за допомогою атомізації. Найчастіше застосовується водяна атомізація (надалі — WA) [38,39], газова атомізація (надалі — GA) [40, 41], комбінована газо-водяна атоміза-

ція (надалі — GWA) [42], вихрова водяна атомізація (метод SWAP) [43] та атомізація в центрифугі [44].

Під час газової або водяної атомізації струмінь розплаву розбивається на дрібні краплини струменем газу або води високого тиску. Вони потрапляють на охолоджувальну поверхню і миттєво тверднуть. Швидкість охолодження становить близько  $10^2$ – $10^3$  °C/сек для газової та  $10^3$ – $10^4$  °C/сек для водяної



**Рис. 11.** Схематичне зображення установки водяної атомізації [45]



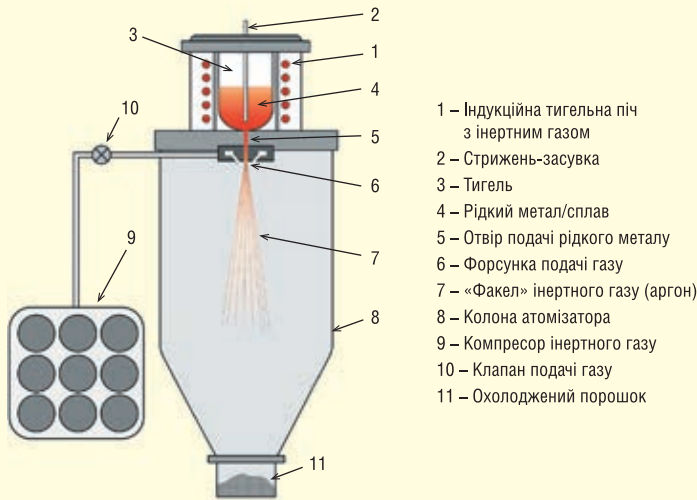


Рис. 12. Схематичне зображення установки газової атомізації [46]

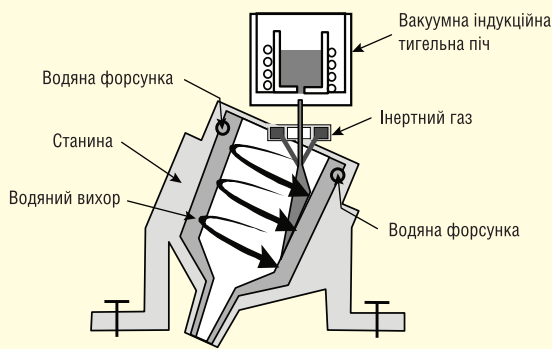


Рис. 13. Схематичне зображення установки вихрової атомізації [47]

атомізації. Водяна атомізація (рис. 11) забезпечує високу продуктивність за невеликих витрат, тому за її допомогою виробляють більшість видів порошків. Недоліком методу є пористість отриманих частинок і високий вміст у них кисню. Наявність таких дефектів знижує проникність, збільшує коерцитивну силу і зменшує максимальну індукцію в МПМ. Пори також стають основною

причиною розлому частинок під час пресування. Газова атомізація більш затратна, але забезпечує кращу сферичність частинок (рис. 12). Використання інертних газів замість азоту, наприклад, аргону, покращує якість порошку приблизно на 10%. Основним недоліком методу є мала швидкість охолодження, яка не дає змоги виробляти порошки аморфних сплавів із високою проникністю та високою індукцією насичення.

Комбінована газо-водяна атомізація поєднує переваги обох методів. На першому етапі розплавл розпилюється під дією потоку інертного газу, після чого дрібні краплини додатково подрібнюються струменем води високого тиску. Оцука (Otsuka) та інші [43] застосували метод вихрової водяної атомізації, за якого краплини, подрібнені струменем азоту, потрапляють у струмінь води, що швидко обертається (рис. 13). Це дає змогу отримувати сферичні частинки майже ідеальної форми за швидкості охолодження  $10^6$  °C/сек, проте сам метод технологічно складний і потребує дуже точної координації струменів газу та води.

Атомізація в центрифугі дає змогу отримувати порошки з дуже малою різницею розмірів частинок [44]. Такий метод має найнижчі енерговитрати, а процес виробництва може бути безперервним. Недолік — значні капіталовкладення в обладнання та розміри центрифуг, які досягають 2–10 м у діаметрі залежно від видів вироблених порошків.

Для зменшення вартості дрібнодисперсних порошків Йокояма (Yokoyama) та інші [48] розробили простий метод високотемпературної атомізації, що

Для зменшення вартості дрібнодисперсних порошків Йокояма (Yokoyama) та інші [48] розробили простий метод високотемпературної атомізації, що

# ТОВ «НВП АСТЕРА»

## ОСЕРДЯ, ФУРНИТУРА, МОТОЧНІ ВИРОБИ

## ВИМІРЮВАЛЬНІ ТРАНСФОРМАТОРИ СТРУМУ

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

**ТОВ «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

не потребує значних витрат на обладнання або заходи безпеки. Як атомізуєчий газ використовується струмінь згораючого газу зі швидкістю потоку 1600 м/с і температурою полум'я 1600 °С. На першому етапі розплавлений метал, потрапляючи у факел полум'я, розбризкується завдяки високій швидкості обертання струменя; на другому етапі бризки дробляться на дрібні кульки під дією сил поверхневого натягу. Традиційні методи WA, GA, GWA і SWAP використовують відносно низькі температури, за яких бризки металу швидко охолоджуються, їхня в'язкість збільшується, і процес атомізації припиняється з формуванням відносно великих частинок. Для отримання дрібних порошоків із розмірами частинок 1...10 мкм необхідно, щоб в'язкість розплавленого металу та сили поверхневого натягу крапель були досить малими протягом певного часу, що досягається за високої температури бризок. У результаті, застосування традиційних методів вимагало б надмірно високої температури металу зі значним скороченням терміну служби обладнання.

### Далі буде

**Більш детально інформацію щодо застосування осердь із МГМ 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:

21. H.B. Sun, G.H. Zhou, Z.L. Guo, C. Wang, J.H. Wang, C.B. Zong. Efficient synthesis of TiO<sub>2</sub>-coated layer for Fe-based soft magnetic composites and their regulation mechanism analysis on magnetic properties. *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 2022, 33, 13956–13967.
22. C. Wang, Zh. Guo, J. Wang, H. Sun, D. Chen, W. Chen, X. Liu. Industry-oriented Fe-based amorphous soft magnetic composites with SiO<sub>2</sub>-coated layer by one-pot high-efficient synthesis method. *J. Magn. Magn. Mater.* 2020.
23. J. Wang, X. Liu, J. Mo, X. Mao, X. Fan, Z. Luo. The influence of doping Ti on the microstructure and magnetic performances of Fe-6.5Si soft magnetic composites. *J. Alloys Compd.* 2018.
24. W. Li, H. Cai, Y. Kang, Y. Ying, J. Yu, J. Zheng, L. Qiao, Y. Jiang, Sh. Che. High permeability and low loss bioinspired soft magnetic composites with nacre-like structure for high frequency applications. *Acta Mater.* 2019.
25. D. Liu, X. Liu, J. Wang, X. Mao, X. Xu, X. Fan. The influence of Fe nanoparticles on microstructure and magnetic properties of Fe-6.5wt%Si soft magnetic composites. *J. Alloys Compd.* 2020.
26. E. Pošković, F. Franchini, L. Ferraris, E. Fracchia, J. Bidulska, F. Carosio, R. Bidulsky, M. A. Grande. Recent Advances in Multi-Functional Coatings for Soft Magnetic Composites. *Materials* 2021, 14, 6844.
27. M.T. Johnson, E.G. Visser. A coherent model for the complex permeability in polycrystalline ferrites. *IEEE Trans. Magn.* 26, 1990, 1987–1989.
28. P. Kollar, Z. Bircakova, J. Fuzer, R. Bures, M. Faberova. Power loss separation in Fe-based composite materials. *J. Magn. Magn. Mater.* 327, 2013, 146-150.
29. G. Bertotti. Physical interpretation of eddy current losses in ferromagnetic materials. I. Theoretical considerations. *J. Appl. Phys.* 57, 1985, 2110–2117.
30. E.A. Perigo, B. Weidenfeller, P. Kollar, J. Fuzer. Past, present, and future of soft magnetic composites. *Appl. Phys. Rev.* 2018, 5, 031301.
31. P. Thakur, D. Chahar, S. Taneja, N. Bhal-la, A. Thakur. A review on MnZn ferrites: synthesis, characterization and applications. *Ceram. Int.* 46, 2020, 15740–15763.
32. P. Thakur, S. Taneja, D. Chahar, B. Ravelo, A. Thakur. Recent advances on synthesis, characterization and high frequency applications of Ni-Zn ferrite nanoparticles. *J. Magn. Magn. Mater.* 530, 2021, 167925.
33. D. Bokov, A.T. Jalil, S. Chupradit, W. Suksatan, M. J. Ansari, I. H. Shewael, G. H. Valiev, E. Kianfar. Nanomaterial by Sol-Gel Method: Synthesis and Application. *Advances in Materials Science and Engineering Volume* 2021.
34. 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, 100066.
35. <https://uk.wikipedia.org/wiki/LTCC>
36. C.S. Tiwary, S. Kashyap, K. Biswas, K. Chattopadhyay. Synthesis of pure iron magnetic nanoparticles in large quantity. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 46, 2013, 385001 (5pp).
37. M. Streckova, R. Bures, M. Faberova, L. Medvecky, J. Fuzer, P. Kollar. A comparison of soft magnetic composites designed from different ferromagnetic powders and phenolic resins. *Chinese Journal of Chemical Engineering* 23, 2015, 736–743.
38. Y. Liu, S. Niu, F. Li, Y. Zhu, Y. He. Preparation of amorphous Fe-based magnetic powder by water atomization. *Powder Technol.* 213, 2011, 36–40.
39. K. Yoshida, T. Takahashi, H. Kuwata. Production of nanocrystalline soft magnetic powders with high Bs by an improved rapid-cooling water-atomization process. *AIP Adv* 9, 2019, 035218.
40. X. Liu, H. Xie, L. Wang, J. Luo, Y. Cai. Production of Fe-Si-Al-Ni-Ti soft magnetic alloy powder by inert-gas atomization. *Chin. Mater. Conf.* 27, 2011, 1426–1433.
41. P. Marin, M. Lopez, A. Garcia-Escorial, M. Lieblich. Microstructural and magnetic behavior of nanostructured soft alloys prepared by mechanical grinding and gas atomization. *Mater. Sci. Eng. A* 449, 2007, 414–418.
42. T. Zhao, C. Chen, X. Wu, C. Zhang, A.A. Volinsky, J. Hao. FeSiBCrC amorphous magnetic powder fabricated by gas-water combined atomization. *J. Alloy. Compd.* 857, 2021, 157991.
43. I. Otsuka, K. Wada, Y. Maeta, T. Kadomura, M. Yagi. Magnetic properties of Fe-based amorphous powders with high-saturation induction produced by spinning water atomization process (SWAP). *IEEE T. Magn.* 44, 2008, 3891-3894.
44. S. A. Cegarra, J. Pijuan, M. D. Riera. Cooling Rate Modeling and Evaluation during Centrifugal Atomization Process. *J. Manuf. Mater. Process.* 2023, 7(3), 112.
45. A. Asgarian, C.-T. Wu, D. Li, M. Bussmann, K. Chattopadhyay, S. Lemieux, B. Girard, F. Lavallee, V. Paserin. Experimental and Computational Analysis of a Water Spray; Application to Molten Metal Atomization. *June 2018, Conference: POWDERMET2018, At: San Antonio, USA.*
46. R. Tamura, T. Osada, K. Minagawa, et al., Machine learning-driven optimization in powder manufacturing of Ni-co based superalloy. *Materials & Design*, 2020.
47. H. Imai, M. Kawakami, K. Kondoh, I. Otsuka, H. Izaki. Characteristics of Hot Extruded P/M Aluminum Alloy when Using the Rapidly Solidified Powder SWAP Process. *Trans. JWRI*, Vol. 36, 2007, No. 2.
48. Y. Yokoyama, Y. Suenaga, T. Yamagata. Development of New Atomisation Process using High-Velocity Air Fuel Flame. *Advanced Institute for Material Research, Tohoku University, PressRelease*, 2013.



# Розподіл енергії

Модульна система розподільчих пристроїв Rittal для вводу та розподілу електроенергії відповідає чинним стандартам і нормам. Від трансформаторної підстанції до зарядної стійки. Вона підходить для застосування в діапазоні від 125 А до 5.500 А.

## Модульна система Ri4Power до 5500 А

Модульна система для низьковольтних розподільчих пристроїв з перевіркою конструкції на відповідність стандартам IEC 61 439-1/-2 і DIN EN 61 439-1/-2, а також системні рішення для розподільчих пристроїв з розділенням за формою 1-4b.



## Розподільча шафа ISV.

Розподільчі шафи ISV для електропостачання в будівлях і промисловості, що відповідає стандартам. Гнучка конфігурація з зручними модулями розподілу електроенергії. Доступні як настінні так і окремо стоячі шафи для індивідуального використання з модульними елементами.



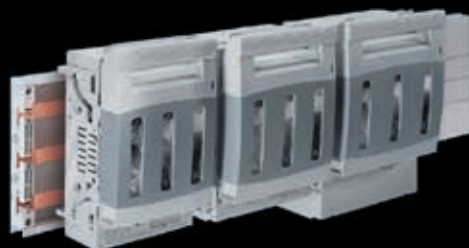
## Шинні системи RiLine і RiLine Compact

Від невеликих розподільчих пристроїв та пристроїв керування до надзвичайно гнучких розподільчих пристроїв великого струму для інфраструктурних і промислових застосувань. Простий, надійний монтаж, а також зручне для користувача планування з перевіркою проекту - ось відмінні риси цих систем.



## Система запобіжників

Тримачі запобіжників для монтажу на шині системи, роз'єднувачі з запобіжниками і тримачі запобіжників NH, адаптери для автоматичних вимикачів та OM адаптери.



[www.rittal.com.ua](http://www.rittal.com.ua)  
[office@rittal.com.ua](mailto:office@rittal.com.ua)  
044 536 99 44



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



# Компоненти для систем Індустрії 4.0 та Інтернету речей від Texas Instruments

Юрій Петропавловський

**У статті наведено номенклатуру та розглянуто особливості сучасних продуктів компанії Texas Instruments для бездротових застосувань, Інтернету речей і систем автоматизації виробництва.**

Найважливішою складовою прогнозованої четвертої промислової революції є впровадження у виробництво парадигми Індустрії 4.0, що передбачає використання кіберфізичних систем (*Cyber Physical Systems, CPS*) у різних галузях промисловості. Якихось стандартизованих визначень суті Індустрії 4.0 наразі не існує, проте до основних складових Індустрії 4.0 багато експертів зараховують такі технологічні та організаційні рішення:

- гнучка й автоматична адаптація виробничих ланцюжків до вимог ситуації на ринках, що швидко змінюється;
- широке використання Інтернету речей (IoT) і штучного інтелекту для оптимізації виробничих ланцюжків і зниження витрат;
- істотне нарощування ступеня автоматизації виробництва і зниження участі людини у виробничих процесах;
- широке використання хмарних технологій для функціонування автоматизованих виробництв і зберігання великих обсягів даних;
- впровадження 3D-друку та друкованої електроніки для створення продуктів як широкого побутового, так і спеціального призначення.

Розробкою компонентів і рішень для автоматизованих виробництв теперішнього і майбутнього займаються як провідні виробники світового рівня, так і відносно невеликі технологічні компанії. Не залишилася осторонь цього процесу і компанія Texas Instruments (TI). Одним із завдань у сфері контролю промислового обладнання, вирішення якого реалізувала компанія, є впровадження безперервного контролю систем і вузлів промислового обладнання.

Традиційно контроль обладнання на більшості виробництв здійснюється в планово-попереджувальному порядку, коли через певні проміжки часу замінюються вузли та компоненти обладнання, що схильні до зносу. Терміни проведення профілактичних замін деталей і вузлів промислового обладнання вибирають із великим запасом, що призводить до невиправдано високих витрат на обслуговування. Насправді багато вузлів обладнання, що підлягають заміні в планово-попереджувальному порядку, можуть служити істотно довше.

Безперервний моніторинг стану критичних вузлів промислового обладнання усуває зазначені недоліки планово-попереджувального обслуговування. Крім того, за умови безперервного контролю і використання достатньої кількості датчиків істотно знижується ймовірність аварійних ситуацій на виробництві. Безперервний контроль обладнання також дає змогу точніше визначати конкретні дефектні ділянки та елементи виробничих ліній і верстатів завдяки використанню методів математичного моделювання та відповідного програмного забезпечення самих систем моніторингу.

Компанія TI розробила низку рішень і компонентів для реалізації безперерв-

ного моніторингу датчиків різного типу через дротові та бездротові інтерфейси з можливістю обміну та зберігання даних у хмарних сервісах. У жовтні 2014 року TI оголосила про сертифікацію своїх пристроїв SimpleLink Wi-Fi CC3100 і CC3200 (див. рис. 1) альянсом Wi-Fi Alliance. Таким чином, компанія стала першою у світі, яка отримала сертифікат Wi-Fi CERTIFIED на чипи для Інтернету речей. Сертифікат означає, що чипи CC3100 і CC3200 містять усі необхідні компоненти для взаємодії з мережами Wi-Fi та інтеграції в системи IoT. З цього моменту клієнти TI можуть замовляти зразки чипів, тестувальні комплекти CD3200 LaunchPack і вбудовувані плати CC3100 BoosterPack. Того ж року компанія представила платформу Internet on-a-chip на базі CC3100 і CC3200 з наступними характеристиками і функціональними можливостями:

- гнучкість у використанні мікроконтролерів: з CC3100 можна використовувати будь-який мікроконтролер, а в CC3200 вже є вбудований мікроконтролер з архітектурою ARM Cortex-M4, що дає змогу клієнтам додавати свій власний код;
- проста і зручна розробка систем зі швидким підключенням, хмарною підтримкою, вбудованим Wi-Fi, доступом до Інтернету і надійною платою формою безпеки;
- можливість простого і безпечного під'єднання пристрою до Wi-Fi за допомогою програми для смартфона, планшета або веббраузера з декількома варіантами ініціалізації, включно з технологіями SmartConfig, WAC, WPS;
- найнижче в галузі енергоспоживання для пристроїв з батарейним живленням і малопотужних радіоприймачів;
- підтримка 14 різних стандартів і технологій бездротового зв'язку, зокрема Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, Sub-1 GHz, 6LoWAN та інших.



Рис. 1. Wi-Fi-процесор CC3100

Компанія продовжує розвивати свою діяльність у сфері бездротових технологій і платформи SimpleLink MCU. Розглянемо особливості платформи SimpleLink MCU на прикладі однієї з серій систем на кристалі (SoC) з вбудованими мікроконтролерами CC3235x. У серію входять модулі CC3235MODS, CC3235, CC3235MODSF, CC3235S, CC3235SF, що відрізняються типами корпусів (QFM63 — у виконанні MODx, VQFN64 — у виконанні S/SF) і деякими іншими характеристиками.

CC3235MODx SimpleLink Wi-Fi CERTIFIED — дводіапазонний Wi-Fi сертифікований модуль з підтримкою стандартів IEEE802.11a/b/g/n: 2.4 ГГц і 5 ГГц, FCC, IC/ISED, ETSI/CE і сертифікацією за MIC Certified. Модуль виконаний за технологією SoC з багатоядерною архітектурою обчислювального сегмента, містить вбудований мікроконтролер з ядром ARM Cortex-M4, ОЗП об'ємом 256 Кбайт (опціонально до 1 Мбайт), чотирьох каналний 12-розрядний АЦП, чотири таймери загального призначення (GPT), сторожовий таймер, до 27 виводів GPIO. Периферія та інтерфейси модуля: McASP з підтримкою двох I<sup>2</sup>S каналів, SD, SPI, I<sup>2</sup>C, UART, JTAG, сJTAG, SWD.

Ядро Wi-Fi-модуля з вбудованою підсистемою керування живленням забезпечує режими точки доступу, станції, Wi-Fi Direct (тільки в діапазоні 2.4 ГГц), швидкість передавання даних становить 16 Мбіт/с (UDP) і 13 Мбіт/с (TCP), інформаційна безпека відповідає вимогам WEP, WPA/WPA2, WPA Enterprise. Підтримуються такі Інтернет-технології та протоколи: HTTPs Server, mDNS, DNS-SD, DHCP, IPv4/IPv6, TCP/IP стеки, 16 RSD. Вихідна потужність передавача в діапазоні 2.4 ГГц становить 16 дБм, у діапазоні 5 ГГц — 15 дБм, чутливість приймача становить -94.5 дБм (2.4 ГГц) і -89 дБм (5 ГГц).

Для роботи модуля необхідні зовнішні резонатори на частоті 40 МГц і 32.768 кГц, ВЧ-фільтри, диплексори і пасивні компоненти. Прилади розраховані на роботу в діапазоні температур навколишнього середовища від -40 до +85 °С. Ці модулі можуть знайти застосування в таких сферах: промислова автоматика, контроль електричних мереж, відстеження руху вантажів (Asset Tracking), системи безпеки будівель, системи відеоспостереження, відеокамери з малим енергоспоживанням, медичні прилади та охорона здоров'я, автоматика промислових і житлових приміщень.

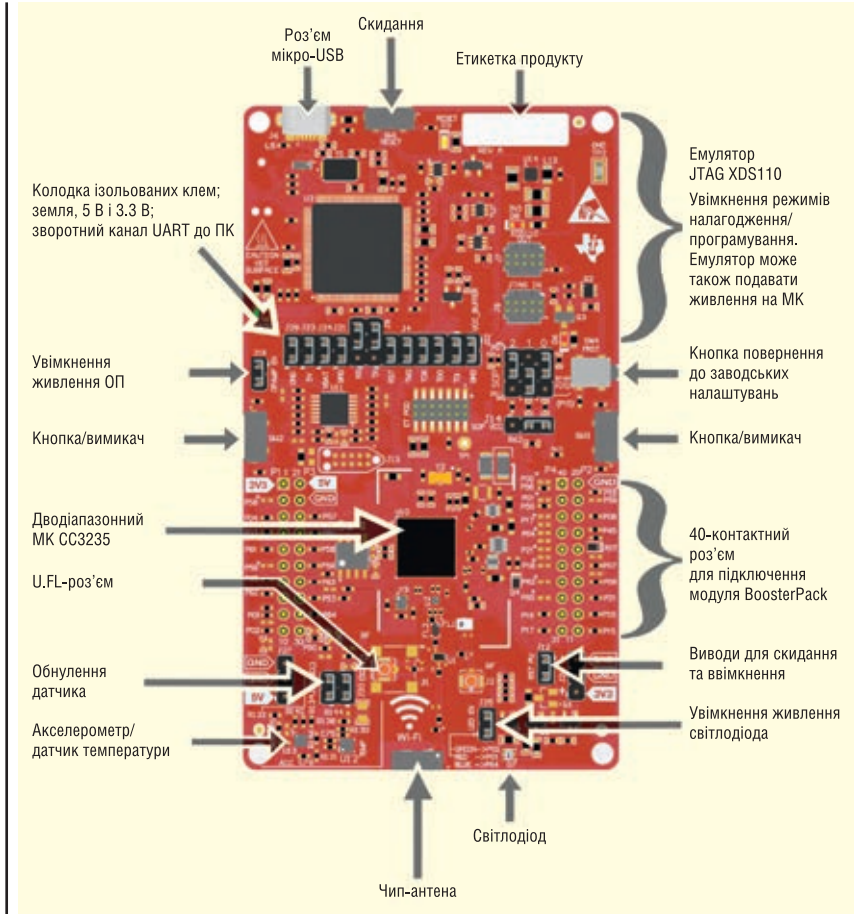


Рис. 2. Плата CC3235 SimpleLink Wi-Fi LaunchPack SimpleLink Wi-Fi LaunchPack

Компанія TI забезпечує апаратну, інформаційну та програмну підтримку розробників рішень на базі модулів CC3235x. Зокрема, доступні комплект розробника, типова схема мережі IoT для автоматичних вимикачів і датчиків устаткування, рекомендації з компонування Wi-Fi і IoT рішень на базі CC3135 і CC3235, дводіапазонний зонний комплект розробника на базі LAUNCHXL-CC3235S SimpleLink, плагін для розроблення та програмування SIMPLELINK-SDK-PLUGIN-FOR HOMEKIT та інші матеріали.

Комплект розробника CC3235 SimpleLink Wi-Fi LaunchPack Development Kit виконаний на основі модулів CC3235S/SF і призначений для налагодження бездротових рішень для IoT. До складу комплекту входять: плата розробника, кабель мікро-USB і посібник зі швидкого запуску пристрою. Зовнішній вигляд плати розробника та її основні компоненти показано на рисунку 2.

Основні особливості комплекту:

- реалізація доступу до Інтернету на мікросхемі CC3235 SimpleLink Wi-Fi з вбудованим мікроконтролером;
- 40-вивідна плата LaunchPad;

- стандарт XDS110 на базі JTAG емуляції з послідовним портом для програмування, підтримка 4-провідних JTAG і 2-провідних SWD-інтерфейсів;
- дві кнопки і RGB-світлодіод для інтерфейсу користувача;
- віртуальний порт UART для підключення ПК, реалізований через порт мікро-USB;
- антена Wi-Fi, датчики прискорення і температури для перевірки роботи пристрою поза приміщенням з передачею даних через інтерфейс I<sup>2</sup>C;
- велика дальність дії — до 200 м на відкритому просторі.

Крім модулів CC3235 компанія випускає цілу низку інших компонентів для застосування в дротових і бездротових системах різного призначення та в Інтернеті речей. У каталозі компанії в категорії Wireless Connectivity пропонується багато проектів, виконаних за різними технологіями, і багато продуктів для SimpleLink. У продуктах цієї групи використовуються такі технології: Bluetooth з низьким енергоспоживанням, мультистандартні Sub-1 GHz, Thread (комірчасті мережі), Wi-Fi, Zigbee

Таблиця 1. Компоненти TI для бездротових систем

Продукт	Призначення та характеристики	Технологія
CC1352P/R	Багатодіапазонний бездротовий мікроконтролер з інтегрованим підсилювачем потужності, 5 Мбіт/с	Bluetooth, Sub-1 GHz, Zigbee
CC2652R	Багатодіапазонний бездротовий мікроконтролер, 5 Мбіт/с	Bluetooth, Zigbee
CC1213R	Sub-1 GHz бездротовий мікроконтролер, 5 Мбіт/с	Sub-1 GHz
CC1310	Бездротовий мікроконтролер	Sub-1 GHz
CC2642R, CC2640	Bluetooth бездротовий мікроконтролер, 5 Мбіт/с	Bluetooth
CC2652RB, CC2640R2F	Bluetooth бездротовий мікроконтролер, 2 Мбіт/с	Bluetooth
CC2650MODA	Bluetooth бездротовий мікроконтролер, 1 Мбіт/с	Bluetooth
CC2564C	Дворежимний Bluetooth-контролер у корпусі QFN, 3 Мбіт/с	Bluetooth
CC2564MODA	Дворежимний Bluetooth-модуль з антеною, 3 Мбіт/с	Bluetooth
CC2640R2F-Q1	Автомобільний бездротовий мікроконтролер, 2 Мбіт/с	Bluetooth
MSP432P4011/T	32-розрядний мікроконтролер з ядром ARM Cortex-M4F, з прецизійним АЦП і 2 МБ флеш-ЗП	Хост МК
MSP432P4011V/VT, MSP422P411V/VT	32-розрядний мікроконтролер із ядром ARM Cortex-M4F, з прецизійним АЦП, 512 КБ флеш-ЗП і 128 КБ ОЗП	Хост МК
MSP432P401Y/YT, MSP432P411Y/YT	32-розрядний мікроконтролер із ядром ARM Cortex-M4F, з прецизійним АЦП, 1 МБ флеш-ЗП і 256 КБ ОЗП	Хост МК
MSP432E401Y, MSP432E411Y	Ethernet-мікроконтролер	Хост МК
CC3135MOD	Дводіапазонний мережевий модуль SimpleLink, 16 Мбіт/с	Wi-Fi
CC3220MODA	Однодіапазонний бездротовий модуль з антеною	Wi-Fi
CC3120MOD	Бездротовий модуль для IoT-застосувань, 16 Мбіт/с	Wi-Fi
CC3220MO	Бездротовий модуль, 16 Мбіт/с	Wi-Fi
CC3120	Бездротовий мережевий процесор для IoT-застосувань 16 Мбіт/с	Wi-Fi
CC3220R/S	Бездротовий модуль для IoT-застосувань, 16 Мбіт/с	Wi-Fi
CC3200MOD	Бездротовий мікроконтролер для IoT, 16 Мбіт/с	Wi-Fi
RF430CL381H	Динамічний NFC-транспондер	NFC
CC2620	Бездротовий мікроконтролер з малим споживанням, 0,25 Мбіт/с	RF4CE
CC2650	Багатостандартний бездротовий мікроконтролер, 5 Мбіт/с	6LoWPAN, Bluetooth, Zigbee 2,4 ГГц
RF430xxx	Серія модулів для NFC ISO15693 застосувань	NFC

і дотові рішення. Особливості деяких мікросхем для цих застосувань наведено в таблиці 1.

Компанія TI розробила низку рекомендацій щодо застосування однодіапазонного (CC3220) і дводіапазонного (CC3235x) модулів у різних застосуваннях мереж Wi-Fi IoT, зокрема в промисловій автоматизації та керуванні виробництвом Індустрії 4.0, до основних складових якої компанія зараховує контроль промислового устаткування, організацію передавання даних від датчиків і людино-машинний інтерфейс.

Для організації безперервного контролю компанія пропонує використовувати системи, що складаються зі шлюзів моніторингу стану, модулів моніторингу стану та датчиків контролю стану. Для цих складових систем автоматизації виробництва TI випускає широку номенклатуру мікросхем, а також комплекти розробника та інші продукти.

## КОНТРОЛЬ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Компанія TI має у своєму розпорядженні велику номенклатуру мікросхем і ета-

лонних конструкцій для побудови шлюзів моніторингу стану. До числа таких продуктів входять мікроконтролери з ультранизьким енергоспоживанням MSP430, мікропроцесори SimpleLink MSP432, CC3200, 32-розрядні мікроконтролери TM4Cxxx та інші компоненти.

Для побудови модулів моніторингу стану компанія пропонує понад два десятки різних мікросхем:

- прецизійні ЦАП DAC8775, DAC7750, DAC8560, DAC8750, DAC8760;
- прецизійні АЦП ADS8321, TLC1543, ADS127L01, ADS8681, ADS1262;
- прецизійні операційні підсилювачі INA149 і ОП загального призначення LM2902, OPA2171, OPA4171, LMV751;
- комутатори і мультиплексори TMUX1574, TMUX1072, MUX36S08, TS5A2315, TS3A5017, TS5A3159;
- прецизійне джерело зразкової напруги REF6025.

Під час під'єднання різних датчиків стану окремих компонентів промислового обладнання виникає потреба в пристроях для їхнього сполучення із системами контролю. Як такі компоненти TI пропонує такі продукти:

- прецизійні ОП OPA4988, OPA325, LM7702, LM77016 і ОП загального призначення OPA2348, LMV751;
- прецизійний АЦП ADS1148, ADS122U04, ADS1271, ADS1220, ADS8320;
- прецизійний ЦАП DAC5311;
- згадані вище МК MSP432, а також різні логічні мікросхеми, комутатори, мультиплексори та мікросхеми керування живленням.

## ПЕРЕДАЧА ДАНИХ ВІД ДАТЧИКІВ

Компанія TI орієнтується на датчики температури, потоку, рівня і тиску. Крім датчиків у системах промислової автоматизації застосовуються актуатори (приводи). Для отримання даних від датчиків і керування актуаторами необхідні відповідні передавачі (перетворювачі) і драйвери. Для їхньої побудови компанія випускає низку мікросхем і налагоджувальних комплектів.

Мікросхеми та еталонні конструкції компанії TI дають змогу розробникам створювати рішення для гідравлічних, пневматичних і електричних приводів промислового призначення. Для цих цілей рекомендуються такі компоненти:

- драйвери затворів MOSFET серії UCC2751xx, UCC27517 (струм до 4 А), UCC27511A (8 А) у мініатюрних корпусах WSON (3×3 мм) і SOT-23 (п'ять і шість виводів);
- інтелектуальні комутатори живлення TPS1H100-Q1, TPS4H160-Q1, TPS27S100, які випускають у корпусах HTSOP14, HTSSOP28 і QFN16, являють собою одноканальні комутатори верхнього плеча (Single Channel High-Side Switch);
- N-канальні NextFET MOSFET з малим опором відкритого каналу CSD18537NQ5A ( $R_{\text{dson}} = 13 \text{ мОм}$ ), CSD18543Q3A ( $9.9 \text{ мОм}$ ), CSD15380F3, CSD15571Q2 (19.2 мОм), CSD18532Q5B (3.2 мОм), призначені для застосування як ключі верхнього плеча та керування двигунами;
- драйвер промислових п'єзовипромінювачів з інтегрованим підвищувальним DC/DC-перетворювачем DRV2700.

Номенклатура компонентів для побудови систем передавання даних від різних типів датчиків у загальному випадку містить узгоджувальні та ізолювальні пристрої, підсилювачі, АЦП, процесори зворотного зв'язку, лінійні регулятори, різноманітні комутатори,



цифрові ізолятори, дротяні й бездротові інтерфейси, перетворювачі даних, мікросхеми керування живленням, цифрові й аналогові мікросхеми різного призначення та низку інших компонентів. Номенклатура таких компонентів TI надзвичайно широка і потребує окремого розгляду. Компанія також випускає низку еталонних конструкцій, налагоджувальних плат, комплектів і модулів, призначених для того, щоб допомогти розробникам у створенні систем передачі даних від датчиків. Розглянемо деякі з них докладніше.

**TIDA-010018** — ізольований інтерфейс живлення і даних для застосувань із низьким енергоспоживанням. Зовнішній вигляд пристрою наведено на рисунку 3. Інтерфейс призначений для застосувань, що вимагають високоефективного перетворення енергії та ізольованої передачі даних при живленні від джерел з обмеженими можливостями за струмом, як-от перетворювачі температури, потоку/витрат і тиску. Основними компонентами інтерфейсу TIDA-010018 є:

- ISO7041 — 4-канальний цифровий ізолятор з ультранизьким енергоспоживанням;
- TPS60402 — генератор підкачування заряду з фіксованою частотою перемикання 50 кГц і вихідним струмом до 60 мА;
- TPS62125 — понижувальний DC/DC-перетворювач напруги 3–17 В/300 мА;
- TPS62745 — здвоєний понижувальний перетворювач для малопотужних бездротових застосувань;
- TPS727 — стабілізатор з низьким падінням напруги для бездротових застосувань.

**TIDA-01504** — високоточний польовий передавач (перетворювач) з HART модемом (див. рис. 4). Пристрій призначений для застосування в системах автоматизації виробничих процесів, перетворювачах температури, тиску, потоку, рівня і тиску з видачею даних за протоколом HART, який використовується в таких застосуваннях. Основними компонентами приладу є:

- DAC8740 — HART-модем з низьким енергоспоживанням, призначений для керування технологічними процесами в промисловості та автоматизації виробництва;
- DAC8830 — 16-розрядний ЦАП з ультранизьким енергоспоживанням;
- MSP430FR596 — 16-розрядний 16 МГц RISC-мікроконтролер з ультранизьким енергоспоживанням,

**WeEn Semiconductors** є глобальною компанією — це спільне підприємство, створене в 2016 році компаніями NXP Semiconductor N.V. та Beijing JianGuang Asset Management Co. Ltd з Китаю. Головний офіс компанії розташований у Шанхаї, Китай. Елементи, вироблені компанією WeEn Semiconductors, створюються завдяки участі досвідченого колективу, який до 2016 року був частиною голландського виробника напівпровідників — компанії NXP (раніше Philips).

WeEn займається біполярною технологією, розробляє та виробляє широку гаму тиристорів, симісторів, діодів (у тому числі силових), високовольних транзисторів, компонентів на базі SiC та інших елементів, що широко використовуються в промисловості, автомобілебудуванні, телекомунікації, освітленні, побутовій електроніці тощо. Ця продукція народжується безпосередньо у NXP.

WeEn має заводи в Китаї, науково-дослідні центри (R&D) у Великій Британії та Шанхаї, а також торговельну підтримку в багатьох країнах світу.



# MASTEK

Авторизований дистриб'ютор  
WeEn в Україні

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

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

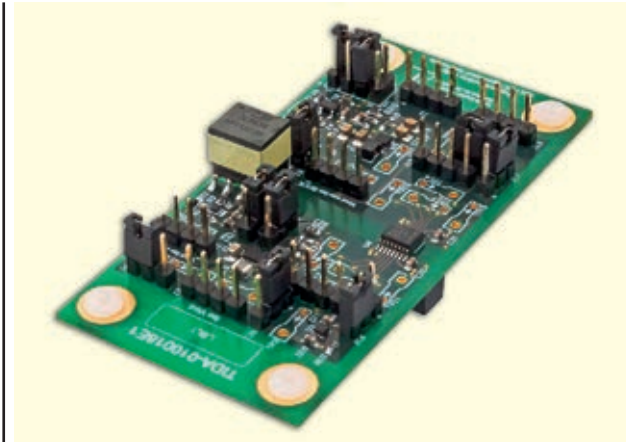


Рис. 3. Еталонний комплект TIDA-010018

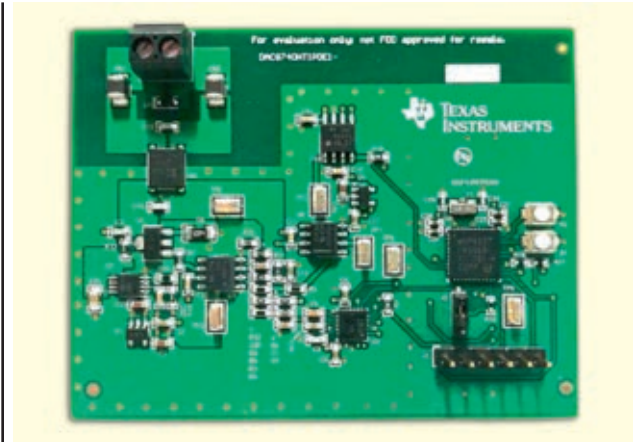


Рис. 4. Плата TIDA-01504

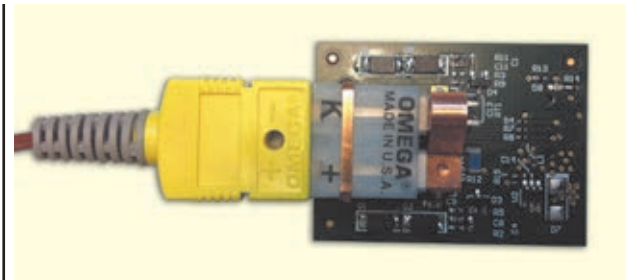


Рис. 5. Модуль TIDA-00650



Рис. 6. Комплект SensorTag

16-канальним аналоговим компаратором, 12-розрядним АЦП, ОЗП 64 Кбайт FRAM, 2 Кбайт SRAM, 40 портами вводу/виводу загальнопризначення.

Нагадаємо, що HART-протокол є відкритим стандартом методу мережевого обміну, розробленим компанією Rosemount Inc. ще в 1980 році. Цей протокол широко застосовується і зараз. Обмін даними між пристроями здійснюється аналоговим каналом зв'язку зі швидкістю 1200 біт/с. Основними перевагами цього методу є: чудова сумісність з аналоговими датчиками та наявним обладнанням 4 ... 20 мА, передача параметрів і цифровий інтерфейс за однією лінією зв'язку та великий вибір сумісних продуктів, що постійно зростає.

**TIDA-00650** — датчик-перетворювач для термопар у форм-факторі DevPack (див. рис. 5) для під'єднання до налагоджувального модуля TI SensorTag (TIDC CC2650STK-Sensortag). За допомогою цього приладу розробники можуть створювати рішення для підключення датчиків температури до бездротових мереж Bluetooth, Zigbee, Wi-Fi, Sub-1 GHz. Пристрій дає змогу вимірювати температуру в діапазоні від  $-270$  до  $+1372$  °C із 24-розрядною дискретизацією, що забезпечується дельта-сигма АЦП ADS1220. Крім АЦП

ADS1220 на платі пристрою встановлено: комутатор увімкнення/вимкнення TS5A3159, еталонна термопара PT100 для виконання процедури компенсації температури холодного спая вимірювальної термопари та інші компоненти. Виведення даних про температуру у форматі SPI здійснюється через роз'єм SensorTag DevPack Connector. Сфери застосування пристрою: ізольовані датчики температури та польові передавачі (перетворювачі), автоматизація виробничих процесів і моніторинг компонентів обладнання, системи автоматизації будівель, портативні вимірювальні прилади.

**TIDC-CC2650STK** — це тестувальний модуль SensorTag, призначений для налагодження рішень IoT з можливістю з'єднання з хмарними сервісами. Пристрій виконано на мініатюрній платі та доповнено 10 МЕМС датчиками (див. рис. 6). Даний модуль має широкі можливості з під'єднання різних датчиків і вибору стандартів бездротового зв'язку. З модулем SensorTag можна використовувати програми для iOS і Android без будь-яких навичок програмування. Модуль вирізняється дуже низьким енергоспоживанням і може працювати від батареї протягом тривалого часу.

Модуль SensorTag надає можливість під'єднання великої кількості датчиків,

включно з датчиками освітлення, цифровим мікрофоном, магнітним датчиком, акселерометрами, гіроскопами, датчиками тиску, вологості, температури. Якщо датчик під'єднаний до «хмари», то доступ до нього можливий з будь-якої точки світу. Без підключення до «хмари» дані можна зчитувати в радіусі дії обраного стандарту зв'язку за допомогою мобільних пристроїв.

До комплекту постачання входять: сам SensorTag, батарея CR2032, інструкція із запуску програми для iOS і Android. Можливе розширення функціональності комплекту за допомогою налагоджувальної плати DevPack. Прилад побудований на бездротовому мікроконтролері CC2650 з ядром ARM Cortex-M3.

Основними сферами застосування є: портативні пристрої для смартфонів, домашня автоматика, схеми для підключення датчиків, інтелектуальне спостереження, метеостанції.

Широкий асортимент сучасної високотехнологічної продукції, яку пропонує Texas Instruments, дає змогу компанії надійно закріпитися на ринку IoT- і IIoT рішень, що швидко зростає. На особливу увагу заслуговує досить широка номенклатура налагоджувальних модулів, що дає змогу розробникам швидко й ефективно реалізовувати найрізноманітніші проекти.

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



ПРОМИСЛОВІ  
ЗАСТОСУВАННЯ



МЕДИЧНЕ  
ОБЛАДНАННЯ



АВТОМОБІЛЬНА  
ЕЛЕКТРОНІКА



РОЗУМНИЙ  
ТРАНСПОРТ



РОЗУМНА  
ЕНЕРГІЯ



**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)

### 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

AP/G	M/W	32/88	F/11	103	T	4	T	G	S
<b>Brand</b> Geehy	<b>M:MCU</b> <b>W:Wireless</b>	<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  
sales@eic.com.ua  
+38 044 33 44 575



# Мікроконтролери PIC і AVR спрощують периферію

**Росс Сатчелл (Ross Satchell), Microchip Technology**

**Переклад та редагування: Ірина Приходько, к.т.н., доцент кафедри ПРЕ, РТФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського**

**При розробці надійних периферійних вузлів розробники вбудованих систем часто відштовхуються від чотирьох основних чинників: інтерфейс датчика, низьке енергоспоживання, фактичний розмір і безпека.**

**Компанія Microchip Technology пропонує мікроконтролери (MCU) з широким діапазоном вхідної напруги від 1.8 до 5.5 В, що робить їх незамінними в середовищах з шумами. Оскільки всі сигнали можуть бути виділені на фоні шуму, існує можливість подавати або приймати струм до 50 мА на окремі виводи GPIO, а також працювати в промисловому (від -40 до +85 °C) і розширеному (від -40 до 125 °C) температурних діапазонах. В даній статті ми розглянемо ці чотири чинники по черзі.**

## ІНТЕРФЕЙСИ ДАТЧИКІВ

Існує кілька поширених різновидів інтерфейсів датчиків. Зазвичай розробники вбудованих систем використовують: аналогові датчики, з неперервною напругою або струмом, цифрові датчики, які можуть використовувати логічні рівні або потоки даних, наприклад, послідовний зв'язок, широтно-імпульсну модуляцію (ШИМ), наприклад, датчики положення дросельної заслінки, або датчики часу польоту, що використовуються для вимірювання дальності. Розглянемо деякі з них більш детально.

### Інтерфейси аналогових датчиків

Вибір між дискретними аналоговими та інтегрованими на кристалі аналоговими інтерфейсами надає можливість користувачу обрати відповідний аналоговий інструмент для вирішення своєї задачі. Завдяки використанню більш масштабного технологічного процесу на наших кремнієвих пластинах, аналогові периферійні пристрої на кристалі набагато менш чутливі до перехресних завад, а також індуктивних і емнісних шумів, які зростають, коли виробники переходять на значно тонші технологічні процеси. Аналогові

периферійні пристрої Microchip, що інтегровані на кристалі, налаштовуються так само, як і будь-які інші периферійні пристрої. Завдяки інтегрованій периферії користувач може зчитувати її як вхідні дані, наприклад, він може захотіти дізнатися, якими є стан входів компаратора на певному етапі роботи програми.

Розглянемо деякі з цих аналогових периферійних пристроїв, починаючи з операційних підсилювачів.

### Інтегровані операційні підсилювачі

Інтегровані операційні підсилювачі Microchip мають відповідні пасивні елементи на кристалі, а саме внутрішні резистори схеми, що дозволяють встановлювати програмно коефіцієнт підсилення і навіть змінювати його під час виконання програми. Крім того, під час роботи також можна змінювати конфігурацію операційного підсилювача, тобто користувач може переключатись між операціями інвертування, неінвертування, одиничного підсилення (повторювач напруги) та застосовувати звичайні дискретні конфігурації, що надає набагато більшу гнучкість, ніж використання лише дискретних компонентів, при цьому мінімізуючи витрати.

Зазвичай, використовуючи дискретні компоненти, розробник змушений розробляти свою програму обробки змішаних сигналів для роботи з найгіршими сценаріями, і, таким чином, доводиться жертвувати деякими показниками продуктивності. Однак використання інтегрованих аналогових периферійних пристроїв дозволяє користувачеві вбудувати певний інтелект у свою програму, де вбудована система може змінювати коефіцієнт підсилення операційного підсилювача, конфігурацію або навіть каскадувати їх на «льоту». Це означає, що користувач може розробити свій проект для оптимальної роботи з кожним окремим сценарієм, користуючись при цьому перевагами низького енергоспоживання периферійних пристроїв порівняно з програмно-орієнтованими рішеннями.

Потрібно сказати, що інтегральний операційний підсилювач не є «чарівною паличкою», і як такий він далеко не завжди буде оптимальним рішенням для кожного можливого застосування. Наприклад, якщо користувач розробляє програму, де йому потрібна висока аналогова продуктивність, конфігурація з двома джерелами живлення або особливий варіант, тоді йому слід звернути увагу на широкий асортимент дискретних операційних підсилювачів Microchip. Це ідеальний випадок вибору правильного інструменту для виконання поставленої задачі.

### Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) з розширеними можливостями

Розширені можливості периферійних пристроїв АЦП від Microchip включають апаратні функції, які традиційно були доступні лише за допомогою програмно-орієнтованих драйверів. Це такі функції як накопичення, паралельна обробка, усереднення, віконна обробка та фільтрація. Зазвичай, ці периферійні

пристрої АЦП можуть використовувати зовнішню опорну напругу, але вони також можуть використовувати декілька різних внутрішніх джерел опорної напруги разом з функцією автоматичного перетворення. Це призводить до того, що користувач має доступ до апаратних функцій, які можна використовувати при роботі процесора в режимах низького енергоспоживання. Наприклад, користувач може налаштувати віконну обробку АЦП, яка запускає ЦП лише тоді, коли вхідний сигнал знаходиться за межами цього вікна для його належної обробки. Це означає, що процесор працює з набагато меншою кількістю включень, що призводить до значної економії енергії, що є надзвичайно важливим для застосувань з низьким енергоспоживанням. Це має додаткову перевагу — зменшення системного шуму і, відповідно, шуму датчика, оскільки цифрові компоненти, такі як тактовий генератор і ШІМ, можуть бути відключені, коли вони не використовуються.

### Інтерфейси цифрових датчиків

Зазвичай, на початку розробки програми для вбудованих систем, розробник намагається, наскільки це можливо, об'єднати свої датчики і пристрої навколо однієї області напруги. Це робиться для того, щоб уникнути додаткової складності, збільшення затримки розповсюдження сигналу і пов'язаних з цим витрат на специфікацію матеріалів (Bill of Materials, BOM) і друковану плату, пов'язаних з використанням схем зі зміщенням рівня напруги.

### Порти I/O, сумісні з різними логічними рівнями

Багатопозиційний ввід/вивід (MVIO) дозволяє користувачеві налаштувати один повноцінний порт вводу/виводу, використовуючи діапазон напруги 1.62–5.5 В. Периферійні пристрої MVIO під час використання споживають лише 500 нА, що робить їх ідеальними для застосувань з низьким енергоспоживанням. Вся цифрова обробка послідовних протоколів (I2C, SPI, USART), ШІМ і GPIO працює тільки в завданій області напруги, а рівні вхідних тригерів Шмітта масштабуються відповідно до неї. Крім того, друга шина напруги може бути розділена для використання АЦП як вхідної опорної напруги.

### Конфігуровані логічні елементи (Configurable Logic Cell, CLC)

Користувач може налаштувати цей периферійний пристрій як одну з декіль-

кох різних логічних конфігурацій, які, залежно від пристрою, включають наступні типи вентилів: AND, NAND, AND-OR, AND-OR-INVERT, OR-XOR, OR-XNOR. Користувач також може вибрати одну з наступних засувов і тригерів: S-R засувка, J-K тригер зі скиданням, D-засувка з S-R-керуванням, тактуема D-засувка з S-R-керуванням. Користувач може використовувати графічні інструменти налаштування Microchip для спрощення створення власних периферійних пристроїв відповідно до вимог своїх застосувань.

Це може бути щось просте, наприклад, придушення брязкоту контактів кнопок, або апаратний драйвер для індивідуально адресованих RGB-світлодіодів WS2812B, який поєднує в собі SPI, ШІМ і CLC для створення користувацького драйвера периферійного пристрою. Традиційно драйвери для цих індивідуально адресованих світлодіодів, які використовують спеціальний протокол зв'язку, є програмно керуваними, що вимагає використання високошвидкісного системного тактового генератора і призводить до значного навантаження на центральний процесор. Однак, використовуючи незалежні від ядра периферійні пристрої (Core Independent Peripherals, CIP), можна зменшити тактову частоту системи, збільшити час роботи центрального процесора в режимах з низьким енергоспоживанням або навіть використовувати його для паралельного виконання інших завдань.

Використання периферійних пристроїв також збільшує швидкість реакції порівняно з використанням центрального процесора. Це пов'язано з тим, що затримка периферійного поширення зазвичай становить наносекунди, тоді як затримка на переривання або інші затримки через програмно-орієнтовану обробку, як правило, на порядки більші.

### НИЗЬКЕ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

8-розрядні мікропроцесори компанії Microchip пропонують три режими зниженого енергоспоживання (сплячий режим): Idle, Standby, Power-Down, а також конфігурований режим очікування, в якому периферійні пристрої можна налаштувати як ввімкнені, так і вимкнені. З вимкненими периферійними пристроями та в режимі енергозбереження AVR-DB споживає лише 700 нА, що робить його ідеальним для забезпечення тривалої роботи від батареї в малопотужних периферійних вузлах дистанційного вимірювання.

Користувач може використовувати систему подій AVR для передачі сигналів між периферійними пристроями без пробудження центрального процесора. Це призводить до передбачуваного часу відгуку між периферійними пристроями, що забезпечує їх автономне керування та взаємодію, а також синхронізацію дій у часі.

Інтегровані мікросхеми CIP також тісно взаємопов'язані між собою, що дозволяє напряму маршрутизувати сигнали між периферійними пристроями, що значно спрощує передачу даних між ними з меншим споживанням енергії, ніж у програмно-орієнтованих розробках.

### ФАКТИЧНИЙ РОЗМІР

Асортимент 8-розрядних мікроконтролерів PIC і AVR від Microchip представлено в різних корпусах для різноманітних потреб, включаючи PDIP, SOIC, SSOP, VQFN і TQFP. Це дозволяє створити більш гнучкий остаточний дизайн друкованої плати. Однак необхідно мати на увазі, що максимальний номінальний струм мікроконтролера може бути обмежений характеристиками розсіюваної потужності корпусом пристрою.

### БЕЗПЕКА

Останніми роками спостерігається перехід від сенсорних вузлів, які обробляють дані в хмарі, до периферійних вузлів, які виконують більшу частину або всю свою обробку локально, перш ніж відправляти результати в хмару. Це зменшує поточні витрати, пов'язані з хмарними сервісами, завдяки зменшенню об'єму двонаправленої передачі даних та обчислень, а також збільшенню енергоспоживання сенсорних вузлів через часту передачу великих обсягів даних за рахунок надсилання необроблених даних до хмари.

Розробники вбудованих систем можуть об'єднати менш потужний 8-розрядний мікроконтролер для безпосередньої взаємодії з датчиками, з більш потужним 16- або 32-розрядним пристроєм, який можна використовувати для більшого обчислювального навантаження і підвищених вимог до пам'яті, пов'язаних зі складнішими і безпечнішими стеками зв'язку. Зменшення загальної кількості передач даних між периферійним вузлом і хмарним сервісом дозволяє значно скоротити поточні

витрати на хмарні сервіси і витрати заряду акумулятора. Крім того, завдяки використанню другого, більш потужного MCU, інженери можуть навіть виконувати машинне навчання (Machine Learning, ML) на периферії, що робить дизайн системи набагато потужнішим для виявлення закономірностей в даних і отримання корисної інформації.

Розробники також можуть скористатися перевагами захищених елементів Microchip, включаючи АТЕС608В, який використовує алгоритм цифрового підпису ECDSA (*Elliptic Curve Digital Signature Algorithm*) для перевірки автентифікації для Інтернету речей (IoT), що робить його ідеальним для надійних кінцевих вузлів датчиків.

### ПРОСТІ У ВИКОРИСТАННІ ПРОГРАМНІ ІНСТРУМЕНТИ ДОПОМАГАЮТЬ ЗМЕНШИТИ ВИТРАТИ НА РОЗРОБКУ

Використовуючи інтегровані на кристалі периферійні пристрої, можна зменшити складність проектування друкованої плати, заощаджуючи її площу та зменшуючи загальну кількість компонентів у специфікації. Це ще більше спрощується завдяки використанню графічних програмних інструментів MCC/Melody і Harmony для налаштування периферійних пристроїв і системи. Їх можна використовувати для швидкого запуску та роботи, оскільки вони пропонують високорівневе представлення MCU та периферійних функцій. Це означає, що користувач може значно скоротити час, який він витрачає на вивчення специфікацій своїх мікроконтролерів. Це ідеально підходить для розробників при оцінці нових або, можливо, незнайомих периферійних функцій та генерує придатний для використання код для виробництва або може бути використано як зручна довідка для людей, які хочуть розробити власні драйвери.

Всі продукти MCU і MPU, що пропонуються компанією Microchip, можуть бути запрограмовані за допомогою середовища MPLABX IDE (рис 1), яке працює під Windows, MacOS і Linux з використанням нашого асортименту компіляторів, включаючи XC8, XC16 і XC32. Розробник може налагоджувати свою програму, не виходячи з IDE, і може використовувати Data Visualizer для підключення до інтерфейсу шлюзу даних (DGL), послідовних портів, а також виводити інформацію на термінал або графічно зображати значення даних у часі. Візуалізатор даних (Data Visualizer) та-

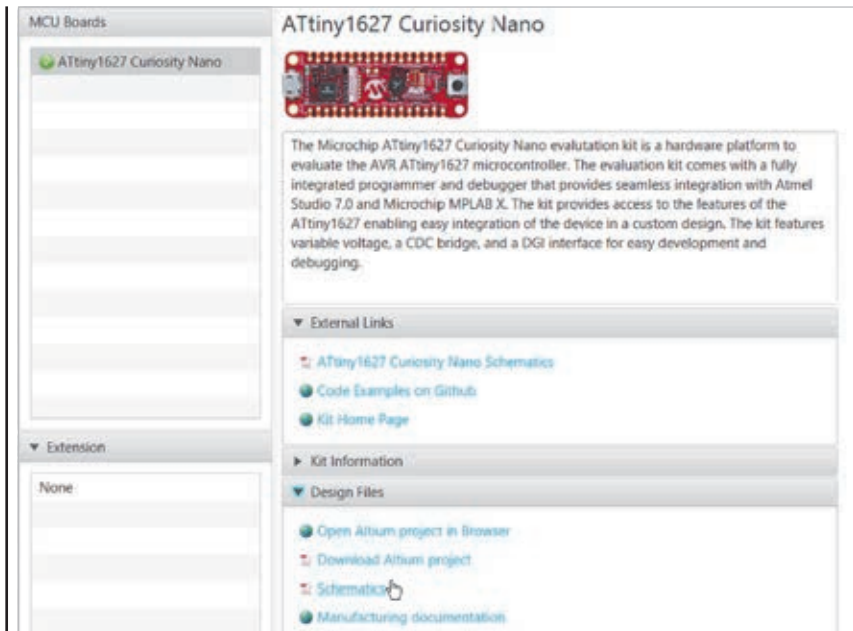


Рис. 1. Вікно MPLABX IDE Curiosity Nano Kit із зовнішніми посиланнями та проектними файлами

кож можна використовувати з Microchip Power Debugger, який має два незалежні канали вимірювання, може подавати до 100 мА при напрузі від 1.6 до 5.5 В для живлення цільового пристрою і може вимірювати до 100 нА в каналі з високою роздільною здатністю. Це робить Power Debugger ідеальним для оптимізації малопотужних додатків, які повинні працювати від батареї роками.

Доступ до технічного опису пристрою та іншої корисної документації можна отримати в MPLABX у вікні Kit Window. Кожна специфікація охоплює сімейство пристроїв, що дозволяє користувачеві порівнювати пристрої в межах сімейства, щоб визначити ті, що найкраще відповідають його проектним вимогам. Такі вимоги включають пам'ять, оперативну пам'ять, тип і кількість периферійних пристроїв, включаючи підтримувані послідовні протоколи та конфігуровані логічні елементи (CLC). При використанні плати для розробки PIC або AVR Curiosity Nano можна також отримати доступ до Посібника користувача обладнання Curiosity Nano, прикладів коду GitHub, схем і файлів проекту Altium у вікні Kit Window.

### ПРОСТІ У ВИКОРИСТАННІ АПАРАТНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ПРОГРАМУВАННЯ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ

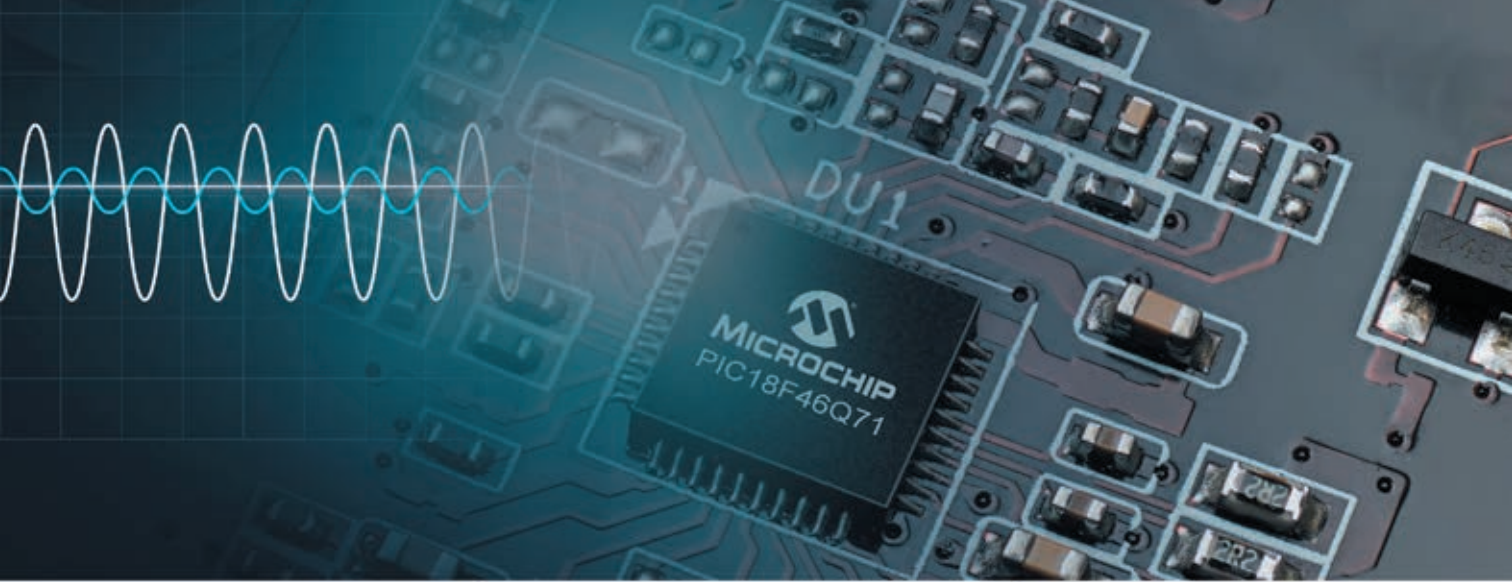
Компанія Microchip пропонує різноманітні апаратні засоби для оцін-

ки MCU, такі як плати для розробки Curiosity Nano, які можна застосовувати з платою Curiosity Nano Base, що дозволяє легко використовувати будь-які дочірні плати з роз'ємами MikroBUS. Це значно спрощує розробку прототипу або перевірку концепції. Потім, коли розробник починає розробляти власну друковану плату для своєї програми, він може програмувати і налагоджувати її за допомогою програмного налагоджувача PICKit.

### ВИСНОВОК

Використовуючи лінійку 8-розрядних мікроконтролерів PIC і AVR від Microchip, інженери і розробники вбудованих систем можуть легше і швидше розробляти надійні периферійні вузли датчиків з низьким енергоспоживанням, ніж будь-коли раніше, при цьому йдучи на менші компроміси. Розробники можуть використовувати потужний набір незалежних від ядра периферійних пристроїв (CIP), в тому числі створювати власні розробки із застосуванням апаратних функцій, які традиційно вимагали енергоємного втручання центрального процесора, залишаючись при цьому в режимі зниженого енергоспоживання (сплячому режимі). Завдяки мікроконтролерам PIC і AVR компанія Microchip робить розробку вузлів дистанційного вимірювання, хмарних підключень і ML простішою, ніж будь-коли!





## Зменшення шуму в аналогових сигналах

### Аналогові мікроконтролери PIC18-Q71 з гнучкою периферією

Сімейство мікроконтролерів PIC18-Q71 розширює портфоліо продуктів PIC18 завдяки широкому переліку аналогових функцій, що спрощують взаємодію з датчиками і вимірювання аналогових сигналів, оптимізують продуктивність системи і знижують вартість BOM. Це сімейство продуктів доступне в різних варіантах корпусів і обсягів пам'яті для різних застосувань, включаючи світлодіодне освітлення, профілактичне обслуговування, медицину, домашню автоматизацію, керування промисловими процесами, автомобільну промисловість та Інтернет речей (IoT).

#### Основні характеристики:

- 12-розрядний диференціальний АЦП з обчисленнями і контекстним перемиканням
- Два операційні підсилювачі
- Два 8-бітних ЦАП
- Один 10-розрядний буферний ЦАП
- Два аналогових компаратора
- Менеджер аналогової периферії для оптимізації енергоспоживання
- 8-бітний порт маршрутизації сигналів для міжпериферійних з'єднань



[microchip.com/PIC18-Q71-family](http://microchip.com/PIC18-Q71-family)

Товари і послуги Microchip та логотип Microchip є зареєстрованими торговельними знаками компанії Microchip Technology, Inc. в США та інших країнах. Ці товари можуть бути також і іншими зареєстрованими знаками Microchip Technology, Inc. За більшю інформацією зверніться до Microchip Technology, Inc. за адресою: 3600 Willow Road, Chandler, AZ 85226, USA. © 2014 Microchip Technology, Inc. WS15000-000-0000-0000

# Як підвищити надійність та ефективність розумних термостатів

Райан Шихен (Ryan Sheahen), Littelfuse

Розумні термостати стали популярним засобом енергозбереження для будинків, офісних будівель і торгових об'єктів. З 2018 року ринок розумних термостатів зростає з високим середньорічним темпом CAGR (Compound annual growth rate) у 22%. Завдяки такому високому зростанню виробники можуть легко завдяки такому високому зростанню інновації в нових моделях. Майбутні розумні термостати надаватимуть широкий спектр інформації, включаючи аудит енергоспоживання та порівняльні дані щодо споживання енергії до та після оновлення системи ОВК (опалення, вентиляція та кондиціювання повітря).

З часом розумні термостати будуть використовувати ще більше технологій, таких як широкий спектр інтерфейсів IoT для керування та передачі даних. Крім того, ці пристрої працюватимуть від мережі змінного струму та матимуть резервне живлення від батареї, щоб залишатися в робочому стані під час відключення електроенергії.

Щоб забезпечити високу надійність розумного термостата, інженери-конструктори повинні використовувати надійні компоненти для захисту тер-

мостата від потенційно небезпечних зовнішніх загроз, таких як перевантаження по струму в мережі, перехідні процеси напруги та електростатичні розряди (*electrostatic discharge, ESD*). З цієї статті розробники дізнаються, як захистити свої чутливі електронні схеми від таких небезпек. Маючи цю інформацію, розробники зможуть впевнено розробляти розумні термостати, які можуть витримувати небезпечні перехідні процеси та бути надзвичайно стійкими та надійними.

**Компанія CEA — офіційний дистриб'ютор Littelfuse на території України. Бренд зарекомендував себе на ринку як надійний та високоефективний виробник. Ознайомтесь з широкою номенклатурою електронних компонентів за посиланням на сайт.**

## ОГЛЯД РОБОТИ РОЗУМНОГО ТЕРМОСТАТА

Розумний термостат може виконувати широкий спектр функцій. Як і у випадку з будь-яким іншим термостатом, основною функцією розумного термостата є моніторинг температури навколишнього середовища та активація системи ОВК, коли це необхідно, для підтримання заданої температури термостата. Функції, які роблять термостат розумним, містять у собі:

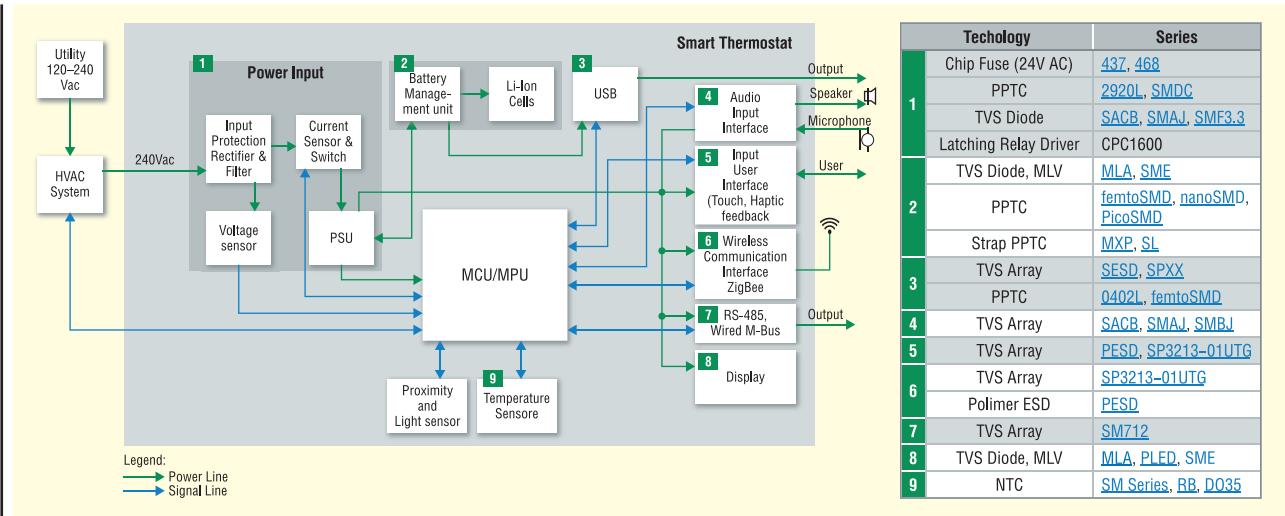
- передачу інформації про стан системи ОВК;
- обробку контрольної інформації з віддаленого пристрою, такого як смартфон, ПК або планшет;
- сповіщення власника або менеджера про необхідність вжиття заходів.

Деякі розумні термостати мають акумуляторну батарею для резервного живлення на випадок перебоїв у мережі змінного струму. На рисунку 1 зображено приклад розумного термостата. У рамках навколо зображення описані його функції та перелічені рекомендовані технології для захисту, контролю та вимірювання, які підвищують надійність та ефективність розумного термостата.

На рисунку 2 показано детальну структурну схему розумного термостата. У таблиці праворуч від структурної схеми перераховані рекомендовані компоненти, які захищають елементи



Рис. 1. Приклад розумного термостата



	Technology	Series
1	Chip Fuse (24V AC)	437, 468
	PPTC	2920L, SMDC
	TVS Diode	SACB, SMAJ, SMF3.3
2	Latching Relay Driver	CPC1600
	TVS Diode, MLV	MLA, SME
	PPTC	femtoSMD, nanoSMD, PicoSMD
3	Strap PPTC	MXP, SL
	TVS Array	SESD, SPXX
4	PPTC	Q402L, femtoSMD
	TVS Array	SACB, SMAJ, SMBJ
5	TVS Array	PESD, SP3213-01UTG
	TVS Array	SP3213-01UTG
6	Polimer ESD	PESD
	TVS Array	SM712
7	TVS Diode, MLV	MLA, PLED, SME
	NTC	SM Series, RB, DO35

Рис. 2. Структурна схема розумного термостата

схеми та забезпечують ефективне керування і вимірювання. Надалі описані небезпечні фактори, які можуть пошкодити схему, а також рекомендовані компоненти захисту, керування та вимірювання, необхідні для забезпечення високої надійності та ефективності.

### ЗАХИСТ РОЗУМНОГО ТЕРМОСТАТА ВІД ПЕРЕВАНТАЖЕНЬ, ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО РОЗРЯДУ

#### Блок живлення

Блок живлення перетворює вхідну напругу 24 В змінного струму від системи ОВК на напругу постійного струму, яка живить всі інші блоки схеми. Хоча система ОВК знижує напругу змінного струму мережі живлення термостата до 24 В змінного струму, лінія 24 В змінного струму все ще чутлива до струмів перевантаження та перехідних процесів напруги, які можуть проходити через систему ОВК.

Щоб захистити джерело живлення від тривалих перевантажень за струмом, використовуйте запобіжник з часовою затримкою, щоб запобіжник витримував пускові струми, спричинені вмиканням і вимиканням двигунів. Запобіжник з часовою затримкою дозволяє уникнути неприємних відключень, спричинених пусковими струмами. Для низьковольтних схем доступні мініатюрні запобіжники з осовим виводом і для поверхневого монтажу, що дозволяють заощадити дорогоцінний простір на платі ПК.

Полімерний запобіжник з позитивним температурним коефіцієнтом (PPTC)

і з можливістю перезавантаження є альтернативою стандартному одноразовому запобіжнику. Запобіжник спрацює внаслідок нагрівання під дією струму перевантаження, проте він повертається в початковий стан, коли його температура падає нижче порогового рівня, і він не потребує заміни після того, як спрацював.

Удари блискавки в лінію електропередач і великі двигуни, що індукують зворотні напруги ЕРС в лінії електропередач, можуть призвести до руйнівних перехідних перевантажень. Ці напруги можуть досягати рівня кіловольт. Хоча система ОВК може мати захист від таких перевантажень, частина енергії може проходити через контур ОВК до блоку живлення. Використовуйте діод для придушення викидів напруги при перехідних процесах (TVS) для фіксації та поглинання залишкової перехідної напруги та її енергії. Діоди TVS забезпечують:

- надшвидкий час відгуку менше 1 пс;
- низькі напруги фіксації для захисту чутливих напівпровідників;
- здатність безпечно поглинати пікову імпульсну потужність 400 Вт;
- двонаправлені та однонаправлені конфігурації;
- версії для поверхневого монтажу.

На рисунку 3 показані умовні позначення двонаправлених і однонаправлених TVS-діодів. Два діоди, показані в двонаправленій конфігурації, використовують діоди, підключені катод-катод.

#### Блок керування батареєю

Блок керування батареєю гарантує, що всі елементи батареї однаково живлять навантаження, і контролює стан заряду елементів. Для захисту напівпровідникової схеми керування від перепадів напруги та електростатичного розряду

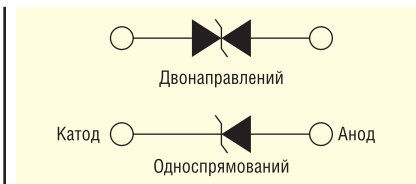


Рис. 3. Двонаправлені TVS-діоди, з'єднані катод-катод і однонаправлений TVS-діод

використовуйте TVS-діод. Розглянемо TVS-діод або багатозарядний варистор (MLV). Будь-який з цих пристроїв може забезпечити дуже низьку напругу спрацювання для захисту низьковольтних напівпровідників і забезпечити захист від електростатичного розряду відповідно до стандарту електромагнітної сумісності IEC 61000-4-2.

Розробники повинні запобігати перезарядженню та перегріванню акумуляторів, використовуючи перезарядні запобіжники PPTC. Різновиди запобіжників PPTC можуть бути як компонентами для поверхневого монтажу на платі ПК, так і безпосередньо встановлюватися на акумуляторну батарею для швидкого виявлення стану перегріву.

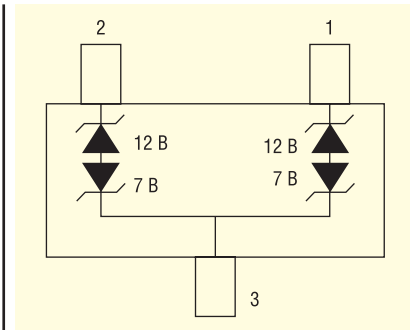
#### Інтерфейси вводу/виводу

Розумний термостат може мати кілька дротових і бездротових інтерфейсів. Інтерфейси піддаються впливу небезпечних факторів зовнішнього середовища, як правило, електростатичного розряду.

Для USB-інтерфейсу використовуйте TVS-діоди для захисту від електростатичного розряду. Дивіться на:

- мінімальне безпечне поглинання електростатичного розряду  $\pm 20$  кВ через повітря або при прямому контакті з людиною;





**Рис. 4. Схема асиметричної матриці TVS-діодів для поглинання перехідних напруг і електростатичного розряду на кожній з ліній передачі даних RS-485**

- ємність не більше 1 пФ для мінімальних спотворень переданих і прийнятих сигналів;
- низька напруга спрацювання — не більше 10 В;
- однонаправлений або двонаправлений діод;
- струм витoku менше 100 нА.

Для захисту USB-інтерфейсу від перевантажень за струмом розгляньте запобіжник PPTC з можливістю перезавантаження. Шукайте невелику модель, щоб заощадити місце на платі ПК.

Інтерфейс аудіовходу виводить сигнали тривоги та має вхід, що активується голосом. Захистіть лінії вводу/виводу цього інтерфейсу за допомогою TVS-діода. Для кожної лінії можна використовувати однонаправлений або двонаправлений діод.

Інтерфейс користувача містить панель введення даних. Інтерфейс бездротового зв'язку Zigbee передає дані та отримує інформацію для керування від таких пристроїв, як смартфон або планшетний ПК. Обидва інтерфейси потребують захисту від електростатичного розряду. Діодні матриці TVS, які забезпечують щонайменше 10 кВ двонаправ-

леного поглинання енергії, надійно захищать ці два інтерфейси. Альтернативою TVS-діодам для інтерфейсу бездротового зв'язку є полімерний пригнічувач електростатичного розряду (ESD). Полімерний пригнічувач електростатичного розряду (ESD) має дуже низьку ємність, зазвичай близько 0.25 пФ, щоб мінімізувати його вплив на радіочастотні сигнали, час відгуку менше 1 нс і типовий струм витoku менше 10 нА.

Провідна шина M-Bus RS-485 у комерційному розумному термостаті забезпечує передачу даних до зовнішньої системи. Для захисту робочих напруг  $-7$  В і  $+12$  В на лініях даних RS-485 використовуйте асиметричну матрицю діодів TVS. Також зверніть увагу на високе поглинання електростатичного розряду вище 20 кВ. Один компонент, як показано на рисунку 4, захищає обидві лінії даних.

Останнім інтерфейсом є дисплей, який, як мінімум, показує налаштування температури та фактичну температуру в приміщенні. Для захисту схеми дисплея можна використовувати TVS діод, такий як той, що рекомендується для блоку керування батареєю, або багатшаровий варистор.

### Ефективне керування та вимірювання

Розглянемо драйвер реле з фіксацією для керування живленням блоків розумного термостата. Щоб уникнути створення електромагнітних завад (EMI) під час перемикання, шукайте драйвер, який перемикається, коли напруга мережі змінного струму переходить через 0 В. Крім того, реле з фіксацією дозволяють заощадити на енергоспоживанні, оскільки вони не споживають енергію в замкненому стані.

Найважливішим елементом розумного термостата є датчик температури. Розглянемо можливість використання термістора, елемента з від'ємним тем-

пературним коефіцієнтом (NTC). Термістори забезпечують кращу точність, ніж інші типи температурних датчиків, і визначають широкий діапазон температур — від  $-55$  до  $+220$  °С. Використовуйте герметично закритий термістор, щоб отримати довгострокову надійність і стабільність. Невеликі версії для поверхневого монтажу економлять місце на платі ПК і дозволяють автоматизувати встановлення.

### СТАНДАРТИ БЕЗПЕКИ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДО РОЗУМНИХ ТЕРМОСТАТІВ

Розробники повинні знати стандарти, які застосовуються до розумних термостатів, і в таблиці 1 перераховані ці стандарти безпеки. Недотримання відповідних стандартів може призвести до неможливості проходження сертифікаційних випробувань на відповідність, додаткових витрат на розробку та затримки з виведенням на ринок.

### РОЗРОБКА ЗАХИСНИХ І ДОВГОВІЧНИХ КОМПОНЕНТІВ ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИСОКУ НАДІЙНІСТЬ

Для захисту розумного термостата та підвищення його надійності конструкторам потрібна лише невелика кількість компонентів. Складно бути експертом у всіх аспектах розробки електроніки, тому розробники можуть скористатися досвідом технічних спеціалістів виробника щодо захисту схем та ефективного керування. Вони можуть допомогти в таких питаннях:

- економічно ефективний вибір компонентів;
- поради щодо дотримання відповідних стандартів безпеки;
- попереднє тестування на дотримання вимог, щоб допомогти виявити проблеми до початку тестування на відповідність (послуга, що надається деякими виробниками).

Використання рекомендованих компонентів захисту, керування та вимірювання забезпечить ефективну роботу розумного термостата з надійним захистом від зовнішніх небезпек.

**Для того щоб придбати електронні компоненти або отримати кваліфіковану консультацію, зверніться в офіс Компанії СЕА:**  
тел.: +38 (044) 330-00-88,  
e-mail: info@sea.com.ua

CN

Таблиця 1. Стандарти безпеки для розумних термостатів	
Стандарт	Назва
UL 873	Temperature-Indicating and Regulating Equipment
ANSI/UL 60730-1	Automatic Electrical Controls — Part 2-9: Particular Requirements for Temperature Sensing Controls
UL 60730-2-1A	Automatic Electrical Controls for Household and Similar Use; Part 2: Particular Requirements for Energy Regulators
UL 1449	Standart for Surge Protective Devices
UL 1434	Standard for Safety Thermistor-Type Devices
UL 4248-9	Standart for Fuseholders
IEC 60334-2-30 Ed.5. 1b: 2016	Household and Similar Electrical Appliances — Safety — Part 2-30: Particular requirements for room heaters
UL 1642	Standard for Safety Lithium Batteries
UL 2054	Household and Commercial Batteries
IEC 62281	Safety of Primary and Secondary Lithium Cells and Batteries during transport

# Концентратор живлення і передачі даних Fischer KEYSTONE™

## Легко носити. Легко під'єднувати. Легко керувати

**Компанія Fischer Connectors випустила на ринок новий 6-портовий концентратор живлення і передачі даних Fischer KEYSTONE™ (див. відео). Це інноваційне переносне рішення для тактичного зв'язку, що відповідає вимогам програм цифрової модернізації, а саме: більше даних, вища швидкість, більша потужність і менша вага в суворих умовах експлуатації.**

Концентратор живлення і передачі даних Fischer KEYSTONE™ розроблений швейцарськими інженерами для цифрового зв'язку за стандартом MIL-spec з використанням всевітньо відомих технологій Fischer Connectors у галузі захисту, герметизації, мініатюризації та передачі даних.

Fischer KEYSTONE™ — це просте рішення для персональної мережі, яке легко розгортається і вирішує проблему зв'язку для солдатів. Легко інтегрується. Нова тактична система зв'язку дозволяє солдатам підключати і керувати кількома комунікаційними і цифровими пристроями за допомогою одного концентратора.

стю сигнатур, не відволікаючи солдата від виконання бойової задачі.

Fischer KEYSTONE™ вирішує проблему тактичного зв'язку, об'єднуючи живлення і потоки даних від усіх цифрових пристроїв солдата і одного акумулятора за допомогою легкого ергономічного компонента. Він дозволяє солдатам легко і надійно підключати і живити свої цифрові пристрої, а також ефективно керувати потоками даних (USB 2.0 і SMBus) і живленням (100 Вт/5 А макс.) через єдине джерело, яким можна керувати за допомогою простого у використанні додатку на своєму КПК.

«Солдат є центром цифрової трансформації в збройних силах, — підкреслює Джонатан Броссард, генеральний

директор Conexivity Group, материнської компанії Fischer Connectors. — Наші фахівці вирішили проблему забезпечення зв'язку для солдатів за допомогою розробленого у Швейцарії концентратора, який відповідає суворим військовим стандартам. Солдати вже знають, як ним користуватися — вони одягають його, під'єднують і йдуть».

Fischer KEYSTONE™ (рис. 1) — це комплексне рішення для підключення за стандартом MIL, що містить переносний концентратор живлення і передачі даних з 6 портами, інтегрований додаток для керування живленням (як окремий модуль і/або модуль АТАК), а також індивідуальні рішення для монтажу кабелів з роз'ємами, сумісними зі стандартами Nett Warrior/NATO STANAG 4695 та 4851.

Багатопортовий концентратор Fischer KEYSTONE™ та кабельні системи дозволяють солдатам жити свої пристрої від центральної батареї, оптимізуючи використання ресурсів для полеженого бойового спорядження. Завдяки технології SMBus концентратор відсте-

### ПРОБЛЕМА ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ СОЛДАТІВ

Солдати носять на собі численні комунікаційні та сенсорні пристрої, які підвищують їхню обізнаність щодо ситуації навколо та здатність швидко ідентифікувати потенційні загрози і вживати рішучих заходів на полі бою. Їхні пристрої потребують високого рівня живлення від автономного джерела, яке вони повинні носити з собою. Водночас їхнє цифрове обладнання має ефективно і надійно передавати величезні обсяги даних, в тому числі голос, відео та інші типи даних через багатофункціональні пристрої і системи C4ISR/C5ISR. Ці дані повинні передаватись в суворих фізичних умовах, з мінімальною кількі-



**Відео: 6-портовий концентратор живлення і передачі даних Fischer KEYSTONE™**

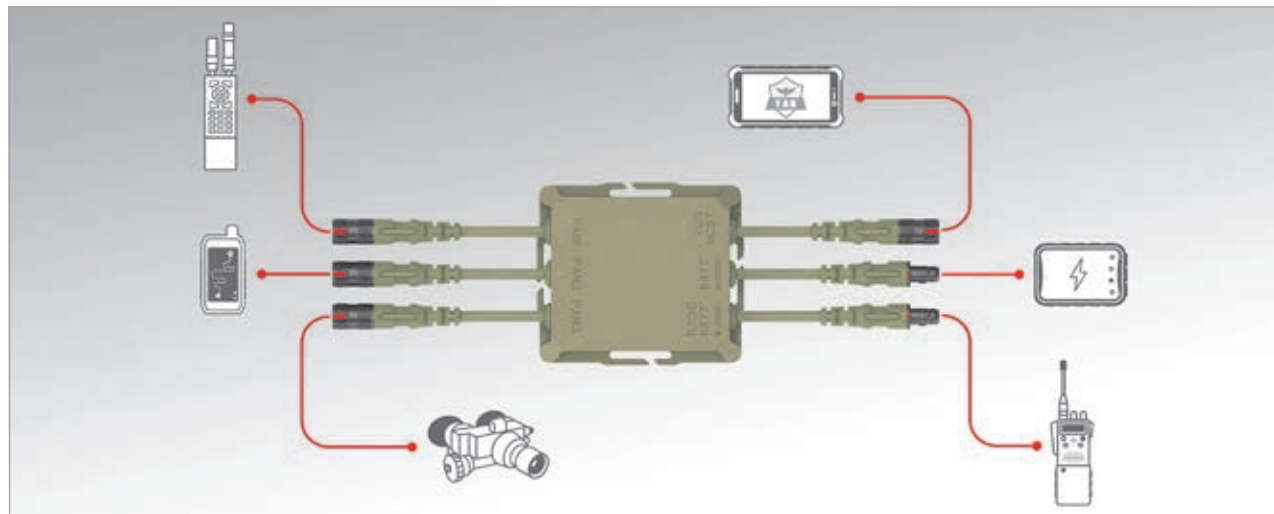


Рис. 1. Зовнішній вигляд Fischer KEYSTONE™

жує стан заряду батареї та час роботи, а користувач керує енергоспоживанням системи за допомогою додатку EUD Power Management. Для підвищення ефективності енергоспоживання окремих модулів їх можна незалежно відстежувати та контролювати.

**ЕЛЕКТРИЧНА АРХІТЕКТУРА ТА АРХІТЕКТУРА ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ**

Розглянемо більш детально основні характеристики концентратора Fischer KEYSTONE™.

Розподіл живлення VBATT (рис. 2) має такі властивості:

- підтримується широкий спектр акумуляторів, в т.ч. протокол SMBus;
- нерегульований розподіл VBATT між 10–20 В постійного струму;
- функція гарячої заміни двох батарей;

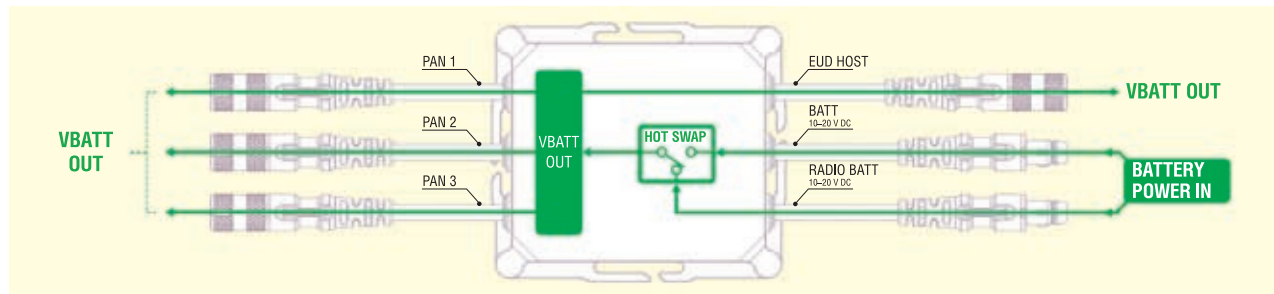


Рис. 2. Розподіл живлення 5 В постійного струму

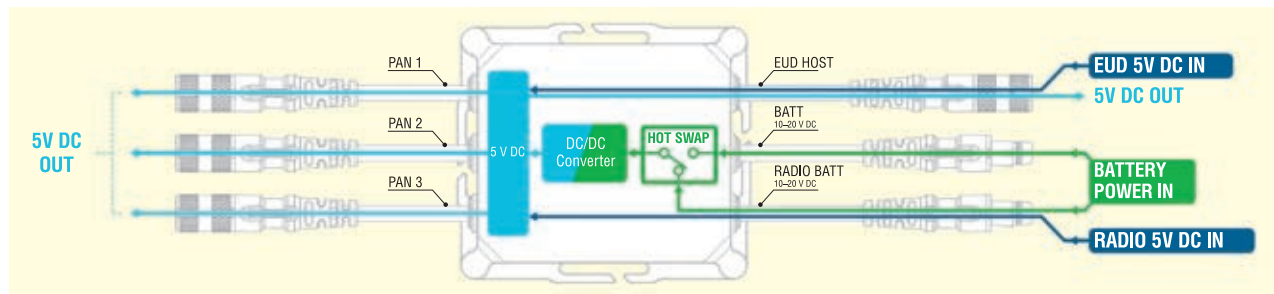


Рис. 3. Розподіл живлення VBATT

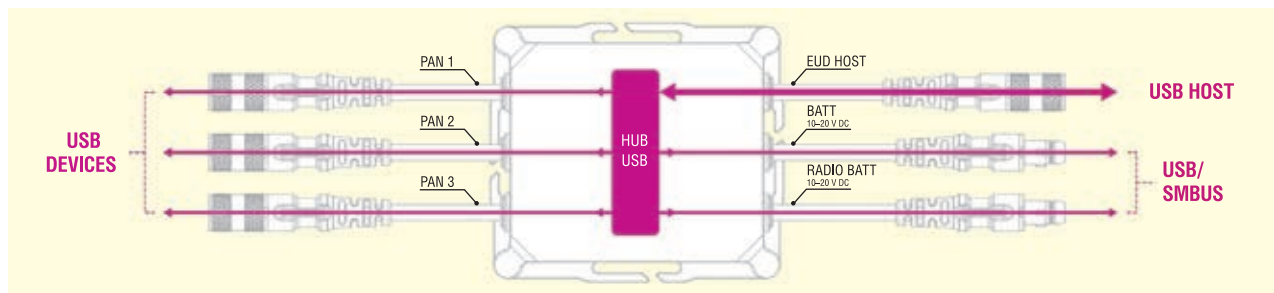


Рис. 4. Розподіл даних



**Inventus Power Conformal Wearable Battery**

Nominal voltage: 14.8 V  
Rated capacity: 10 Ah  
Nominal energy: 152 Wh

**Galvion SoloPack™ Battery**

Nominal voltage: 15.0 V  
Rated capacity: 6.8 Ah  
Nominal energy: 98 Wh

**Рис. 5.** Приклади підтримуваних акумуляторів**Рис. 6.** Автономний додаток для керування живленням**Рис. 7.** Плагін АТАК

- електричні механізми захисту від збоїв на всіх портах.

Розподіл живлення 5-V постійного струму (рис. 3):

- живлення USB-пристроїв від регульованої шини 5 В;
- двонаправлене живлення USB-C через порт EUD;
- функція подачі живлення 5 В постійного струму на порт RADIO/BATT;
- надійний захист кіл шини 5 В.

Розподіл даних (рис. 4):

- вхідний порт EUD / HOST USB HUB;
- порти PAN, BATT і RADIO/BATT USB на виході;
- автоматичне визначення між USB і SMBus на портах BATT і RADIO/BATT.

**АКУМУЛЯТОРИ**

Fischer KEYSTONE™ підтримує типи акумуляторів, що наведені на рисунку 5.

**ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Системне програмне забезпечення Fischer KEYSTONE™ було розроблено як простий у використанні універсальний додаток для керування живленням і потоками даних усіх пристроїв, що носяться, таким чином підвищуючи ситуаційну обізнаність і ефективність солдатів на всіх рівнях їхньої місії в польових умовах.

**Рис. 8.** Роз'єм Fischer UltiMate™ 80

Додаток для керування живленням Android (рис. 6), що надається програмним забезпеченням Fischer KEYSTONE™, доступний як окремий додаток або як плагін, що легко інтегрується в галузевий стандарт АТАК (Android Team Awareness Kit — комплект для інформування команди Android) (рис. 7). Це єдиний централізований додаток для керування PAN зі зручним графічним інтерфейсом на КПК солдата — смартфоні або планшеті.

Безпека програмного забезпечення забезпечується лише підписом при завантаженні, який перевіряється за допомогою контрольної суми SHA256 та підпису ECC256, а файли оновлень шифруються за допомогою шифрування AES 256. Код прошивки розроблено відповідно до вимог стандарту FIPS 140-2/3.

**СТАНДАРТНІ РОЗ'ЄМИ ТА КАБЕЛЬНІ ЗБІРКИ**

Розроблений для сумісності з компонентами Nett Warrior та іншими роз'ємами NATO STANAG 4695, роз'єм Fischer UltiMate™ 80 (рис. 8) пропонує надміцне, легке і герметичне рішення для з'єднання за стандартом IP68 з витривалістю до 10 000 циклів з'єднань. Він поставляється в двох варіантах з 6 або 7 сигнальними і силовими контактами AWG 22.

Fischer KEYSTONE™ надає військовим OEM-інтеграторам конкурентоспроможне рішення, яке можна порівняти з концентратором наступного покоління (NGH) армії США. Олів'є Торманн, менеджер з продуктів Fischer KEYSTONE™, пояснює: «Fischer KEYSTONE™ — це комплексне рішення для зв'язку, яке відповідає вимогам до продуктивності програм модернізації солдатів і цифрової трансформації, таких як «Армія США 2030 (U.S. Army 2030)».

**Додаткову інформацію щодо продукції компанії Fischer Connectors можна отримати у офіційного дистриб'ютора в Україні — Мікродіс Електронікс ГмБХ:**

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

CN

# Мінімальні зусилля при встановленні, максимальна безпека з'єднання

Майкл Радау (Michael Radau), Phoenix Contact GmbH & Co. KG  
E-mail: ua-office@phoenixcontact.com

**Системи пожежної сигналізації вносять значний внесок у безпеку: вони захищають будівлі та людей, що знаходяться в них, від небезпек, які можуть виникнути внаслідок пожежі. Існує велика кількість точок підключення та інтерфейсів для їх налаштування. Тому для проєктувальників систем пожежної сигналізації дуже важливо на етапі розробки врахувати інтуїтивно зрозуміле і швидке з'єднання проводів, а також безпеку з'єднання (рис. 1).**

Планування, монтаж, експлуатація та технічне обслуговування систем пожежної сигналізації визначені в стандартах DIN 14675-1, DIN VDE 0833-1 і DIN VDE 0833-2. Пульти пожежної сигналізації є нервовим центром будь-якої пожежної сигналізації. До нього підключаються всі сигнальні лінії від пожежної сигналізації в окремих пожежних відсіках, а від нього відходять всі сигнальні лінії внутрішньої звукової та світлової сигналізації (рис. 2). Пристрої та систе-

му кондиціонування можна вимкнути через інтерфейси автоматичного керування. Додаткові інтерфейси керують системою пожежогасіння, системою голосової сигналізації, системами димовидалення та вентиляції тепла, а також пристроями передачі сторонам, що надають допомогу.

Залежно від розміру та конфігурації будівлі встановлюються різні типи пожежної сигналізації. Ключову роль відіграє сама можлива пожежа, конструкція

приміщення та перекриття, умови навколишнього середовища та фактори, що впливають на пожежу. Щоб надійно виключити хибні тривоги, необхідно врахувати ці фактори і встановити та налаштувати відповідні пожежні сигналізації, такі як точкові теплові сповіщувачі або пожежні сповіщувачі з ручним керуванням (рис. 3).

Для особливих застосувань, таких як багатоярусні склади та атріуми з високими стелями, доступні пожежні сповіщувачі із забором повітря та лінійні димові сигналізатори. Вони мають особливі властивості, що забезпечують своєчасне виявлення пожежі. Завдяки цим пристроям системи пожежної сигналізації можуть бути ідеально адаптовані до умов будівлі, що дає змогу швидко та ефективно виявляти пожежі на ранніх стадіях їхнього розвитку.

## РОЗРОБКА ТА КЕРУВАННЯ ПРОДУКТАМИ ПІД КОНТРОЛЕМ

У випадку використання пристроїв в «польових умовах» дуже корисно вивчати ергономіку рівня підключення на ранніх стадіях розробки проєктів. Чи буде достатньо фіксованого з'єднання пристрою чи краще використовувати спеціальні роз'єми? Де буде встановлено пристрій і чи може знадобитися вищий ступінь захисту? Ці та інші технічні питання, такі як поперечні перерізи провідників і номінальна напруга та струм, що впливають на крок між контактами, повинні бути з'ясовані розробниками на ранніх стадіях проєкту. В яких умовах буде відбуватися монтаж? Які роботи з технічного обслуговування чи ремонту знадобляться пізніше? Озброївшись цією інформацією, проєктувальники можуть ідеально пристосувати пристрій для його подальшого застосування та спростити



**Рис. 1.** Під час розробки систем пожежної сигналізації, окрім надійності з'єднання, проєктувальники повинні врахувати інтуїтивно зрозуміле та швидке з'єднання проводів, що заощаджує час



**Рис. 2.** Сигнальні лінії від панелі керування пожежною сигналізацією ведуть до внутрішньої візуальної та звукової



**Рис. 3.** Щоб надійно виключити хибні тривоги, необхідно встановити відповідну пожежну сигналізацію з ручним керуванням

роботу персоналу з монтажу та технічного обслуговування.

### РОЗУМНЕ З'ЄДНАННЯ ПОЛЕГШУЄ РОБОТУ ВСІМ – ВІД МОНТАЖНИКІВ ДО КОРИСТУВАЧІВ

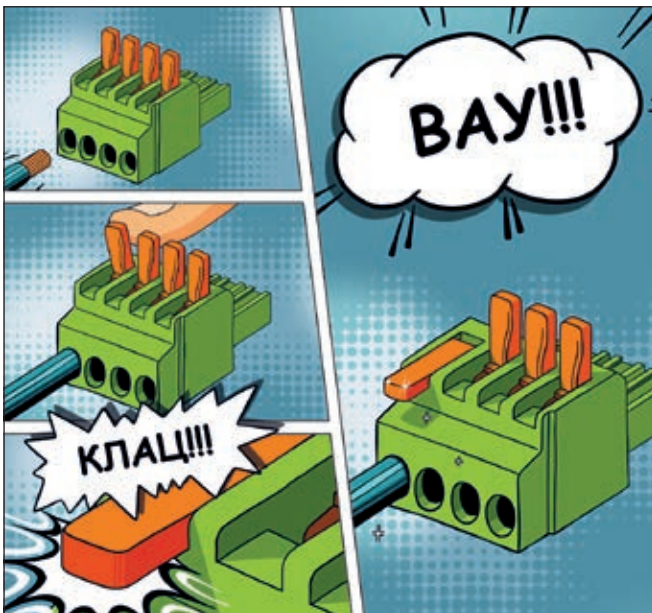
Розробники продукції Phoenix Contact пропонують широкий асортимент

клем і роз'ємів для друкованих плат, які дозволяють реалізувати електричні з'єднання пристроїв і систем пожежної сигналізації (рис. 4). Завдяки сучасним технологіям з'єднань типу «важіль-Push-in» і «Push-in» в серіях PTS, SPT(A), LPC і LPT(A) монтажники можуть легко під'єднувати пристрої до сигнальних ліній.

Клеми для друкованих плат серії SPT(A), роз'єми та контактні колодки для серій PTS і LPC також доступні у варіанті

THR (рис. 5). Вони поставляються у вигляді стрічки в рулонах і тому можуть бути легко інтегровані в автоматизовані процеси виробництва та допомагають знизити витрати на виготовлення пристроїв.

Унікальна технологія важільного Push-in з'єднання серій LPT(A) і LPC дозволяє інтуїтивно зрозуміле з'єднання гнучких і жорстких провідників без інструментів. Якщо гнучкі провідники потрібно з'єднати без наконечників, простір для



## МИТТЄВЕ ПІДКЛЮЧЕННЯ

### З'єднувачі для друкованих плат із керуванням важелем

Компанія Phoenix Contact задає нові стандарти зручності підключення проводу. Клеми та роз'єми для друкованих плат універсальних серій LPT та LPC поєднують неперевершену простоту важільного керування з надійним пружинним з'єднанням Push-in.



Детальніше: [https://phoe.co/LPT\\_LPC\\_UA](https://phoe.co/LPT_LPC_UA)





**Рис. 4.** Додаткові технології безпеки, такі як аварійне освітлення та аварійне освітлення шляхів евакуації, можна встановити поряд із пожежною сигналізацією з ручним керування

### ПЕРЕВАГИ ТЕХНОЛОГІЇ З'ЄДНАННЯ PUSH-IN

Всі учасники проекту отримують переваги від сучасної технології з'єднання Push-in та важільного Push-in:

- Для виробників пристроїв це підвищує репутацію їхньої продукції та сприяє високому рівню її визнання на ринку.
- Роботу монтажників спрощено, тому монтаж можна виконати швидше.
- Системні інтегратори можуть швидше вводити системи в експлуатацію.
- Системні оператори можуть заощадити кошти на встановленні та введенні в експлуатацію своїх систем пожежної сигналізації та, зрештою, досягти вищого рівня ефективності.

затиску можна інтуїтивно відкрити за допомогою важеля, що не потребує інструментів. Конструкція отворів для введення кабелю запобігає спаюванню окремих жил і забезпечує швидке та надійне з'єднання без використання інструментів.

Завдяки технології Push-in можна безпосередньо під'єднувати як гнучкі провідники з наконечниками, так і жорсткі провідники, навіть коли важіль закритий.

### БЕЗПЕКА — МОЖЕТЕ НА НЕЇ РОЗРАХОВУВАТИ

Між струмопровідною шиною і провідником завжди забезпечується пружинний контакт. Важіль керування візуально та відчутно вказує на визначений стан затискного простору ззовні. Неправильно закриті затискачі, а отже, і несправні з'єднання, відразу помітні.

Крім того, сила притискання попередньо запрограмована пружиною, тому вона завжди залишається однаковою. Повертаючи важіль, користувачі можуть бути впевнені, що вставлений провідник надійно зафіксований та залишатиметься таким протягом тривалого часу. Завдяки користувачі можуть з упевненістю виключити можливі джерела помилок: наприклад, неправильний момент затягування під час виконання гвинтового з'єднання. Завдяки цим властивостям клемні колодки та з'єднувачі для друкованих плат сімейств LPT і LPC найкраще засосовувати там, де необхідні економія часу та зрозумілий процес з'єднання.

Навіть на ранній стадії розробки на дизайн пристрою впливають вимоги стандартів та вимоги, пов'язані із сертифікацією. Зокрема, якщо пристрої будуть продаватися на міжнародному ринку, вони повинні відповідати аме-

риканським стандартам на додаток до міжнародних стандартів, таких як EN/IEC. Вони стосуються, зокрема, інтерфейсів пристроїв для координації ізоляції. Компоненти, що використовуються, можна знайти в так званому «переліку критично важливих компонентів».

Усі вироби серій PTS, SPT(A), LPT(A) і LPC схвалені відповідно до стандарту UL 1059 і розраховані на напругу 300 В відповідно до групи використання В. Тому вони підходять для універсального використання в «польових умовах». Відповідність національним і міжнародним стандартам спрощує процес сертифікації, дозволяючи швидше виводити нові пристрої на ринки Європи, США та Азії.

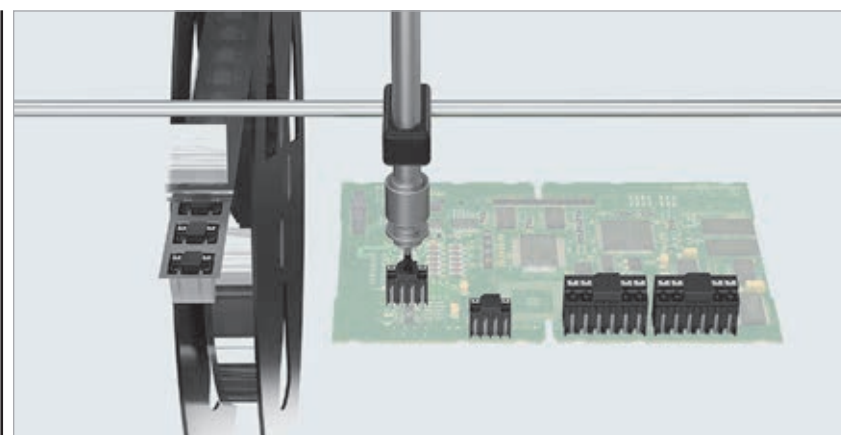
### ВИСНОВОК

Найсучасніші технології підключення пристроїв від Phoenix Contact спрощують встановлення пристроїв і систем у системах пожежної сигналізації. Вони допомагають знизити витрати на виробництво, монтаж, експлуатацію, технічне обслуговування та модернізацію, а також забезпечують постійну та безпечну роботу — по всьому світу!

Детальніше дізнайтеся про підключення пристроїв для автоматизації будівель за посиланням: [https://phoe.co/monitoring\\_safety\\_connection\\_ua](https://phoe.co/monitoring_safety_connection_ua)

Брошура в електронному вигляді:

<https://phoe.co/ua-smart-connectivity-brochure> **СН**



**Рис. 5.** Серія SPT(A), роз'єми та контактні колодки для серій PTS і LPC дозволяють здійснювати автоматичне збирання друкованих плат

# 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)

# IGBT драйвер із підвищеною стійкістю ізоляції для напруг до 1500 В постійного струму для 2- та 3-рівневих промислових застосувань

Марко Хонсберг (Marco Honsberg), Ніклас Хофстоттер (Niklas Hofstötter),  
Semikron Danfoss

Переклад та редагування: Володимир Павловський, к.т.н, с.н.с., ІЕД НАН України

**Драйвери IGBT SKYPER ізолюють і передають сигнали керування, генеровані мікропроцесором, від схем низької напруги до зони високої напруги силових напівпровідників. Крім важливої функції передачі сигналу, у цій публікації також буде розглянуто стійкість ізоляції та надійність драйверів SKYPER разом із спеціальними стратегіями захисту для 2- та 3-рівневих рішень, реалізованих за допомогою найсучасніших ASIC.**

## 1500 В ПОСТІЙНОГО СТРУМУ — СПИСОК ДИРЕКТИВ ПО НИЗЬКІЙ НАПРУЗІ

Враховуючи тенденцію щодо використання силових електроніки аж до верхньої межі, визначеної в Директиві по низькій напрузі, напруги 1500 В постійного струму або 1000 В змінного струму стали однією з проєктних цілей у фотоелектричних (*photovoltaic, PV*) і акумуляторних системах зберігання електричної енергії, що призводить до більш жорстких вимог до конструкції та вибору матеріалів при розробці електроніки для відповідного драйвера IGBT. Простіше кажучи, підвищена електрична міцність ізоляції, що є ключовою особливістю сімейства драйверів SKYPER IGBT, була розроблена у відповідності до жорсткіших вимог щодо зазорів та дистанції для уникнення поверхневого розряду на друкованій платі (*printed circuit board, PCB*) для застосувань, які згідно директиви про низьку напругу використовують ланку постійного струму на напругу до 1500 В. Подальша увага була зосереджена на пошуку шляхів розробки перетворювачів, які працюють при на-

прузі постійного струму до 1500 В. Дійсно, проста 2-рівнева система потребує IGBT з робочою напругою, яка перевищує сьгоднішній галузевий стандарт для напруги 1700 В, щоб «перекрити» перехідні комутаційні перенапруги та досягти необхідної тривалості безвідмовної роботи (*long-term DC stability, LTDS*). Нові модулі IGBT на 2.0...2.3 кВ полегшують роботу при напрузі ланки постійного струму 1500 В у 2-рівневій топології та можуть бути оптимальним рішенням для таких напівпровідникових застосувань, які не вимагають 3-рівневих топологій, відомих своїми меншими втратами за певних умов застосування та меншими вимогами до індуктивного фільтра. Типова 3-рівнева конфігурація — це топологія «закріпленої нейтральної точки» (*neutral point clamped, NPC*), яка також відома як 3-рівнева конфігурація «I-type». Ця топологія вимагає належної послідовності завершення роботи модуля у разі виникнення несправності, щоб уникнути більшого можливого пошкодження силового каскаду в результаті помилкового або одночасного перемикання силового каскаду NPC. Тому відповідний драйвер IGBT повинен відповідати вимогам без-

Компанія **Semikron Danfoss** — це світовий технологічний лідер у галузі силових електроніки, об'єднаний компаніями SEMIKRON і Danfoss Silicon Power у 2022 році.

У світі, який стає все більш електричним, технології Semikron Danfoss актуальні як ніколи. Завдяки своїм інноваційним рішенням для автомобільної, промислової та відновлюваної енергетики компанія допомагає світу використовувати енергію більш ефективно та раціонально і, таким чином, значно скоротити загальні викиди CO<sub>2</sub> — одну з найбільших проблем, з якою стикається світ сьогодні.

Продукція Semikron Danfoss включає напівпровідникові пристрої, силові модулі, блоки живлення та системи.

Компанія інвестує значні кошти в інновації, технології, виробничі потужності та сервіс, щоб забезпечити найкращі в галузі показники та забезпечити стаке майбутнє.

печної послідовності вимкнення для 2- та 3-рівневих топологій.

## ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ДРАЙВЕРІВ SKYPER 12 PV І SKYPER 42LJ PV

На рисунках 1а та 1б показані драйвер типу SKYPER 12 PV та більш потужний драйвер типу SKYPER 42 LJ PV, відповідно, ілюструючи компактність обох IGBT-драйверів з врахуванням підвищених вимог до зазорів та дистанцій для уникнення поверхневого розряду під



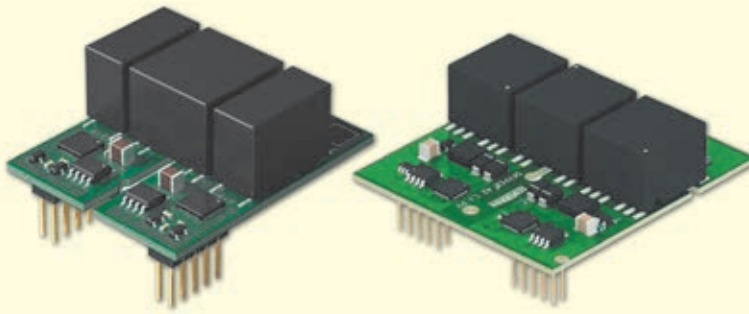


Рис. 1. Драйвер SKYPER 12 PV (а) і більш потужний драйвер SKYPER 42 LJ PV (б)

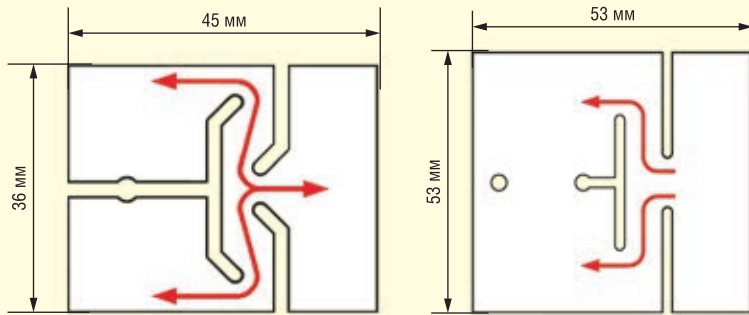


Рис. 2. Друковані плати зі збільшеною дистанцією для уникнення поверхневого розряду

час роботи модулів з класом 1500 В постійного струму. Слід відзначити, що друковані плати, показані на рисунку 2, поєднують збільшення згаданих вище дистанцій, яке досягнуте фрагментуванням плати розрізами, із високоякісною підкладкою, у яких порівняльний індекс СТІ досягає значень 400 і 600 у SKYPER 12 PV і SKYPER 42 LJ PV відповідно. Фрагментування плати розрізами забезпечує реалізацію необхідних дистанцій для уникнення поверхневого розряду згідно з міжнародними стандартами. В обох драйверах SKYPER IGBT, показаних тут, позолочені клеми підключаються до друкованої плати інтерфейсу через стандартні дворядні контактні роз'єми з кроком 2.54 мм. Досягнення такої ж відповідності вимогам щодо ізоляції сигналу та ізоляції для передачі електроенергії є дещо складнішим завданням.

На рисунку 3 показані конструкції корпусу SEMIKRON для трансформаторів, які мають додаткові зазори, що подовжують дистанцію для уникнення поверхневого розряду без збільшення їх розмірів у порівнянні з трансформаторами, які використовуються для 1200-В IGBT-пристроїв. Обидва основні елементи дизайну — фрагментування друкованої плати розрізами, а також конструкція зі «щілинами» для корпусу трансформатора, — забезпечують відповідність вимогам директиви щодо низьковольтного обладнання на 1500 В.

Дивлячись на друковану плату, яка використовується з драйвером SKYPER IGBT, можна побачити, що навколо центральної схеми керування ASIC на друкованих платах розміщено лише декілька зовнішніх електронних компонентів. Обидва драйвери SKYPER міс-

тять останнє покоління власних (запатентованих) схем ASIC SEMIKRON, які контролюють електроживлення, схеми диспетчерського керування, блоки логічного стану та блоки обробки сигналів і помилок, а також вихідний каскад основного драйвера IGBT. Ці ASIC суттєво зменшують кількість зовнішніх компонентів, завдяки чому значно підвищується надійність усієї системи драйвера до рівнів  $12 \times 10^6$  годин для SKYPER 12 PV і  $7.5 \times 10^6$  годин для SKYPER 42 LJ PV згідно з розрахунками надійності відповідно до стандарту SN29500.

### СТРУКТУРНА СХЕМА ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ SKYPER 12 PV ТА SKYPER 42 LJ PV

На рисунку 4 показана структурна схема ядер драйвера SKYPER, згрупованих у три основні функціональні блоки. Функціональний блок у червоній рамці ліворуч показує первинну сторону, а два блоки в червоній рамці праворуч утворюють дві окремі вторинні сторони ядра драйвера. Первинна сторона драйвера обробляє вхідні сигнали та забезпечує функції керування помилками. Тут цілісність сигналу значною мірою забезпечується генерацією та контролем «мертвого часу» (*dead-time*), а також функціями блокування та придушення коротких імпульсів.

Вищезазначені трансформатори з'єднують первинну сторону з двома незалежними вторинними сторонами, які показані на двох блоках правої сторони схеми. Вторинна сторона містить схеми керування IGBT і вихідний каскад підвищеної потужності. Обидва драйвери дозволяють працювати з максимальною тактовою частотою до 100 кГц і здатні віддавати в затвор IGBT заряд до 20 мкКл на імпульс. Особливо це стосується потужнішого драйвера SKYPER 42 LJ PV, який може віддавати піковий вихідний струм 35 А та має вихідну потужність 4.2 Вт на канал, що відповідає найжорсткішим вимогам для IGBT 7-го покоління, які виробляють кілька компаній. Це означає, що фотоелектричні драйвери сімейства SKYPER підходять для використання в інверторах потужністю від кількох кВт до початку діапазону МВт.

### ФУНКЦІЇ ЗАХИСТУ ВКЛЮЧЕНІ/ВБУДОВАНІ

Драйвер SKYPER IGBT містить повний набір функцій захисту, які забез-

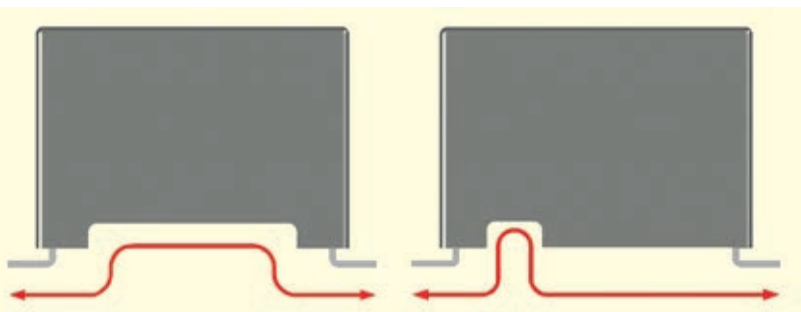


Рис. 3. Додаткові зазори, які подовжують дистанцію для уникнення поверхневого розряду

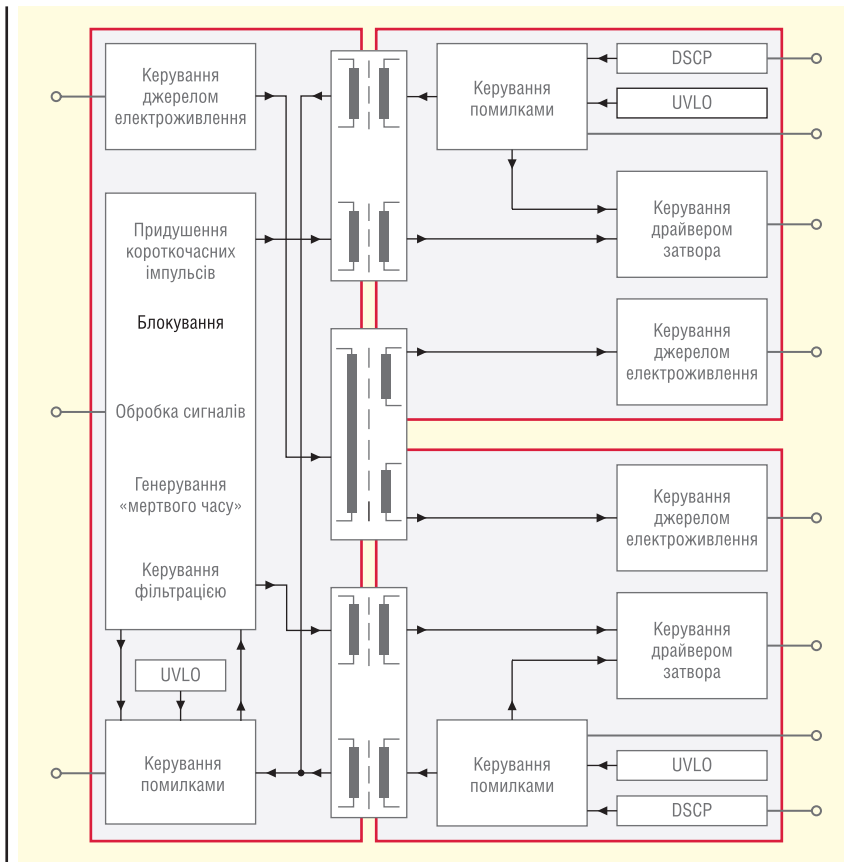


Рис. 4. Ядра драйвера SKYPER, структуровані на три основні функціональні блоки

показано на рисунку 5б. Вибраний приклад ілюструє насичення, яке відбувається невдовзі після початку процесу включення IGBT. Коли напруга  $V_{CE(IN)}$  перевищує миттєве значення еталонної напруги  $V_{CE(ref)}$ , драйвер починає відпрацьовувати програму помилок; залежно від налаштувань режиму помилки, заданого користувачем, драйвер або вимикає IGBT через канал soft-off і повідомляє про виникнення помилки, або повідомляється лише про стан помилки, і драйвер очікує на певну послідовність вимкнення, яка визначена контролером.

Більшість стандартних модулів IGBT використовують термістор NTC (*Negative Temperature Coefficient*) на керамічній підкладці для надання інформації про температуру модуля. Драйвери IGBT SKYPER можуть використовувати цей сигнал від NTC для виявлення ситуації перегріву (*over-temperature*, OT), якщо порогову напругу вибрано правильно. SKYPER може вимкнути IGBT після виявлення перегріву.

Однак у ситуації, коли SKYPER виявив помилку, може бути небажаним, щоб виявлена помилка автоматично призвела до вимкнення відповідного IGBT без «підхоплення» з боку мікропроцесорної схеми контролю. Така «автоматична» реакція на помилку є небажаною, особливо в 3-рівневих конфігураціях із закріпленою нейтральною точкою (NPC), оскільки необхідно дотримуватися певної послідовності вимкнення, щоб запобігти більшому пошкодженню IGBT, силового модуля та всієї системи. З цієї причини у вибраному 3-рівневому режимі роботи SKYPER лише сигналізує про помилку, але не вимикає сигнал на затворі. У цьому випадку сигнал вимкнення надходить від схеми керування мікропроцесора, щоб забезпечити відповідну послідовність вимкнення для всіх напівпровід-

печують нормальну роботу та відключення при виникненні будь-яких помилок або несправностей. Захист «UV» (*under-voltage*) від пониженої напруги електроживлення, яка може бути небезпечною для IGBT і зменшувати швидкість перемикачання та збільшувати втрати провідності, потенційно призводять до перегріву та відмови модуля.

Захист SKYPER від короткого замикання «SC» (*short circuit*) заснований на динамічному виявленні стану недостатнього насичення IGBT. Замість того, щоб порівнювати напругу насичення IGBT з постійним порогом лише у стані провідності модуля, драйвери SKYPER здатні виявляти коротке замикання вже під час переходу IGBT у стан провідності. Коли період часу блокування  $t_{bl(VCE)}$  минув, інтегрована схема виявлення SC у SKYPER порівнює миттєву напругу на колекторі та емітері IGBT  $V_{CE(IN)}$  під час перехідного процесу ввімкнення IGBT із опорним значенням  $V_{CE(ref)}$ , яке знижується і яке може бути налаштовано для даного IGBT. Ця спеціальна функція всередині ASIC вимикає IGBT лише у випадку, якщо десатурація IGBT відбувається не так, як визначено або очікувано. Таким чином, SKYPER, по суті, дозволяє

обійтись без часу очікування або блокування і може контролювати процес ввімкнення IGBT в режим онлайн навіть під час перехідного стану модуля.

На рисунку 5а показано нормальний режим увімкнення IGBT. Після ініціювання процесу ввімкнення IGBT драйвером обидві напруги  $V_{CE(IN)}$  і  $V_{CE(ref)}$  досягають свого сталого рівня  $V_{CE(sat)}$  і  $V_{CE(stat)}$ , не перетинаючись одна з одною. Функція виявлення «SC» активна з моменту, коли напруга  $V_{CE(ref)}$  падає нижче фіксованого значення 10 В, встановленого ASIC. Виявлення насичення IGBT

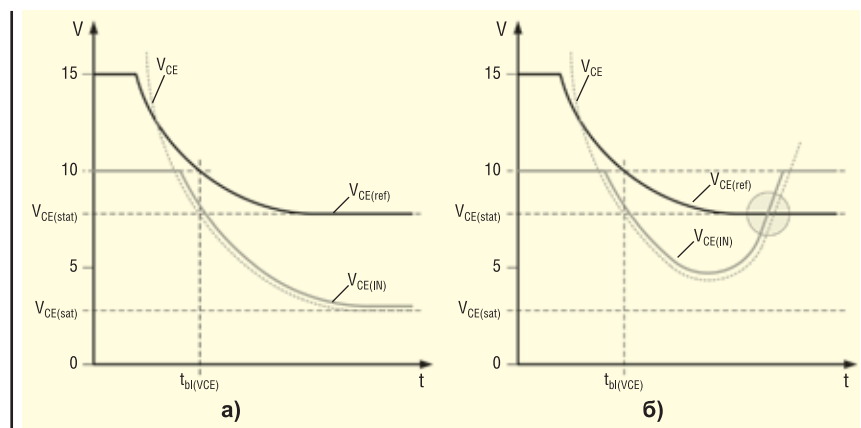


Рис. 5. Поведінка IGBT в процесі переходу в стан провідності

Таблиця 1. Вибраний діапазон ядер драйвера IGBT SKYPER				
Драйвер	$P_{out}$	$I_{out(peak)}$	$V_{DCmax}$	3-рівнева конфігурація
SKYPER 12 R	1.25 Вт	20 А	1 200 В	
SKYPER 12 PV	1.25 Вт	20 А	<b>1 500 В</b>	<b>так</b>
SKYPER 32 2nd edition	1.6 Вт	20 А	1 200 В	
SKYPER 32 PRO R	1.1 Вт	15 А	1 200 В	
SKYPER 42 R	3.5 Вт	30 А	1 200 В	
SKYPER 42 LJ R	2.75 Вт	24 А	1 200 В	
SKYPER 42 LJ PV	4.2 Вт	35 А	<b>1 500 В</b>	<b>так</b>

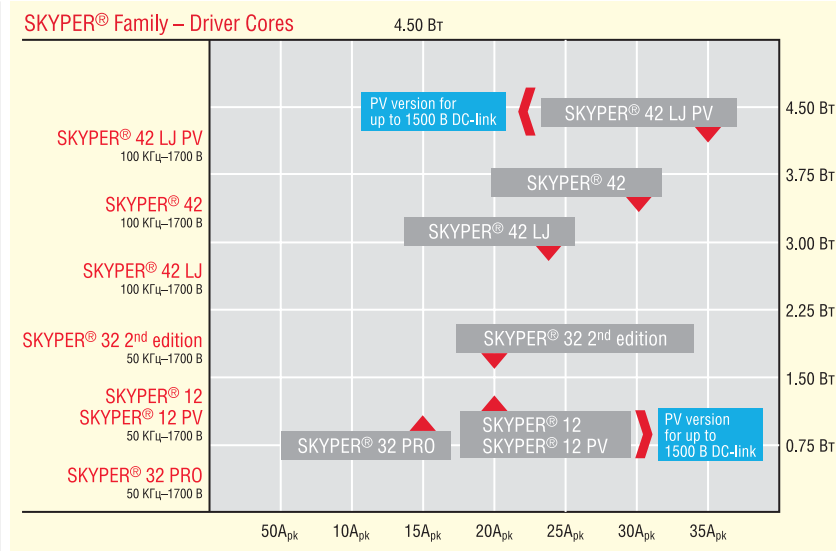


Рис. 6. Вибраний діапазон ядер драйверів SKYPER IGBT

ників, і перевести 3-рівневий силовий каскад в безпечний стан.

**АСОРТИМЕНТ ПРОДУКЦІЇ SKYPER**

У таблиці 1 та на рисунку 6 показано вибраний діапазон ядер драйвера IGBT SKYPER. Зверніть увагу, що запропоновані два типи SKYPER 12 PV і SKYPER 42 LJ PV можуть бути використані

у застосуваннях до 1 500 В і підходять для IGBT різних розмірів. Всі інші моделі підходять для ланки постійного струму з напругою до 1 200 В.

**АКСЕСУАРИ**

Використовуючи спеціальні плати розробника для тестів та оцінювання, можна легко протестувати ядро драй-

вера SKYPER 12 PV або SKYPER 42 LJ PV на стандартному модулі. З цією метою SEMIKRON розробив набір плат для швидкої, легкої та ефективної оцінки характеристик ядер драйверів SKYPER. Ці плати, також відомі як «блакитні друковані плати» (*blue PCBs*) SEMIKRON, доступні для кількох 2- та 3-рівневих модулів IGBT. Отже, плати для серії SKYPER PV дозволяють оцінювати роботу драйверів при напрузі до 1 500 В постійного струму відповідно до стандартів EN 62109 і EN 61800-5-1.

Технологія драйвера SKYPER 12 IGBT також використовується в спеціальних драйверах «plug-and-play», які можна підключати до 17-міліметрових модулів, таких як SEMiX IGBT, а також сумісної серії модулів. SKYPER 12 підходить для модулів IGBT на 650, 1 200 і 1 700 В і доступний з двома різними типами роз'ємів.

**ІНДИВІДУАЛЬНІ ДРАЙВЕРИ SEMIKRON PLUG-AND-PLAY**

Зазвичай драйвери затворів IGBT застосовуються для IGBT з урахуванням його конкретного середовища та умов застосування. З цієї причини стандартні драйвери IGBT (рис. 7) повинні бути спеціально налаштовані, оскільки «стандартні» драйвери рідко можуть досягти максимальної продуктивності роботи. Спеціальні модифікації драйверів затворів SKYPER «plug-and-play» допомагають отримати найвищу продуктивність і надійність для заданої конструкції силового каскаду. Завдяки запатентованому дизайну SEMIKRON ASIC, які мають високу гнучкість налаштування, у більшості випадків дозволяють легко здійснити зміну значення резистора у колі затвора або коригування порогів чи значень часу. Тому без вагань зв'яжіться з нами, якщо вам потрібен SKYPER, зроблений саме для вас!

**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**

СН

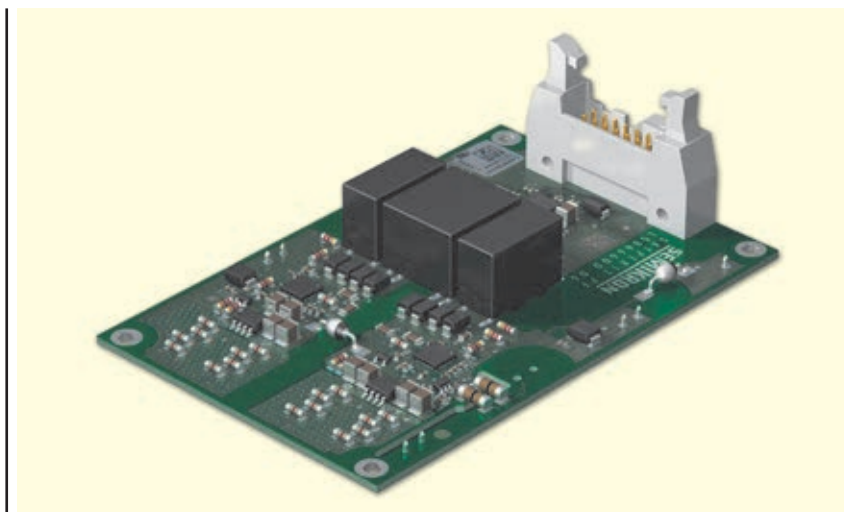


Рис. 7. Стандартний драйвер IGBT



# Перспективи використання GaN-технології для керування електроприводом

**Ерік Персон (Eric Persson), Infineon Technologies**

**Адаптований переклад українською та технічне редагування:**

**Віталій Шевченко, Rainbow Technologies, технічний спеціаліст**

E-mail: svl@rainbow.com.ua

**GaN-кристали, які використовують в інтелектуальних силових модулях (Intelligent Power Module, IPM) для керування електроприводами з вбудованими лінеаризувальними конденсаторами, дають змогу значно зменшити втрати потужності, порівнюючи з кремнієвими технологіями.**

## ВСТУП

З розвитком промислової, офісної та домашньої автоматизації електроприводи дедалі частіше застосовують для виконання широкої низки функцій, починаючи з керування роботизованими руками і закінчуючи побутовими пральними машинами. Сучасні двигуни мають бути «розумними», щоб забезпечити гнучке керування рухом, більшу функціональність та енергоефективність. Водночас потрібно, щоб промислові вироби були компактними і легкими, а комерційна продукція мала дуже низьку вартість.

Вищий рівень керування досягається під час використання для керування електроприводами інверторів напруги, які зазвичай генерують трифазний змінний струм зі змінною частотою та амплітудою для керування швидкістю, крутним моментом і напрямком обертання двигуна. Для модулювання напруги в інверторі застосовується, як правило, частота близько 16 кГц і широтно-імпульсна модуляція (ШІМ) для управління вихідною напругою. Кремнієві MOSFET дають змогу збільшити робочу частоту на порядок, але переваги її підвищення в електроприводах, що полягають у зменшенні розмірів магнітних елементів, не є цілком оче-

видними: власне двигун є «магнітним» елементом, розміри якого залежать від конкретного застосування. Отже, забезпечення низької частоти є цілком розумним рішенням для мінімізації комутаційних втрат.

Швидкі зміни напруги  $dV/dt$ , які спостерігаються у високочастотних пристроях, наприклад MOSFET, створюють навантаження на ізоляцію обмотки двигуна у вигляді викидів напруги або дзенькоту, що призводить до пробоя і часткових розрядів. Крім того, збільшуються електромагнітні завади (ЕМЗ), що вимагає встановлення додаткових фільтрів, а синфазні струми цих завод можуть проходити через підшипники двигуна на землю, спричиняючи їхнє механічне зношення.

## ВБУДОВУВАНІ СИЛОВІ МОДУЛІ

В супереч уявній відсутності переваг високочастотної комутації, IGBT-ключі, як і раніше, широко поширені. Однак, щоб підвищити ефективність, застосовують і Si MOSFET, у яких швидкість наростання і спаду фронтів імпульсів під час комутації зменшується завдяки меншій швидкості  $dV/dt$  у колі затвора, використанню снаберів, зовнішніх послідовних і синфазних філь-

трів на виході трифазного драйвера. За малих і середніх потужностей у MOSFET менші втрати провідності, ніж в IGBT, і, безумовно, менші комутаційні втрати. Прилади обох типів пропонуються у вигляді так званих «інтелектуальних силових модулів», або IPM-модулів, у які зазвичай інтегровано шість ключів, а також драйвери затворів і функції захисту.

## ВИКОРИСТАННЯ GAN-КЛЮЧІВ

IPM-модулі на основі кремнієвих MOSFET забезпечують високу ефективність. Її подальше підвищення не тільки сприяє заощадженню енергії та грошових коштів, а й дає змогу створювати вироби з покращеними масогабаритними показниками і дешевшими тепловідводами. Переваги очевидні, якщо в результаті такого удосконалення можна позбутися необхідності використовувати ненадійний вентилятор або встановити інвертор напруги меншого розміру поруч із двигуном у маніпуляторі робота, а не у віддаленій шафі. Наразі на ринку пропонуються більш ефективні пристрої на основі GaN-транзисторів з високою рухливістю електронів (*High Electron Mobility Transistor, HEMT*). У приладів Infineon, в яких застосовується ця технологія з широкою забороненою зоною, — менші втрати провідності, ніж у схожих кремнієвих MOSFET. Вона може стати ключовою для реалізації згаданих вище переваг, набагато перевершивши перевагу кремнієвих MOSFET у питомій вартості.

## КЛЮЧ ДО УСПІХУ — КОНТРОЛЬ НАД DV/dT

Швидкість наростання і спаду фронтів GaN-ключів, наприклад CoolGaN, дуже висока — вона може вимірюватися сотнями кВ/мкс. Це чудова характеристика мініатюрних AC/DC- і DC/DC-перетворювачів, що працюють на частоті 1 МГц і вище. Однак використання цих ключів в електроприводах, що працюють на малих частотах, практично не дає переваг порівняно з і без того мінімальними комутаційними втратами в більш ранніх технологій. До того ж посилюються проблеми, пов'язані з електромагнітними завадами, брязкотом і спрацюванням підшипників. Таким чином, швидкості наростання і спаду необхідно контролювати до більш прийнятної рівня. Якщо метою застосування є забезпечення високої ефективності, снаberi та зовнішні фільтри з втратами не є кращим вибором, і слід розглянути можливість зменшити швидкість сигналу керування затвором.

Як правило, у такому разі в коло затвора встановлюють послідовний опір, який утворює RC-фільтр із ємністю затвора, сповільнюючи процес перемикавання. При цьому часто використовуються два резистори з діодним керуванням для незалежного контролю над замиканням і розмиканням ключа. Такий метод є стандартним для Si MOSFET, але з GaN-ключами виникає проблема — ємність затвора змінюється в діапазоні трьох декад залежно від умов експлуатації, тоді як у випадку з MOSFET цей діапазон набагато менший. Отже, введена затримка змінюється великою мірою, спричиняючи відповідну зміну швидкості  $dV/dt$ . Для надійної роботи двигуна швидкість наростання і спаду фронтів не повинна перевищувати 5 кВ/мкс (5 В/нс). Таким чином, якщо номінали резисторів обрано для найгіршого сценарію, за інших умов швидкість  $dV/dt$  буде набагато меншою, і ефективність значно погіршиться (див. рис. 1).

Зміна сумарної ємності затвора  $C_{RSS}$  здебільшого пов'язана з ефектом Міллера, коли ємність затвор-стік  $C_{GD}$  збільшується під впливом напруги стоку, що переходить із високого стану в низький і назад. При цьому певну роль відіграє змінна вхідна  $C_{OSS}$  і вхідна  $C_{ISS}$  ємності пристрою.

Ефективним рішенням для оптимізації швидкості наростання і спаду фронтів є вибірка напруги стоку за допомогою конденсатора, який генерує струм, пропорційний  $dV/dt$ . Струм повертається в схему керування затвором для контро-

# RAINBOW

TECHNOLOGIES



A PERFECT ALLIANCE.

## Наступне покоління рознімачів для модернізації військової техніки — рознімачі серії ODU AMC

**Радіотелефонія та передача даних по радіоканалу**

- Відмінене екранування
- Відмінні характеристики

**3'єднання з каскою**

- Мінімальні розміри / низькопрофільний рознімач

**Прилади нічного бачення / дисплеї TFR**

- Версія з підружничними контактами rого ріп

**Персональний комп'ютер**

- Малий розмір
- Мала вага
- Можливе колірне кодування

**Модуль навігації**

- Версія з простим омиваним контактом

**Обмін даними з автомобілем**

- 3'єднання-роз'єднання під навантаженням

**Блок управління, що носить**

- 3'єднання кабель-кабель

**GPS антена**

- Квадратні рознімачі розміру "0"
- Push-pull застосовка

[www.odu.de](http://www.odu.de)

**Rainbow Technologies**

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

04112, Україна, м. Київ, вул. Дегтярівська, 62, оф. 46

Тел./факс: +38 (044) 290-41-69, 290-41-82

[esp@rainbow.com.ua](mailto:esp@rainbow.com.ua)

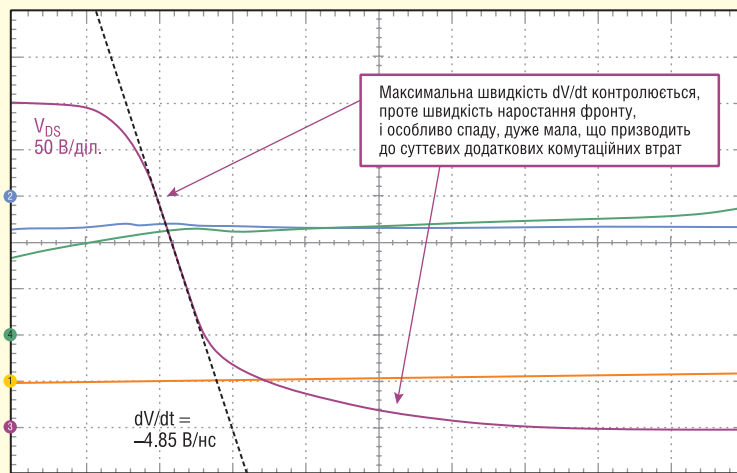


Рис. 1. Додавання резистора затвора обмежує зміну швидкості  $dV/dt$

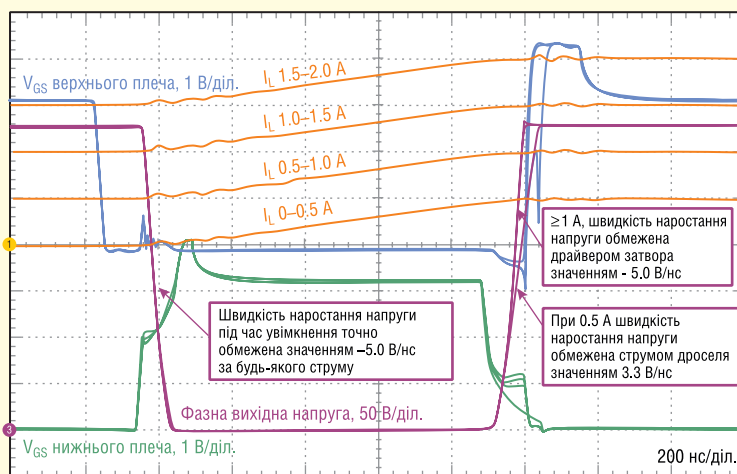


Рис. 2. Швидкість наростання і спаду фронтів обмежена у всіх випадках при використанні лінеаризувального GaN-конденсатора

до менших значень під час зниження навантаження.

Розроблена методика дала змогу компанії Infineon створити IPM-модулі зі значно більшою ефективністю, ніж у Si MOSFET для одного й того самого застосування, під час контролю швидкості наростання і спаду фронтів до прийнятних значень. Порівняння технологій у таблиці 1 показує, що втрати зменшуються майже вдвічі за однакового підвищення температури електропривода завдяки кращому опору відкритого каналу GaN-приладу в IPM-модулі. У результаті можна відмовитися від використання радіатора або керувати більшими двигунами за того самого розміру електропривода. В обох випадках витрати скорочуються.

## ВИСНОВКИ

Кристали GaN в IPM-модулях, які використовуються в електроприводах двигунів із вбудованими лінеаризувальними конденсаторами, дають змогу істотно зменшити втрати потужності, як порівняти з кремнієвими технологіями, не спричиняючи проблем із високою швидкістю фронтів, наявність яких може вплинути на надійність і відповідність вимогам до ЕМЗ. Компоненти Infineon довели свою стійкість до високих навантажень і коротких замикань, що часто виникають в електроприводах двигунів.

GaN-ключі перестали бути екзотикою — їхні переваги продемонстровано в перетворювачах постійного струму. Ці компоненти дають змогу скоротити системні витрати на електроприводи, переважаючи незначну перевагу аналогів у комутаційній технології.

**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**

СН

лю над струмами заряду і розряду затвора, щоб забезпечити постійну швидкість наростання і спаду за всіх умов. Однак така реалізація проблематична через додавання високовольтного конденсатора, який нелегко встановити в IPM-модуль як дискретний компонент. Крім того, збільшується не тільки вартість такого рішення, а й складність додаткових дротових з'єднань із контролерами в IPM-модулі. Було також встановлено, що паразитна індуктивність у з'єднанні конденсатора може призвести до стійких коливань і відмови пристрою.

Конденсатор можна було б виготовити як частину GaN-кристала і забез-

печити його з'єднання за допомогою дротів, але інженери Infineon дійшли висновку, що встановлення дуже малого конденсатора в кристал GaN між сток і затвором чинить значний «лінеаризуючий» вплив на загальну ємність. Величина ємності цього конденсатора дорівнює 1.2 пФ, що приблизно вдвічі перевищує сумарну ємність затвора. Втрати драйвера затвора збільшуються, але в будь-якому разі вони незначні. Цей ефект показано на рисунку 2, де швидкість фронтів точно обмежена величиною 5 В/нс; водночас  $dV/dt$  природно падає

Таблиця 1. Можливості IPM порівняно з технологіями перемикачів MOSFET і GaN

	Пристрій	Транзистори	$R_{DS(ON)}$ (тип.)	Струм фази	Потужність двигуна	Підвищення наданої потужності
Si IPM (в наявності)	IRSM836	Trench FREDFET	Різний	Різний	Різні	0%
Si IPM (в розробці)	IMMxx-046M	CoolMOS SJ MOSFET	1.4 Ом	0.54 А (СКЗ)	117 Вт	134%
GaN IPM (прототип)		CoolGaN eMode HEMT	0.8 Ом	1.04 А (СКЗ)	226 Вт	352%

Примітка. СКЗ — середньквадратичне значення



# 10 порад щодо підвищення продуктивності системи тестування з джерелами живлення

Переклад та редагування: Віктор Бутирін, директор, Юнітест  
E-mail: Victor\_Butyryn@unitest.com

**Як і раніше, від виробників вимагають більшого за менших витрат. Підвищення ефективності може скоротити кількість обладнання, що використовується під час тестування, і обійти фізичні обмеження виробничого об'єкта. Підвищення якості робочого процесу також знизить витрати на обладнання. Прогнозується джерела живлення компанії Keysight розроблені для підвищення ефективності при забезпеченні найвищого рівня захисту вашого тестованого пристрою. Ознайомтеся з усіма десятима порадами, щоб дізнатися більше про підвищення ефективності тестування.**

## 1. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЧЕРЕЗ СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ОБРОБКИ КОМАНДИ

Підвищення ефективності тестування починається з використання більш швидких джерел живлення. Час опрацювання команд є ключовим параметром, що визначає швидкість джерела живлення, оскільки він впливає на практично всі аспекти його використання під час автоматизованого керування. Скорочення часу обробки команд може значно зменшити час тестування і підвищити ефективність. Це особливо актуально, коли потрібно випробувати пристрій, що тестується, на декількох вихідних рівнях і виміряти відповідний рівень сили струму або напруги, що часто і потребується. Різниця в часі обробки команд між джерелами живлення загального призначення і високопродуктивними системними джерелами живлення постійного струму може становити кілька порядків. Якщо важлива пропускна здатність тестування, економія часу тестування завдяки використанню високопродуктивних джерел живлення з малим часом опрацювання команд легко відшкодує різницю в ціні.

Приклад часу обробки команд для джерела живлення показано на рисунку 1. Час обробки команд — це час від першого отримання команди до того моменту, коли джерело живлення починає її

виконувати. У цьому випадку це момент, коли вихідне значення джерела живлення починає змінюватися. Час опрацювання команд може варіюватися від кількох сотень мілісекунд у джерел живлення загального призначення до менш ніж 1 мс у високопродуктивних джерел живлення.

Вплив часу обробки команди джерелом живлення на час тестування та пропускну здатність тестової системи очевидний відразу. Для тестованого пристрою, що випробується на 10 різних налаштувань напруги, від дже-

рела живлення з часом опрацювання команди 100 мс до джерела з 1 мс, час тестування скорочується приблизно на 2 с. Ця кількість часу є істотною для масштабів заводського тестування масованого виробництва. Подібна економія також реалізується під час інших операцій з джерелом живлення — час тестування з легкістю зменшується ще на кілька секунд, значно підвищуючи ефективність тестування.

## 2. ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ТЕСТУВАННЯ ЧЕРЕЗ СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ВІДГУКУ ПРИ НАРОСТАННІ ТА СПАДІ НАПРУГИ

Використання джерел живлення з меншим часом відгуку під час програмування виходу в на підвищення чи на пониження може значно зменшити час тестування, зокрема, якщо в послідовності тестування пристрою потрібно задати кілька налаштувань вихідно-

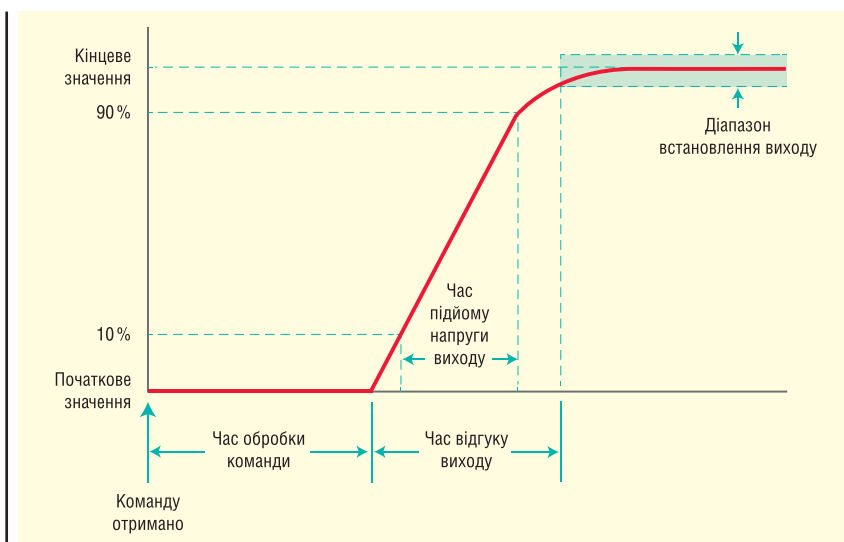


Рис. 1. Час опрацювання команд джерела живлення при зміні вихідного рівня

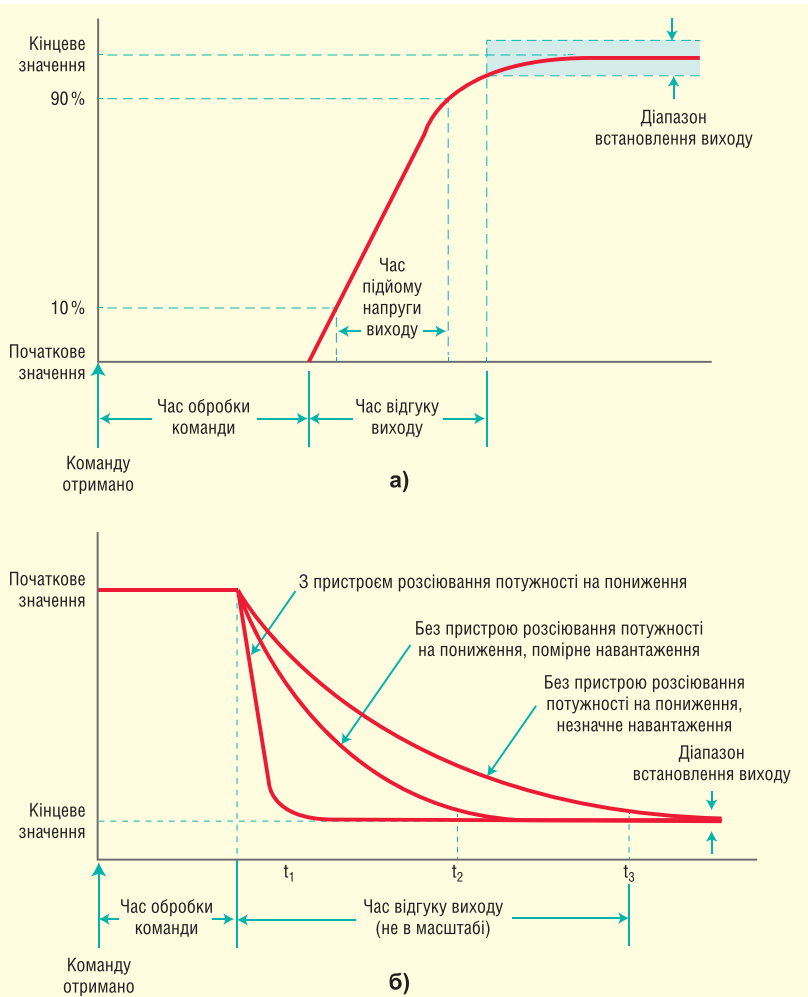
го рівня. Різниця в часі відгуку під час програмування виходу може становити кілька порядків величини між джерелами живлення загального призначення та високопродуктивними системними джерелами живлення постійного струму. Використання джерела живлення з меншим часом відгуку під час програмування виходу легко зменшує час тестування пристрою на кілька секунд, значно підвищуючи пропускну здатність тестування.

Час відгуку на програмування на підвищення рівня зображено на рисунку 2а. Це час, необхідний джерелу живлення для підйому напруги виходу та встановлення в межах невеликого діапазону навколо кінцевого значення вихідного рівня після опрацювання команди зміни вихідного рівня.

Час відгуку на програмування на підвищення рівня значно варіюється залежно від рівня джерела живлення: від сотень мілісекунд у пристроїв загального призначення до менш ніж 1 мс у високопродуктивних джерел живлення. У низки спеціалізованих високопродуктивних джерел живлення час відгуку під час програмування на підвищення мінімальний і обчислюється десятками мікросекунд.

Час відгуку під час програмування на пониження подібний до часу відгуку на підвищення, за винятком того факту, що джерело живлення програмується на нижчий рівень. Однак необхідно розглядати програмування на пониження незалежно, оскільки малий час програмування на підвищення не обов'язково гарантує такий самий малий час на пониження. Не всі джерела живлення мають активну мережу розсіювання потужності, щоб швидко перевести вихід на низьку напругу. За відсутності пристрою розсіювання потужності час відгуку під час програмування на зниження, необхідний для переведення виходу на низьку напругу, залежить здебільшого від навантаження тестованого пристрою.

Час відгуку під час програмування на пониження з і без пристрою розсіювання потужності показано на рисунку 2б. Час відгуку під час програмування на пониження також значно варіюється залежно від рівня джерела живлення: високопродуктивні джерела живлення завжди обладнують пристроєм розсіювання потужності, а їхній час відгуку становить 1 мс або менше. Для порівняння, джерела живлення загального призначення можуть мати час відгуку під час програмування на зниження в кілька сотень мілісекунд і більше. Багато джерел живлення загального призначення мо-



**Рис. 2. Час відгуку джерела живлення під час програмування на зниження з (а) і без (б) пристрою розсіювання потужності**

жуть витратити на зниження рівня за відсутності навантаження до кількох секунд.

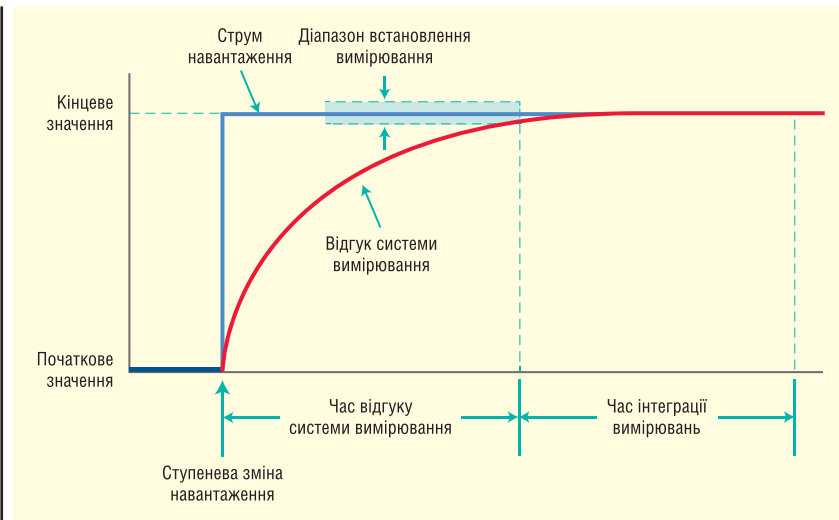
Якщо важлива пропускну здатність тестування, використання продуктивніших джерел живлення з меншим часом відгуку під час програмування в обидва боки дає змогу з легкістю зменшити час тестування на кілька цінних секунд. Це, зі свого боку, підвищує пропускну здатність тестування і знижує витрати, що особливо важливо під час масштабного швидкісного тестування на виробничій лінії.

### 3. ВИКОРИСТАННЯ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ ЗІ ШВИДШИМИ СИСТЕМАМИ ВИМІРЮВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ТЕСТУВАННЯ

Використання джерел живлення постійного струму, що мають швидкі високопродуктивні системи вимірювання, дає змогу серйозно знизити час тестування пристрою, значно підвищивши

пропускну здатність тестування і скоротивши витрати.

Хорошим індикатором джерела живлення постійного струму з високопродуктивною системою вимірювання є програмоване інтегрування вимірювань, або апертура, час, який часто програмується в циклах лінії живлення. Однією зі зручностей програмованого часу інтегрування є мінімізація будь-яких пульсацій 50 або 60 Гц у лінії змінного струму, що попадають у вимірювання постійного струму, шляхом встановлення часу, кратного одному або декільком циклам лінії живлення. Встановлення часу в кількості одного циклу лінії живлення забезпечує гарне придушення пульсацій з відносно високою пропускну здатністю тестування. Якщо пульсація в лінії змінного живлення проблемою не є, може бути встановлений час інтегрування тривалістю менше одного циклу лінії живлення, що ще більше скорочує час вимірювання. Якщо джерело живлення постійного струму має програмоване ін-



**Рис. 3. Час відгуку і час інтегрування системи вимірювання джерела живлення постійного струму**

тегування вимірювань, воно, без сумніву, також матиме швидкодію (зазвичай ідеться про мілісекунди) систему вимірювання, що відповідає програмованому часу інтегрування.

Для порівняння, базові джерела живлення постійного струму зазвичай мають фіксований час інтегрування тривалістю 100 мс для підтримки придушення пульсацій змінного струму для частот мережі живлення 50 і 60 Гц. Вони також мають системи вимірювання з вузьким діапазоном і малим відгуком, яким потрібна більша кількість часу встановлення після кожної ступеневої зміни навантаження, перш ніж можна буде виконати коректне вимірювання.

Зрештою, джерелу живлення постійного струму загального призначення на виконання вимірювання може знадобитися до кількох сотень мілісекунд, тоді як джерелу живлення постійного струму з високопродуктивною системою вимірювання - лише приблизно одна десята цього часу, до того ж у більшості ситуацій точність буде вищою. Якщо під час тестування пристрою виконується кілька вимірювань, це може дозволити буквально урізати секунди часу тестування, значно підвищивши пропускну здатність і скоротивши витрати.

#### 4. ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕВАГ ЦИФРОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ВИМІРЮВАНЬ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З КОРОТШИМ ЧАСОМ УСТАНОВЛЕННЯ

Середнє значення постійного струму практично завжди є ключовою ве-

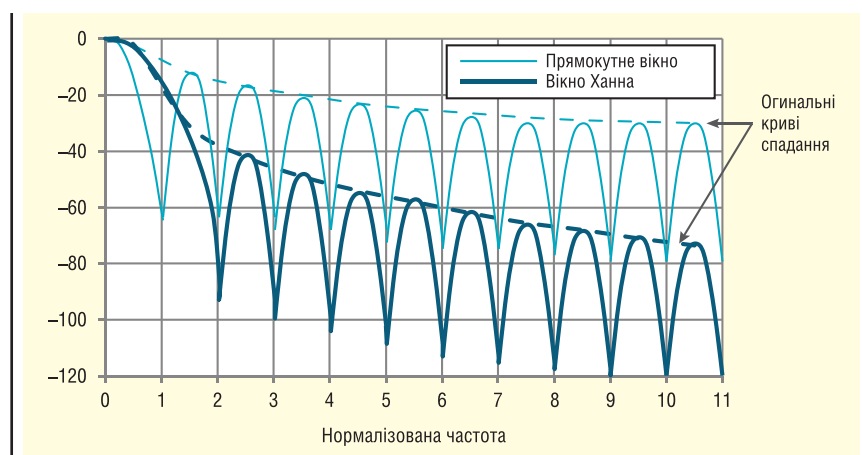
личиною при вимірюванні споживання струму тестованого пристрою. Однак споживання струму багатьох тестованих пристроїв може бути дуже динамічним і містити значну частину змінного струму відносно середнього значення постійного струму. Прикладом є характеристика пульсуючого споживання струму багатьох цифрових бездротових пристроїв. Висока змінна складова може стати проблемою при спробі виконати вимірювання середнього значення постійного струму швидше, оскільки для отримання прийнятної повторюваності результатів вимірювань потрібен більший час збору результатів вимірювань. Що стосується джерел живлення постійного струму з оцифруючою системою вимірювання, їхні функції цифрової фільтрації у вікні на базі цифрової обробки сигналів можуть забезпечити швидше та стабільніше вимірювання середнього значення постійного струму на динамічних струмах. Зменшення часу вимірю-

вання сприяє підвищенню пропускну здатності тестування, особливо якщо під час тестування потрібно виконати безліч вимірювань.

Функція цифрової фільтрації з прямокутним вікном (чи без зважування) однаково сприймає всі оцифровані вибірки, взяті за період збору результатів вимірювань. Якщо можливо точно зіставити період збору результатів з періодом власних коливань змінної складової, вона переважно видаляється від середнього значення постійного струму. Однак, якщо основний період коливань змінної складової точно не відомий або є кілька негармонійно пов'язаних періодів змінної складової для виключення, функція з прямокутним вікном спадає під ухилом 20 дБ/порядок, і для отримання стабільно повторюемого результату потрібен триваліший період збору результатів.

Для порівняння, віконна функція зі зважуванням виділяє оцифровані вибірки, взяті в середині періоду збору результатів вимірювання, і занижує вибірки з початку і кінця періоду. Це дає значно більший ухил спадання видалення змінного струму, забезпечуючи більшу повторюємість вимірювань постійного струму за менший час збору результатів порівняно з функцією з прямокутним вікном. Вікно Ханна (Ханнінга) — один із прикладів віконної функції зі зважуванням, яка підходить для цих цілей (рис. 4).

Для тестованих пристроїв, що споживають динамічний струм, використання переваг функцій цифрової фільтрації джерел живлення постійного струму з оцифруючими системами вимірювання, може значно зменшити час, необхідний для виконання точних і постійно повторюємих вимірювань, унаслідок чого поліпшується пропускну здатність тестування.



**Рис. 4. Характеристики фільтру з прямокутним вікном і оком Ханна**



### 5. ВИКОРИСТАННЯ ВБУДОВАНОЇ МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ ПРИСКОРЕНОГО ВИМІРЮВАННЯ СТРУМІВ ХОЛОСТОГО ХОДУ ТА ВИТОКУ

На сьогодні дедалі більше пристроїв із різних галузей промисловості обладнано режимом очікування, сну або віртуального вимкнення — коли пристрій переходить у стан дуже низького енергоспоживання, фактично зберігаючи під'єднання до джерела живлення. У такому стані пристрій споживає невелику кількість струму холостого ходу, об'ємом у кілька мікроампер або міліампер. Такі струми низького рівня мають обов'язково проходити заводське тестування з метою виключення перевищень допустимих обмежень. Традиційний підхід, що полягає у використанні окремого обладнання для вимірювання цих струмів, забирає дуже багато часу. Замість цього розглянемо варіант використання вбудованої функції виконання вимірювань джерела живлення постійного струму (рис. 5).

Оскільки такі струми холостого ходу та витoku становлять лише невелику частину активної витрати струму пристроєм, що тестується, їх неможливо точно виміряти за допомогою єдиного діапазону вимірювання, доступного у джерелах живлення постійного струму стандартних і загального призначення. Традиційно, це диктує необхідність додавання паралельного резистора великої ємності, обхідного реле і спеціального мультиплексного каналу з циф-

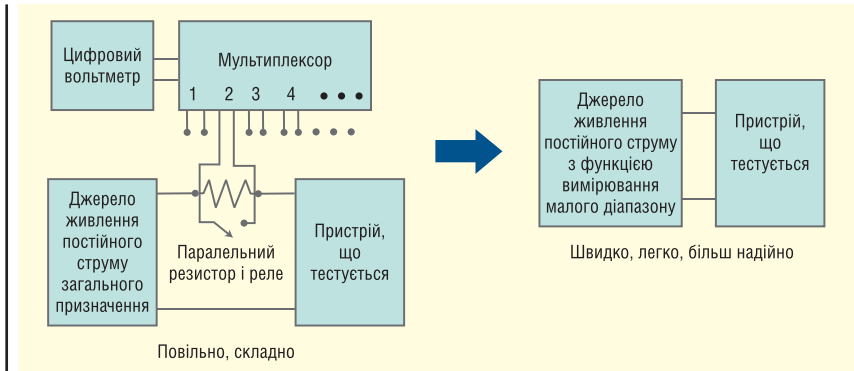


Рис. 5. Рішення з зовнішніми пристроями проти вбудованої функції вимірювання струму низького рівня джерела живлення постійного струму

ровим вольтметром з метою точного вимірювання струму низького рівня. Це не тільки підвищує складність і призводить до виникнення проблем з надійністю системи тестування, але також значно збільшує час тестування завдяки перемиканню паралельного резистора на мережу вимірювання, під'єднанню цифрового вольтметра, виконанню вимірювання, повторному перемиканню паралельного резистора та від'єднанню вольтметра.

Найкращий спосіб виконати вимірювання струму низького рівня — скористатися можливостями джерел живлення постійного струму, що мають вбудовані додаткові діапазони для прямого вимірювання таких струмів. Це не тільки спрощує та підвищує надійність системи тестування, але також економить сотні мілісекунд щоразу, коли потрібно виміряти струм низького

рівня, завдяки відсутності необхідності перемикати паралельний резистор і під'єднувати/від'єднувати цифровий вольтметр у лінію струму.

### 6. ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕВАГ ПЛАВНОГО ПЕРЕМИКАННЯ ДІАПАЗОНУ ВИМІРЮВАННЯ ДЛЯ МИТТЄВИХ ЗМІН ДІАПАЗОНУ В ХОДІ ТЕСТУВАННЯ

Коли справа стосується часу високошвидкісного тестування компонентів і пристроїв, кожна мілісекунда має значення. Використання джерел живлення постійного струму з функцією плавного перемикання діапазону вимірювання може значно зосередити час тестування, одночасно з цим підвищивши пропускну здатність тесту і знизивши витрати.

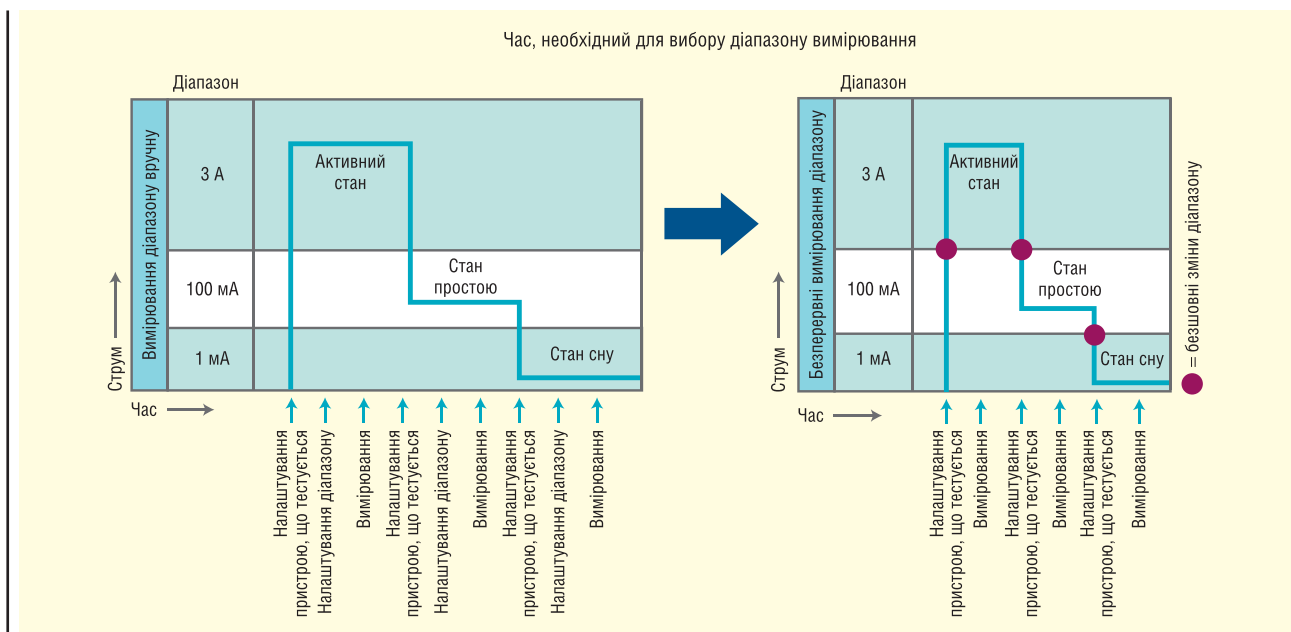


Рис. 6. Порівняння часу, необхідного для безперервного вибору діапазону вимірювання та встановлення діапазону вручну

Багато компонентів і пристроїв тестують за кількох умов напруги живлення, рівнів потужності та станів (сон, простій, активний). Підсумкове споживання струму в разі поєднання всіх цих чинників охоплює широкий діапазон, вимагаючи для отримання точних результатів наявності декількох діапазонів вимірювання.

Кожна ручна зміна діапазону вимірювання відповідно до конкретного рівня струму для отримання точного результату тестування вимагає надсилання окремої команди на джерело живлення постійного струму або інше вимірювальне обладнання та обробки ним. Обробка і виконання кожної зміни діапазону вимірювання вручну може займати кілька мілісекунд. Для порівняння, при плавному виборі діапазону вимірювання система вимірювання постійно відстежує і застосовує найбільш оптимальний діапазон або навіть поєднання діапазонів на підставі миттєвого значення рівня струму в режимі реального часу для досягнення максимальної точності (рис. 6). Завдяки функції плавного перемикачання діапазону вимірювання вам більше не потрібно буде змінювати діапазони вручну. Така система значно відрізняється від системи вимірювання з автоматичним вибором діапазону, робота якої здійснюється не в режимі реального часу і займає ще більше часу, ніж зміна діапазону вручну, що зовнішній є непрактичним при автоматизованому тестуванні.

Якщо для тестування компонента або пристрою за всіх можливих поєднань умов потрібно виконати велику кількість змін діапазону, використання можливостей безперервного плавного вибору діапазону вимірювання може на кілька десятків мілісекунд скоротити час тестування. Це багато, коли загальний час тестування становить лише кілька секунд, і важлива кожна мілісекунда!

## 7. ВИКОРИСТАННЯ РЕЖИМУ СПИСКУ ДЛЯ ПРИСКОРЕНОЇ ЗМІНИ ВИХІДНОГО РІВНЯ

Використання джерел живлення, що передбачають роботу в режимі списку, може значно зменшити час тестування (рис. 7), якщо потрібно налаштувати кілька рівнів напруги (або струму) для великої кількості умов тестування під час тестової послідовності для пристрою, що тестується. Скорочення часу тестування ще більш виражене під час тестування пристроїв, які потребують кількох значень напруги зміщення. Час тестування

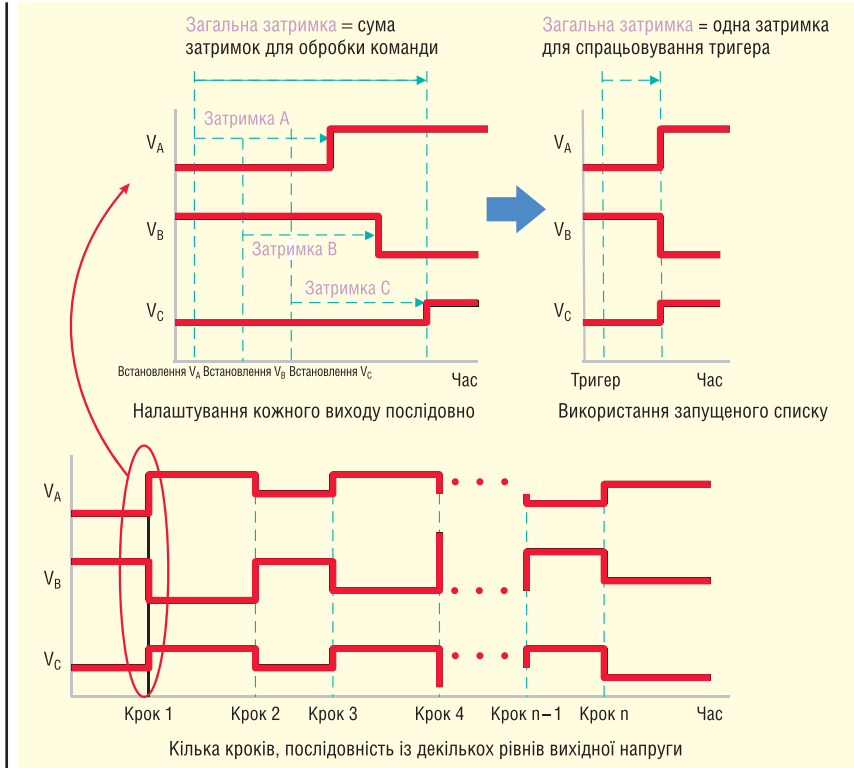


Рис. 7. Джерело живлення з функцією режиму списку зменшує час тестування

зменшується пропорційно кількості рівнів напруг зміщення з набору, заданих для кожної з умов тестування пристрою.

Під час використання традиційних джерел живлення щоразу, коли потрібно змінити напругу або струм для створення наступної умови тестування, на кожен вихід надсилають окрему команду встановлення вихідного рівня. Обробка кожної команди встановлення вихідного рівня займає від декількох мілісекунд в просунутому джерелі живлення, до 100 мс у джерелах загального призначення. У разі зміни рівнів кількох джерел живлення для створення наступної умови операції, зміни виконують послідовно, що примножує час опрацювання команди пропорційно до кількості виходів джерела живлення, які потребують зміни.

Використання режиму списку забезпечує попереднє програмування послідовності рівнів напруги або струму в джерелі живлення. Потрібно лише одного разу ввести список. Після цього він може виконуватися багаторазово, як у випадку заводського тестування. При використанні сигналу тригера переходу для запуску режиму списку зміна вихідного рівня виконується за лічені мікросекунди для апаратного тригерного входу, і за кілька мілісекунд (або менше) — для тригерного входу шини. Це зменшує кількість необхідного часу

порівняно з ситуацією, у якій щоразу надсилається команда встановлення рівня. Ще більшої економії під час роботи з кількома виходами можна досягти, якщо списки для кожного виходу одночасно запускають одним тригером, усуваючи необхідність у додатковому часі на оброблення команди для кожного додаткового виходу.

## 8. ВИКОРИСТАННЯ РЕЖИМУ СПИСКУ І ТРИГЕРІВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ШВИДКИХ СВПОВАНИХ ПАРАМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Використання переваг функції режиму списку в джерелі живлення постійного струму може підвищити пропускну здатність тестування додатковими способами, крім швидкої послідовності рівня напруг або струму. Списки також можуть створювати пускові сигнали виходу в стратегічних точках списку. Ці пускові сигнали виходу можуть використовуватися для виконання інших дій, зокрема пов'язаних із використанням зовнішнього обладнання. Зв'язок через систему тригерів між інструментами усуває необхідність у контролері-посереднику, і це зменшує час тестування.

Звичайною практикою є виконання свіпованих параметричних вимірю-

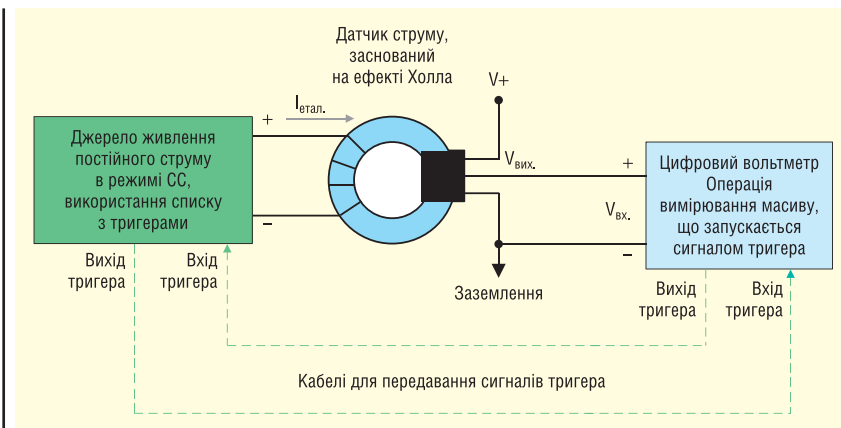
вань разом із цифровим мультиметром. Наочним прикладом цього є тестування лінійності датчика струму на ефекті Холла (рис. 8). Тут послідовність рівнів струму подається на вхід датчику на ефекті Холла, цифровий мультиметр вимірює відповідні рівні вихідної напруги пристрою.

Такі свіповані параметричні вимірювання часто вимагають декількох сотень точок. Підтримування мінімального часу свіпування не тільки зменшує час тестування, підвищуючи пропускну здатність, але також знижує до мінімуму ефект нагрівання, що також підвищує точність тестування. Усунення потреби в контролері системи тестування при виконанні послідовності зміни рівнів струму в пристрої живлення постійного струму та тригеруванні запуску вимірювань відповідного рівня напруги цифровим мультиметром значно зменшує час виконання параметричних вимірювань. Усю роботу виконує обмін тригерними сигналами між джерелом живлення постійного струму та цифровим мультиметром. Цифровий мультиметр налаштований на виконання масиву вимірювань, що відповідають кількості рівнів струму в списку, перехід за яким здійснюється при спрацьовуванні тригерів. Список видає сигнал на виході тригера, щоб цифровий мультиметр міг виконувати вимірювання на кожному етапі. Цифровий мультиметр, своєю чергою, видає сигнал на виході тригера після завершення вимірювань, щоб список джерела живлення постійного струму міг перейти до наступного етапу.

Використання режиму списку та функцій тригера, доступних у більш просунутих джерелах живлення постійного струму, може значно прискорити виконання параметричних вимірювань, зменшивши час і підвищивши пропускну здатність тестування.

### 9. ПОЄДНАННЯ ФУНКЦІЙ ГЕНЕРАЦІЇ СИГНАЛІВ ДОВІЛЬНОЇ ФОРМИ (ARB) ТА ДІГІТАЙЗЕРУ У ДЖЕРЕЛАХ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ УЛЬТРАШВИДКИХ СВІПОВАНИХ ПАРАМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Традиційне джерело/вимірювач (SMU) може виконувати досить швидкі свіповані параметричні вимірювання. Однак часом корисні виконання ще швидших параметричних вимірювань, наприклад, коли саморозігрів пристрою, що тестується, або пропускну



**Рис. 8.** Свіповане параметричне вимірювання пристроєм з ефектом Холла, налаштоване на його характеристики передачі

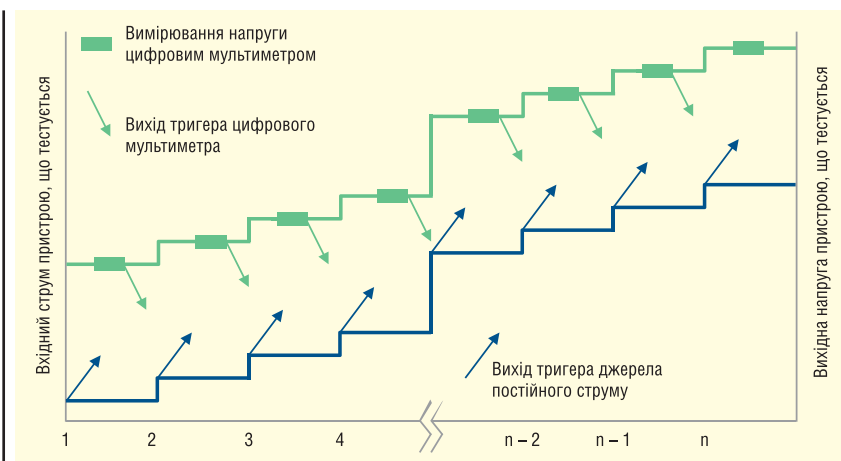
здатність тестування мають критично важливе значення, а водночас для отримання необхідної характеристики пристрою, що тестується, потрібно виміряти сотні точок або навіть більше. Завдяки використанню функцій генерації сигналів довільної форми (ARB) і дигітайзеру, вбудованих в окремі джерела живлення постійного струму, свіповані параметричні вимірювання можуть виконуватися з рекордними швидкостями.

Для виконання параметричного вимірювання традиційне джерело/вимірювач SMU використовує повторювану послідовність дій «джерело-затримка-вимірювання». По суті, це можна порівняти з використанням режиму списку і тригерів для швидкого виконання параметричних вимірювань (рис. 9). Джерела/вимірювачі SMU з вищою продуктивністю мають швидкість свіпованих вимірювань близько 20 000 відліків/с.

Швидшою альтернативою є ініціювання відповідної сигналу довільної форми ARB вихідної напруги або стру-

му з одночасною ініціацією оцифрованого масиву вимірювань відповідного залежного параметра з прийнятною частотою оцифрування. За відсутності необхідності окремо синхронізувати кожну подію «джерело-затримка-вимірювання», швидкість вимірювання може досягати максимальної частоти вибірки дигітайзеру. Варіацією цього підходу є використання функції реєстрації даних джерела живлення постійного струму замість функції оцифрування, якщо вона доступна. Це дає можливість інтегрувати вимірювання з більшим часом апертури, але, відповідно, і займає більше часу.

На рисунку 10 показано ініціювання генерації сигналу довільної форми під час лінійної зміни струму (1.2 А, 1.2 мс) з одночасним оцифруванням струму та напруги зі швидкістю 100 000 відліків/с для отримання характеристик прямої напруги світлодіодного пристрою високої яскравості (HBLED). Завдяки істотному зменшенню часу тестування знижено до мінімуму дрефт напруги



**Рис. 9.** Кроки списку з тригерами джерела живлення постійного струму підтверджують зв'язок з тригерами масиву вимірювань цифрового мультиметра



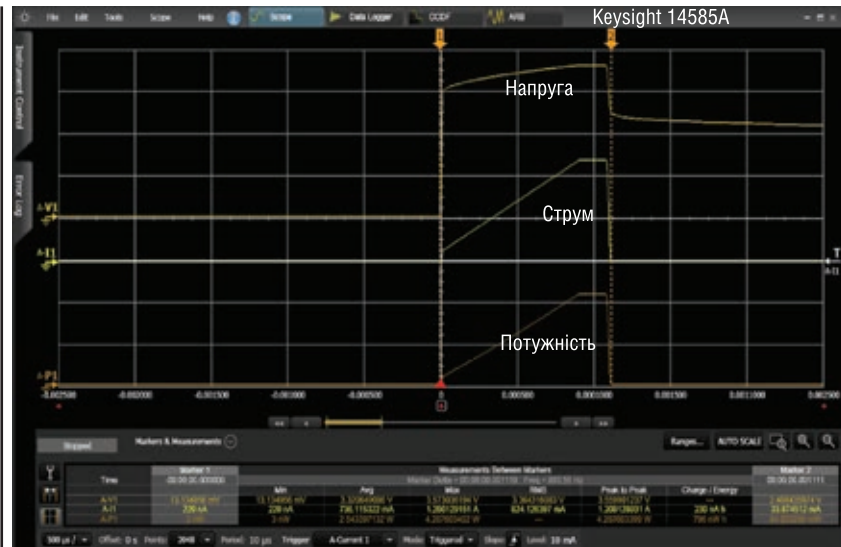


Рис. 10. Швидкий тест прямої напруги пилкоподібного струму HBLED

HBLED зза зростання температури внаслідок саморозігріву.

### 10. ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІЙ ПІДСИСТЕМИ СТАТУСУ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЧАСУ ТЕСТУВАННЯ

Виконання деяких операцій джерела живлення займає відчутно більше часу, ніж інших, наприклад:

- увімкнення виходу ;
- ініціалізація запущеного тригером вимірювання ;
- ініціалізація запущеного тригером перехідного процесу на виході чи події вихідного списку.

Під час розроблення програм у них можна включати оператори очікування з тривалою фіксацією, щоб гарантува-

ти виконання описаних вище операцій перед продовженням. Однак це легко може призвести до додавання кількох десятків мілісекунд (або більше) не необхідного очікування і збільшення загального часу тестування. Краще скористатися функціями підсистеми стану джерела живлення постійного струму, яка усуває небажане зайве очікування виконання операцій (див. рис. 11).

Увімкнення виходу джерела живлення постійного струму, чи інша операція з виходом, може зайняти кілька десятків мілісекунд. Цей процес може зайняти ще більше часу, якщо вихід має вбудоване механічне реле вимкнення. Замість використання фіксованого оператора очікування після команди OUTPUT ON (УВІМКНУТИ ВИХІД) дайте команду підсистеми стану \*WAI. Це дасть джерелу живлення постійного

струму системи вказівку не опрацьовувати подальші команди до завершення всіх операцій, у цьому разі, операції увімкнення виходу. Цей підхід забезпечить продовження виконання програми тестування відразу після завершення операції увімкнення виходу без небажаного додаткового очікування.

Запущені за тригером вимірювання та події, пов'язані з вихідом джерела, можуть значно прискорити тестування, виконавши дії, чітко синхронізовані з іншими процесами тестування. Однак ці події не мають чіткого відомого заздалегідь часу, необхідного для їхньої ініціалізації. Замість використання фіксованої затримки програмування після операції ініціалізації краще скористатися регістром групи робочих статусів (Operating Status Group register) у підсистемі статусів. Біт WTG meas (№ 3) або WTG trans bit (№ 4) у регістрі станів можна відстежувати за допомогою петлі в програмі тестування, яка дає змогу бачити, коли вони набувають значення «Істина». У момент, коли подія вимірювання або визначення джерела виходу буде ініційована і готова для тригера, програма тестування продовжить виконуватися без не необхідного додаткового очікування.

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

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

СН

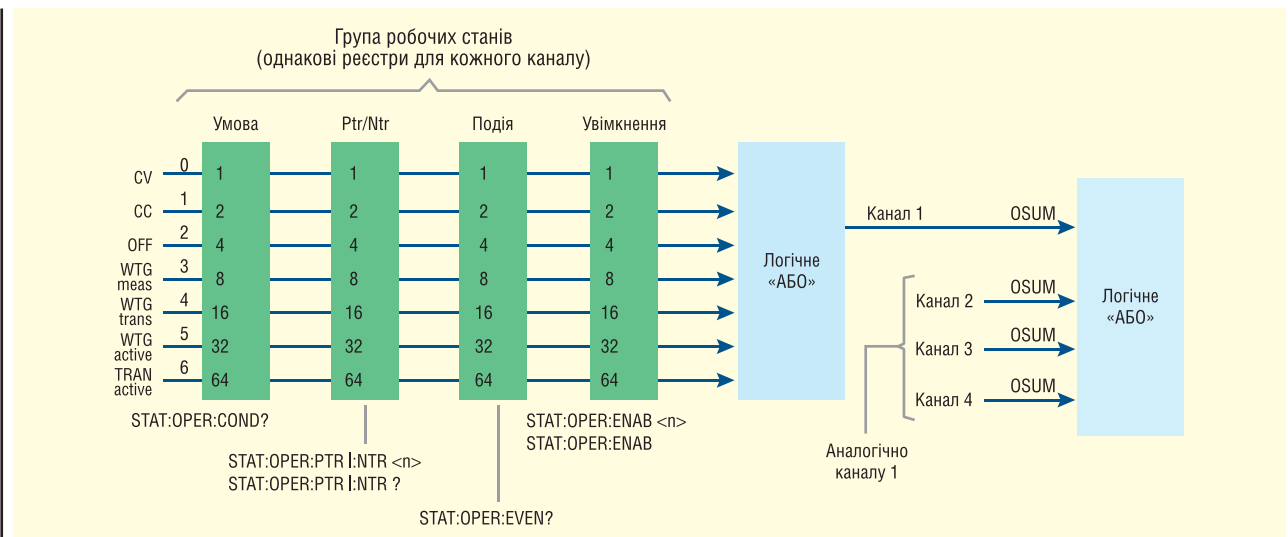


Рис. 11. Група робочих станів системи живлення постійного струму Keysight серії N6700

# Модульні джерела живлення MEAN WELL серії NMP

**Широке застосування комп'ютерних технологій у різних міських електронних пунктах самообслуговування і в медичних електронних виробках визначає високий рівень складності цих виробів, що поступається лише рівню складності біологічної системи організму людини.**

У роздрібній торгівлі та сфері послуг кіоски і пункти самообслуговування є популярним обладнанням міського середовища. Найпоширеніші периферійні пристрої, з яких складається подібний пункт або кіоск самообслуговування, — це різні сенсорні екрани інтерфейсу користувача, двигуни пристроїв для видачі та приймання банкнот, мініатюрні чекові принтери, зчитувачі банківських карток, системи відеоспостереження, аудіосистеми і бортові комп'ютери. Подібні периферійні пристрої використовують різні рівні напруги постійного струму для свого функціонування. Ще донедавна виробники цього типу обладнання, призначеного для міського середовища, були змушені використовувати кілька різних джерел для живлення периферійних пристроїв усередині одного кіоску або пункту самообслуговування, а це зрештою збільшувало загальний струм витоку всього рішення загалом. Однак, згідно з вимогами безпеки, після встановлення або подальшої модифікації будь-якої міської електричної системи не повинна становити небезпеки для людини. Відповідно до нормативів ДСТУ EN 62368-1:2017 «Обладнання аудіо-, відео-, інформаційних та комунікаційних технологій» подібні міські кіоски та пункти самообслуговування повинні забезпечувати струм витоку (у новій редакції шлях витоку<sup>1</sup>) менше ніж 500 мкА, щоб запобігти ненадійному шляху заземлення в розетці змінного струму. Оновлена серія перетворювачів змінного струму NMP650/NMP1K2 відповідає цій вимозі стандарту безпеки завдяки своїм конструктивним особливостям, закладеним ще на стадії розроблення інженерами MEAN WELL.

Джерело живлення MEAN WELL NMP650-ННЕН-1 дає змогу перетворювати змінний струм міської мережі електроживлення та забезпечувати кіоск для самостійної реєстрації квитків в аеропортах. У своєму складі NMP650-ННЕН-1 має джерело живлення, яке забезпечує 24-В живленням постійного струму бортовий комп'ютер, надає 12 В постійного струму для сенсорного дисплея та аудіосистеми і 24 В постійного струму для двигуна принтера квитків. Фото та блок-схему обладнання представлено на рисунку 1.

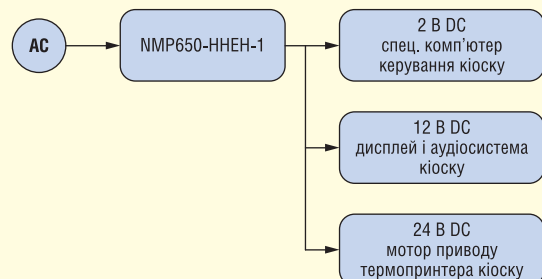
MEAN WELL NMP650-ННЕН-1 забезпечує роботоздатність кіоску авіаквитків і безпеку його експлуатації в аеропорту.

Модульна конструкція серії NMP650/1K2 дає змогу створювати понад 82 000 різних конфігурацій, і NMP650-ННЕН-1 лише один із прикладів конфігурації цієї серії.

**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.**

Оновлена лінійка NMP є, зокрема, серією медичних джерел живлення і відповідає вимогам стандарту ДСТУ EN 60601-1:2015 «Вироби медичні електричні. Частина 1. Загальні вимоги щодо безпеки та основних технічних характеристик», а також відповідає подвійній (2xMOPP) медичній та промисловій безпеці.

Джерела живлення NMP650/NMP1K2 мають кілька виходів постійного струму для керування окремими пристроями. Серію NMP оснащено інтелектуальними функціями керування, як-от регулювання напруги та струму, дистанційне вмикання та вимкання живлення, попередження про перегрівання та сигнал постійного струму ОК, що забезпечує дистанційне керування та моніторинг застосувань. Для ефективного контролю температури швидкість обертання вентилятора автоматично регулюється за допомогою вбудованої функції визначення температури. Різні типи блоків медичних установок, зокрема підйомальний двигун, повітряний компресор, лампа для затвердіння стоматологічної смоли, водяний насос і освітлювальний прилад стоматологіч-



**Рис. 1.** Фото кіоска та блок-схема його обладнання

<sup>1</sup> Шлях витоку (creepage distance) — найкоротша відстань між двома провідними частинами, виміряна по зовнішній поверхні ізоляційного матеріалу.





Рис. 2. Застосування в медичній промисловості

**MW**  
MEAN WELL

**650 Вт / 1200 Вт**  
Надійний, модульний  
і конфігурований індустриальний  
блок живлення

## Серія NMP

- Кілька виходів DC для живлення окремих пристроїв в обладнанні
  - модуль з одним виходом: 5 В / 12 В / 24 В / 48 В
  - модуль з двома виходами: 5-30 В / 5-30 В
- Можливість паралельного включення модулів для навантажень із високим енергоспоживанням
- Тонкий розмір 1U для розміщення в обмеженому за висотою просторі всередині обладнання

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

**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





**Рис. 3.** Застосування серії NMP650/NMP1K2 у медицині та промисловості

ного крісла, потребують різної напруги. Вихідні модулі серії NMP забезпечують потужність до 240 Вт за 5, 12, 24 і 48 В, покриваючи широкий діапазон напруг постійного струму, які підлаштовують від 3 до 55 В, для живлення деталей усередині кінцевого медичного обладнання. Додаткові NMD-240 модулі 240 Вт із двополярними виходами постійного струму так само можна використовувати у складі джерел живлення серії NMP650/NMP1K2 як один зі слотів, забезпечуючи вихідну двополярну напругу постійного струму в діапазоні  $\pm(3-30)$  В.

Вихідні силові модулі, що є у складі серії NMP650/NMP1K2, призначені для забезпечення електроживленням постійного струму ключових компонентів, таких як лазер або обладнання для візуалізації зображень, і можуть бути під'єднані паралельно для подачі подвійного, потрійного або навіть вищого вихідного струму (рис. 2). Сучасні медичні пристрої, як правило, вирізняються невеликим розміром і ергономічним дизайном. Тому простір усередині пристрою зазвичай обмежений і вимагає силового рішення в малому форм-факторі. Серія джерел живлення NMP650/NMP1K2 виконана в корпусі форм-фактора 1U для розміщення в обмеженому просторі всередині медичних пристроїв або кіосків/пунктів самообслуговування (рис. 3).

Сім'яство NMP з 5-річною гарантією та перевіркою якості є інтелектуальним багатомодульним джерелом живлення з високою продуктивністю та надійністю.

Серія джерел живлення NMP650/NMP1K2 забезпечує такі ключові переваги:

- понад 82000 доступних конфігурацій вихідної напруги постійного струму;
- максимальна вихідна потужність: 650 Вт/1200 Вт;
- вхідна напруга: 90–264 В;
- програмована вихідна напруга (PV) і програмований вихідний струм (PC) для різних вимог і застосувань;
- відповідність стандарту SEMI F47 для напівпровідникового обладнання;
- подвійні ізольовані вихідні канали постійного струму двох полярностей модулів NMD-240;
- вихідна напруга двох каналів NMP-240 і NMD-240 регулюється за допомогою окремих резисторів підлаштування;
- температурний діапазон становить  $-30...+70$  °C;
- розміри профілю 1U становлять (Д×Ш×В) 250×89×41 мм (NMP650); 250×127×41 мм (NMP1K2);
- вага блоку: 1.45 кг (NMP650), 2 кг (NMP1K2);
- гарантія: 5 років.

**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

## LTE МОДУЛЬ CAT 1 EG915U ВІД QUECTEL

EG915U — це серія нових LTE модулів Cat 1, оптимізованих спеціально для додатків M2M та IoT від всесвітньо відомого виробника **Quectel Wireless Solutions Co. Ltd.** Всього серія складається з трьох різновидів модулів EG915U-EU, EG915U-LA, EG915U-CN, які відповідають діапазону частот різних країн і регіонів та дає можливість використовувати LTE модуль в багатьох країнах світу. Модуль EG915U забезпечує максимальну швидкість 10 Мбіт/с для прийому та 5 Мбіт/с для передачі даних. Зібраний на базі чіпсета Unisoc 8910DM. Модуль виконаний в компактному та уніфікованому форм-факторі LGA та має розміри 23.6×19.9×2.4 мм. EG915U сумісний з такими поширеними серіями модулів як EG91/EG95/BG95/BG96, та забезпечує можливість роботи в мережах 2G та 4G для задоволення потреб різних галузевих напрямків.

LTE модуль Quectel EG915U має багатий набір Інтернет-протоколів, стандартних інтерфейсів та велику кількість функціональних можливостей (драйвери USB для Windows 7/8/8.1/10, Linux, Android), які розширюють зручність використання модуля для широкого кола додатків M2M та IoT, таких як POS/PoS/ETC, телеметрія та збір даних, безпека та захист, контроль та моніторинг енергії, промислові КПК та інше.

**Ключові особливості LTE модуля Quectel EG915U:**

- модуль LTE Cat 1, оптимізований для додатків M2M та IoT;
  - робота в LTE, GSM/GPRS мережах у всьому світі;
  - мелика кількість функціональних інтерфейсів;
  - підтримка аналогового аудіо;
  - Bluetooth (BR/EDR);
  - Wi-Fi Scan (Rx);
  - підтримка FOTA;
  - висока економічна ефективність
- Модуль LTE EG915U має достатній набір основних функцій та характеристик, та надає можливість вже сьогодні побудувати пристрої, котрі зможуть працювати як у 2G, так і в 4G мережах. Враховуючи невисоку вартість модуля EG915U, у нього є всі шанси стати хітом, як, наприклад, свого часу став GSM модуль M66.

За додатковою інформацією та з питань придбання продукції Quectel звертайтеся до відділу бездротових компонентів Компанії SEA.

# Neosys Drone Mission Computer FLYC-300 – бортовий комп'ютер для БПЛА

**Компанія Neosys Technology, провідний постачальник надійних вбудованих систем, оголосила нещодавно, що її бортовий комп'ютер для дронів FLYC-300 був визнаний одним з найкращих за версією MAE Innovators Awards 2023. За результатами голосування інженерної спільноти Neosys FLYC-300 отримав платиновий приз у категорії «Вбудовані комп'ютери».**

Переможці премії MAE Innovators Award 2023 року були визначені кваліфікованим журі, яке було обрано редакцією журналу Military + Aerospace Electronics.

Нагорода MAE Innovators Awards 2023 відзначила видатні інновації в оборонній та аерокосмічній галузях. Щороку цією премією нагороджують компанії, дизайнерів та інноваторів, які зробили значний внесок у розвиток технологій завдяки своїм креативним та винятковим розробкам.

Neosys FLYC-300 (рис. 1) — це бортовий комп'ютер на базі NVIDIA Jetson Orin NX, спеціально розроблений для дронів та БПЛА. Створений для спільної роботи з польотним контролером, який відповідає за стабілізацію та керування польотом безпілотною, FLYC-300 забезпечує переконливу продуктивність штучного інтелекту 100 TOPS, поєднуючи універсальні датчики для забезпечення повної автономії безпілотною та передових додатків, таких як автономна навігація, оминання перешкод, виявлення та відстеження об'єктів.

Для задоволення різноманітних потреб камер і датчиків, таких як RGB, гіперспектральні, інфрачервоні, LiDAR і 3D-камери, FLYC-300 може похвалитися універсальним набором варіантів підключення, включаючи два порти Ethernet, два USB3.2 і два GMSL2. Це робить його ідеальним для додатків відеоаналітики в реальному часі, таких як збір зображень з дронів, спостереження, моніторинг інфраструктури. Для керування польотом безпілотною FLYC-300 може безперешкодно зв'язуватися з польотним контролером через конфігуровані порти UART, Ethernet і CAN. Він також підтримує ши-

рокий діапазон вхідної напруги від 4S до 14S акумуляторних батарей через роз'єм XT30 DC-IN. Система сумісна і підтримує встановлення модулів 5G/ 4G для передачі зображень, відео та даних в режимі реального часу.

Neosys FLYC-300 може підняти безпілотні системи на новий рівень, поєднуючи пристрої технічного зору з потужною платформою штучного інтелекту на базі NVIDIA Jetson. Інтелектуальні автономні системи БПЛА можуть забезпечити підвищену операційну ефективність, зниження ризиків та отримання інформації в реальному часі, що робить їх цінним інструментом. Розгортання комп'ютера зі штучним інтелектом на безпілотнику дозволяє використовувати автономні військові БПЛА для операцій з високим ступенем ризику, таких як розвідка, пошук цілей, ретрансляція зв'язку, морське патрулювання, підтримка при проведенні рятувальних робіт тощо.

Завдяки надлегкій конструкції вагою 297 грамів та універсальним можливостям підключення, FLYC-300 готовий до інтеграції та розгортання в реальних умовах.

«Neosys FLYC-300 може вивести системи БПЛА на абсолютну новий рівень. Завдяки поєднанню пристроїв технічного зору з потужною платформою на базі графічного процесора Jetson, створення автономних військових БПЛА з системами технічного зору та інтелекту — це вже не просто мрія. Командний комп'ютер надає автономним військовим БПЛА вирішальні переваги в плані підвищення оперативної ефективності, зниження ризиків та отримання інформації в режимі реального часу, що робить їх важливою складовою сучасних військових операцій», — сказав Ніл Лю, менеджер з продуктів Neosys Technology.

Основні характеристики легкого бортового комп'ютера для дронів на базі NVIDIA® Orin™ NX серії FLYC-300:

- важить лише 297 г для бортової установки;
- до 100 TOPS GPU від Jetson Orin NX;
- підтримує декілька інтерфейсів камер і датчиків:
  - 2×GbE та 2×USB3 для RGB/інфрачервоних/гіперспектральних камер та лідарів/радарів;
  - 2×GMSL2 для HDR/ 3D камер;
- наявність вбудованих UART і CAN для взаємодії з польотним контролером;
- 1×M.2 2230 для зберігання даних та зв'язку 4G/5G;
- підтримує акумулятори для дронів 4S-14S.

**Додаткову інформацію щодо продукції компанії Neosys Technology можна отримати у офіційного дистриб'ютора в Україні — Мікродіс Електронікс ГмБХ:**

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



Рис. 1. Neosys FLYC-300

# Епоха штучного інтелекту: AI-чипи до 2034 року

Переклад та редагування: Юлія Ямненко, д.т.н., професор, кафедра ЕПС, ФЕЛ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

**Штучний інтелект (ШІ) змінює світ, яким ми його знаємо: від успіху DeepMind над чемпіоном світу з гри в го Лі Седолом у 2016 році до надійних можливостей прогнозування ChatGPT від OpenAI, складність алгоритмів навчання ШІ зростає надзвичайно швидкими темпами, а обсяг обчислень, необхідних для запуску нових алгоритмів навчання, подвоюється приблизно кожні чотири місяці. Щоб іти в ногу з часом, апаратне забезпечення для додатків ШІ повинно бути не лише масштабованим — забезпечувати довговічність у міру появи нових алгоритмів, зберігаючи при цьому низькі операційні витрати — але й бути здатним обробляти все складніші моделі.**

Компанія IDTechEx, спираючись на технологічні звіти та ринкові прогнози «AI Chips: 2023-2033» і «AI Chips for Edge Applications 2024-2034: Artificial Intelligence at the Edge», прогнозує, що зростання використання штучного інтелекту, як для навчання і обробки даних як в хмарі, так і на периферії, продовжиться протягом наступних десяти років, оскільки наш світ і пристрої, які його наповнюють, стають все більш автоматизованими і взаємопов'язаними.

## НАВИЩО І ДЛЯ ЧОГО ПОТРІБНІ ЧИПИ ЗІ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ

Ідея розробки апаратного забезпечення для виконання певної функції, особливо якщо ця функція полягає у прискоренні певних типів обчислень, перебираючи контроль над ними від основного (хост) процесора, не нова: на початку розвитку обчислювальної техніки з'явилися центральні процесори ЦП (*Central Processing Unit, CPU*) в парі з математичними співпроцесорами, відомими як процесори з плаваючою комою (*Floating-Point Units, FPU*). Мета полягала в тому, щоб перекласти складні математичні операції з плаваючою комою з центрального процесора на цей спеціалізований чип,

оскільки останній міг би виконувати обчислення більш ефективно, тим самим звільняючи центральний процесор, щоб той міг зосередитися на інших речах.

З розвитком ринків і технологій зростали й робочі навантаження, а отже, потрібні були нові апаратні засоби, які б могли впоратися з цими навантаженнями. Особливо примітним прикладом одного з таких спеціалізованих робочих навантажень є створення комп'ютерної графіки, де прискорювач, про який йде мова, став чимось на кшталт прозвинутого (загального) імені: графічний процесор (*Graphics Processing Unit, GPU*).

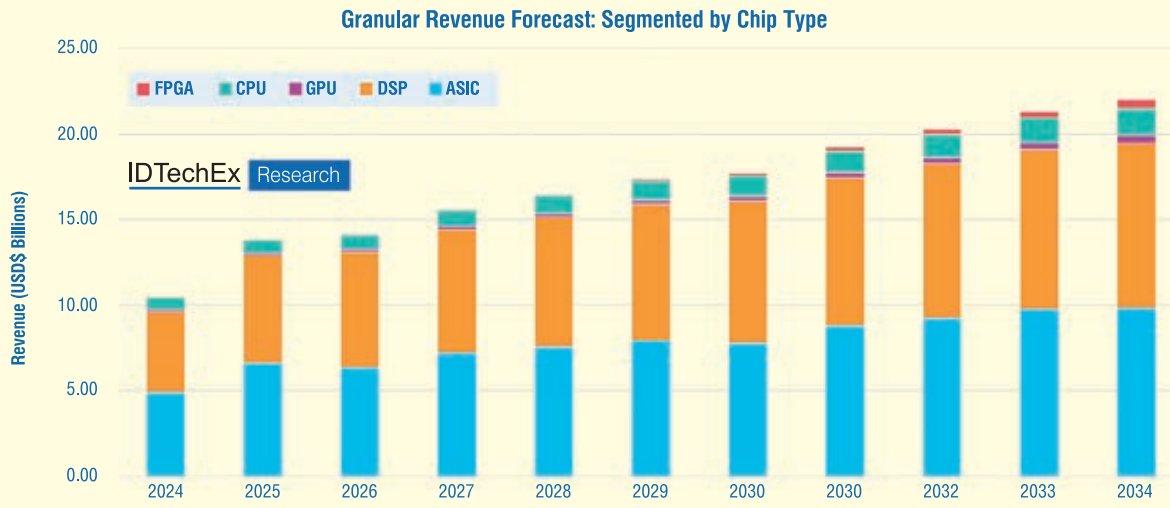
Так само, як комп'ютерна графіка потребувала іншого типу архітектури чипів, поява машинного навчання викликала попит на інший тип прискорювачів, здатних ефективно справлятися з робочими навантаженнями машинного навчання. Машинне навчання (*Machine learning, ML*) — це процес, за допомогою якого комп'ютерні програми використовують дані для прогнозування на основі моделі, а потім оптимізують модель для кращого узгодження з наданими даними шляхом коригування вагових коефіцієнтів. Обчислення, таким чином, включає два етапи: Навчання та Формування Висновків.

Першим етапом реалізації алгоритму штучного інтелекту є етап Навчання,

на якому дані подаються в модель, і модель коригує свої вагові коефіцієнти до тих пір, поки вони не будуть належним чином відповідати наданим даним. Другий етап — етап Формування Висновків, на якому виконується навчений алгоритм ШІ, і нові дані (не надані на етапі Навчання) класифікуються у спосіб, що відповідає отриманим даним.

З цих двох етапів етап Навчання є більш інтенсивним з точки зору обчислень, оскільки він передбачає виконання одних і тих самих обчислень мільйони разів (навчання деяких провідних алгоритмів ШІ може тривати кілька днів). Тому етап Навчання відбувається в хмарних обчислювальних середовищах (тобто в датацентрах), де використовується велика кількість чипів, які можуть виконувати паралельну обробку, необхідну для ефективного навчання алгоритмів (процесори обробляють завдання в послідовному режимі, коли один цикл виконання починається після завершення попереднього). Для того, щоб мінімізувати затримку, використовуються великі та численні кеші пам'яті, так що більша частина часу роботи циклів виконання присвячується обробці. Для порівняння, паралельна обробка передбачає одночасне виконання декількох обчислень, де легкі потоки обчислень перекриваються таким чином, що затримка ефективно маскується. Можливість розділення і одночасного виконання декількох обчислень є основною перевагою для навчання алгоритмів ШІ. На відміну від цього, етап Формування Висновків може відбуватися як у хмарних, так і в периферійних обчислювальних середовищах. У вищезгаданих доповідях детально описані відмінності між архітектурами CPU, GPU, FPGA (*Field Programmable Gate Array*) і ASIC (*Application-Specific Integrated Circuit*), а також їх відносна ефективність в обробці робочих навантажень машинного навчання.





**Рис. 1.** Доходи, що генеруються різними архітектурами чипів для периферійних пристроїв, 2024–2034 роки.  
Джерело: «AI Chips for Edge Applications 2024–2034: Artificial Intelligence at the Edge», IDTechEx

У середовищі хмарних обчислень наразі домінують графічні процесори, і, за прогнозами, це збережеться протягом наступного десятиріччя, враховуючи домінування Nvidia у сфері навчання ШІ. Для ШІ на периферії (*AI at the edge*) перевага надається ASIC, оскільки мікросхеми частіше розробляються з урахуванням конкретних завдань (наприклад, для виявлення об'єктів у системах камер спостереження). Як показано на рисунку 1, на цифрові сигнальні процесори (*Digital Signal Processors, DSP*) також припадає значна частка спільної обробки ШІ на периферії, хоча слід зазначити, що ця велика кількість в першу чергу пов'язана з тим, що процесор HTP (Hexagon Tensor Processor) від Qualcomm (який можна знайти в їхніх сучасних продуктах Snapdragon) також є DSP. Якщо Qualcomm змінить дизайн HTP таким чином, що він перестане бути DSP, то прогноз сильно зміститься на користь ASIC.

## ШІ ЯК ДРАЙВЕР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА НАПІВПРОВІДНИКІВ

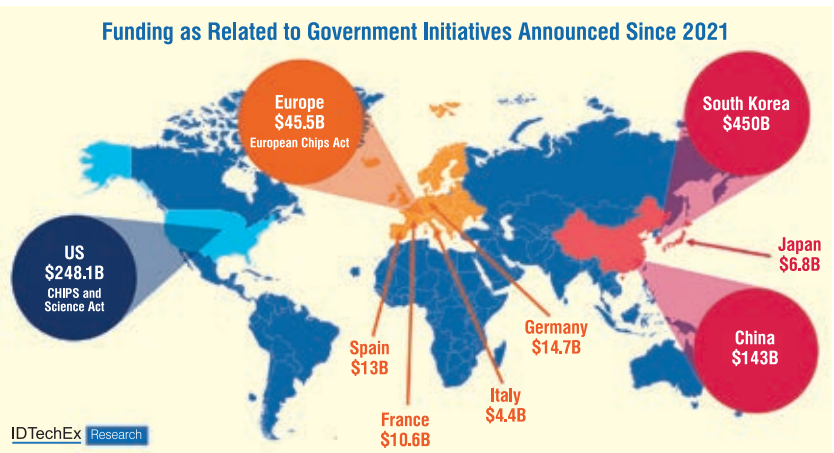
Мікросхеми для навчання штучного інтелекту зазвичай виробляються з використанням найсучасніших технічних процесів (під технічним процесом мається на увазі транзисторна технологія, що використовується у виробництві напівпровідникових мікросхем), зважаючи на те, наскільки обчислювально інтенсивним є етап Навчання для реалізації алгоритму ШІ. Компанії Intel, Samsung і TSMC — це єдині компанії, які можуть виробляти мікросхеми за 5-нм техноло-

гією. З них TSMC просунулася найдалі, освоївши 3-нм технологію виготовлення мікросхем. Частка TSMC на світовому ринку виробництва напівпровідників наразі коливається на рівні 60%. Для більш просунутих технологій цей показник наближається до 90%. З шести 12-дюймових і шести 8-дюймових заводів TSMC лише два знаходяться в Китаї, а один — у США. Решта — на Тайвані. Таким чином, виробництво напівпровідників у глобальному ланцюжку постачання значною мірою зосереджене в регіоні АТР (Азійсько-Тихоокеанський регіон), головним чином на Тайвані.

Така концентрація пов'язана з великим ризиком, якщо ця частина ланцюжка постачання опиниться під загрозою. Саме це і сталося у 2020 році, коли низка взаємодоповнюючих факторів (про які докладніше йдеться у звіті «AI Chips: 2023-2033») призвела до глобального дефіциту мікросхем. Відтоді

найбільші учасники світового ринку напівпровідників (США, ЄС, Південна Корея, Японія та Китай, за винятком Тайваню) намагаються зменшити свою залежність від дефіциту чипів (якщо, раптом, знову виникнуть якісь обставини, які можуть призвести до його появи). Про це свідчить збільшене державне фінансування, оголошене всіма основними зацікавленими в цьому сторонами у зв'язку з загрозою глобального дефіциту мікросхем (рис. 2).

Ініціативи урядів цих країн спрямовані на залучення додаткових приватних інвестицій шляхом надання податкових пільг та часткового фінансування у вигляді грантів і кредитів. Хоча багато з приватних інвестицій (рис. 3) були здійснені ще до оголошення таких урядових ініціатив, інші додаткові та/або нові приватні інвестиції були оголошені вже пізніше, бо були заохочені запропонованими стимулами.



**Рис. 2.** Фінансування в рамках урядових ініціатив, оголошених з 2021 року.  
Джерело: IDTechEx



**Рис. 3. Запропоновані та підтверджені інвестиції в напівпровідникові потужності від виробників з 2021 року. Там, де валюта вказана не в доларах США, вона була перерахована в долари США станом на травень 2023 року. Джерело: «AI Chips: 2023-2033», IDTechEx**

Основною причиною цих урядових ініціатив і додаткових приватних витрат є потенціал реалізації передових технологій, до яких можна віднести і штучний інтелект. Виробництво сучасних напівпровідників сприяє розвитку національних/регіональних можливостей ШІ, де можливість автономного виявлення і аналізу об'єктів, зображень і мови настільки важлива для ефективності певних продуктів (наприклад, автономних транспортних засобів і промислових роботів), а також для моделей національного управління і безпеки, що розробка апаратного і програмного забезпечення для ШІ стала першочерговим завданням для державних органів, які хочуть бути в авангарді технологічних інновацій і впровадження перспективних технологій.

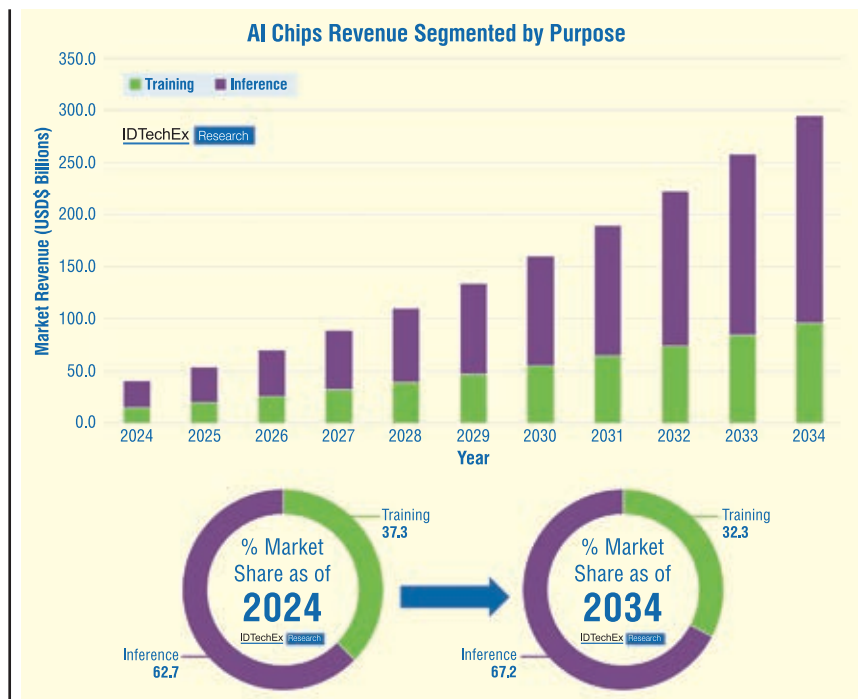
**ЗРОСТАННЯ РИНКУ ЧИПІВ ШІ В НАСТУПНОМУ ДЕСЯТИЛІТТІ**

Очікується, що до 2034 року дохід від продажу чипів ШІ (включаючи продаж фізичних чипів і оренду чипів через хмарні сервіси) зросте щонайменше до 300 мільярдів доларів США при середньорічному темпі зростання у 22% за період з 2024 по 2034 роки (рис. 4а). Ця цифра включає використання чипів для прискорення машинного навчання на периферії мережі, для телекомунікаційної периферії та в хмарних центрах обробки даних. Станом на 2024 рік на чипи для реалізації другого етапу машин-

ного навчання — Формування Висновків (як на периферії, так і в хмарі) припадає 63% отриманого доходу, а до 2034 року ця частка зросте до більш як двох третин від загального доходу (рис. 4б).

Це значною мірою пов'язано зі значним зростанням використання ШІ

на периферії та в телекомунікаційному секторі, оскільки можливості ШІ використовуються ближче до кінцевого споживача. З точки зору різних галузей, очікується, що ІТ та телекомунікації будуть лідерами у використанні мікросхем ШІ протягом наступного десятиліття.



**Рис. 4. Доходи, що генеруються чипами ШІ, зростатимуть на 22% в середньорічному обчисленні протягом наступних десяти років, до 2034 р. У цей час дохід, отриманий від чипів штучного інтелекту, буде домінувати над доходом від навчання ШІ, оскільки ШІ все активніше мігрує до розгортання на периферії мережі. Джерело: IDTechEx**

За ними йтимуть банківські, фінансові та страхові послуги (Banking, Financial Services & Insurance, BFSI), а за ними — побутова електроніка. З них галузь побутової електроніки принесе найбільший дохід, враховуючи подальше використання ШІ в побутових товарах для дому. Більше інформації про всі галузі можна знайти у відповідних звітах.

Для отримання додаткової інформації про ключові тенденції та сегментацію ринку AI чипів на найближчі десять років, будь ласка, зверніться до двох звітів: «AI Chips: 2023-2033» [1] і «AI Chips for Edge Applications 2024-2034: Artificial Intelligence at the Edge» [2].

Звіт «AI Chips: 2023-2033» охоплює світовий ринок мікросхем штучного інтелекту за вісьмома галузями з детальними 10-річними прогнозами в семи різних категоріях (наприклад, географія, архітектура мікросхем і сфери застосування). На додаток до прогнозів щодо доходів від реалізації чипів ШІ, для передових ШІ-чипів кількісно оцінюються витрати на кожному етапі ланцюжка постачання (проекування, виробництво, збірка, тестування, пакування та експлуатація). Надаються точні розрахунки, а також шаблон, що налаштовується для використання клієнтом для аналізу та порівняння витрат на виробництво мікросхем.

У звіті «AI Chips for Edge Applications 2024-2034: Artificial Intelligence at the Edge» представлено аналіз ключових факторів зростання доходів від реалізації мікросхем штучного інтелекту протягом прогнозованого періоду, а також розглянуто їхнє розгортання в ключових галузях промисловості — побутовій електроніці, промисловій автоматизації та автомобілебудуванню. У більш загальному плані звіт охоплює світовий ринок периферійних ШІ-чипів за шістьма галузями з детальними 10-річними прогнозами в шести різних категоріях (зокрема, географія, архітектура мікросхем і сфери застосування).

**Оригінал статті («The Age of Artificial Intelligence: AI Chips to 2034»)**  
було опубліковано у «Technology Innovations Outlook 2024-2034»

Література:

1. <https://www.idtechex.com/en/research-report/ai-chips-2023-2033/937>
2. <https://www.idtechex.com/en/research-report/ai-chips-for-edge-applications-2024-2034-artificial-intelligence-at-the-edge/956>

CN



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

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

тел. +38 044 206 22 52

моб. +38 067 249 77 58

+38 050 464 22 52



# Попередження та виявлення кібератак на мережеві пристрої

Колін Дуган (Colin Duggan), BG Networks  
Переклад та редагування: Роман Горєлков

**У цій статті розглядаються правила та найкращі практики кібербезпеки пристроїв Інтернету речей.**

Захист пристроїв Інтернету речей від кібератак — це питання боротьби з потенційними ризиками. Деякі вразливості виникають через відсутність належних вбудованих заходів безпеки, таких як безпечний зашифрований зв'язок, безпечне завантаження та безпечне оновлення програмного забезпечення. Інші є наслідком використання слабких паролів (стандартних або таких, які легко зламати). Вирішення цих проблем вимагає належного впровадження відповідних засобів безпеки.

Складнішою проблемою є усунення вразливих місць у системі безпеки, які виникають, коли при розробці продукту використовуються рішення з відкритим кодом (*open-source*) або комерційні рішення сторонніх розробників. Ці компоненти можуть містити вразливі місця, про які розробник не знає. Пристрої Інтернету речей все більше покладаються на поєднання програмного забезпечення власної розробки, програмного забезпечення з відкритим кодом та комерційного програмного забезпечення від сторонніх постачальників.

Це створює складний ланцюг постачання програмного забезпечення з широким фронтом для атак, яким можуть скористатися зловмисники. Вкрай важливо відстежувати вразливі місця в цих програмах, а найкраща практика полягає у тому, щоб додати моніторинг і звітність в режимі реального часу для забезпечення глибокого захисту ланцюга постачання.

Існують нові правила і стандарти, які встановлюють вимоги до кібербезпеки для пристроїв Інтернету речей. Ось деякі з них, про які повинні знати розробники пристроїв Інтернету речей:

- UNECE Regulations UN R155 & UN R156 [2] for Vehicle Cybersecurity;
- ISO 21434 Road Vehicle Cybersecurity Standard;
- Cybersecurity in Medical Devices: Refuse to Accept Policy from March 29, 2023;
- EU MDR Medical Device Regulation;
- ISA/IEC 62443 and NIST Cyber Security Framework (CSF) guidelines for the security of industrial automation and control systems;
- UK Product Security and Telecommunications Infrastructure Act 2022;
- EU Cybersecurity Resilience Act.

## АТАКИ НА ЛАНЦЮГИ ПОСТАЧАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Безпека ланцюгів постачання програмного забезпечення не є чимось новим, але зараз вона стає ще більш важливою, ніж будь-коли. Її важливість підкреслюють кілька нещодавніх атак на ланцюги постачання програмного забезпечення, що мали значні наслідки.

У 2019 році зловмисники проникли в мережі SolarWinds та інтегрували шкідливе програмне забезпечення всередину програмного компонента під назвою Orion. Потім, починаючи з березня 2020 року, це шкідливе програмне забезпечення неспроможливо поширювалося як законне оновлення SolarWinds з цифровим підписом. Атака на ланцюг постачання програмного забезпечення залишалася непоміченою до грудня 2020 року, що надало змогу зловмисникам отримати місяці невиявленого доступу до уражених систем.

Атака на SolarWinds є прикладом злому ланцюга постачання, коли зловмисники цілеспрямовано вставляють шкідливий код на верхньому рівні ланцюга постачання. Однак, порушення безпеки ланцюга постачання програмного забезпечення також може бути викликане використанням програмного забезпечення з відкритим кодом, що містить вразливі місця.

Log4Shell — це вразливість у бібліотеці Log4J в Apache, яка дозволяє зловмисникам виконувати довільний код на уражених пристроях та системах. Хоча це вразливе місце існувало в бібліотеці Log4j з 2013 року, публічно про нього стало відомо лише в грудні 2021 року. Того ж місяця були виявлені атаки, що використовували цю вразливість.

Оскільки Log4j широко використовувалася як стандартний метод ведення журналів для Java-додатків, знайти всі випадки його використання в корпорації було дуже складною задачею. Особливо це стосувалося випадків, коли програмний додаток не мав списку програмних компонентів, які в ньому використовувалися.

## БЕЗПЕКА ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

У травні 2021 року, у відповідь на гучні кібератаки, такі як атака SolarWinds, президент США видав указ № 14028, у якому були окреслені вимоги до кібербезпеки. Цей указ, зокрема, містить директиви щодо надання рекомендацій та встановлення стандартів безпеки для ланцюга постачання програмного забезпечення. Згодом Національний інститут стандартів і технологій (*National Institute of Standards and Technology, NIST*) випустив оновлення до свого базового документа з керування ризиками

в ланцюгах постачання в спеціальній публікації NIST SP 800-161r1 під назвою «Практика керування ризиками кібербезпеки в ланцюгах постачання для систем і організацій».

Ключовим елементом настанов NIST є вимога до постачальників програмного забезпечення вести специфікацію компонентів програмного забезпечення (*Software Bill of Materials, SBOM*) [1]. SBOM слугує «харчовою етикеткою» для програмного забезпечення, визначаючи всі його «інгредієнти» та надаючи важливу інформацію (наприклад, номер версії, умови ліцензування) про кожен компонент (рис. 1). SBOM можна використовувати для визначення наявності відомих вразливостей у програмному забезпеченні, оцінки доступності оновлених версій програмного забезпечення та перевірки цілісності завантаженого програмного забезпечення.

Dependency Track [2], безкоштовне рішення з відкритим кодом, є однією з декількох платформ для аналізу SBOM, яка дозволяє розробникам програмного забезпечення безперервно аналізувати своє програмне забезпечення. Ці платформи автоматично порівнюють бази даних вразливостей зі SBOM і генерують звіти про відомі вразливості, наявні у збірці програмного забезпечення. Автоматизація має вирішальне значення для налагодження процесів, які ефективно використовують інформацію SBOM на постійній основі (наприклад, кожного разу, коли з'являється нова збірка).

## АВТОМАТИЗАЦІЯ БЕЗПЕКИ ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАННЯ

Для розробників програмного забезпечення для IoT ефективно створення SBOM, який визначає всі залежності програмного забезпечення в межах збірки, є складним завданням. Підтримка автоматичної побудови SBOM з використанням стандартних форматів є неузгодженою в різних системах збірки. SPDX і CycloneDX є двома провідними форматами SBOM, але багато інструментів підтримують лише один з них. Це призводить до несумісності між системами збірки та інструментами для аналізу SBOM.

SPDX спочатку був створений для керування ліцензіями на відкрите програмне забезпечення, в той час як CycloneDX був розроблений для створення SBOM з метою керування вразливостями. Однак, їх функціональність



**Рис. 1. Ланцюг постачання програмного забезпечення для продуктів IoT є складним, що створює труднощі з відстеженням усіх компонентів**

зблизилися, і тепер обидва інструменти дозволяють створювати SBOM. Є дві причини, чому розробник IoT може обрати SPDX замість CycloneDX:

- SPDX є більш поширеним і наразі підтримується більшою кількістю інструментів;
- SPDX має сильний компонент ліцензування, що важливо при використанні програмного забезпечення з відкритим кодом у комерційних продуктах.

Інтеграція систем збирання з інструментами аналізу SBOM є дуже важливою. Ці інструменти не тільки виявляють відомі вразливості під час збірки, але й постійно відслідковують бази даних на предмет нових виявлених вразливостей. Якщо у використовуваному вами компоненті виявлено нову вразливість, буде згенеровано сповіщення, що дозволить вам завчасно вирішити проблему.

Одним з таких інструментів для розробників IoT є Vulnerability Scanning [3] компанії BG Networks для вбудованого Linux. Цей інструмент інтегрується з системою керування збіркою Yocto для автоматичного створення SBOM для кожної нової збірки. Потім він використовує Dependency Track для пошуку відомих вразливостей, гарантуючи, що програмні проєкти відповідають рекомендаціям NIST щодо безпеки ланцюга поставок.

## ЗАХИЩЕНІСТЬ ПРИСТРОЇВ ТА ЗМЕНШЕННЯ ВРАЗЛИВИХ МІСЦЬ У ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАННЯ

Аналіз ланцюга постачання може виявити відомі вразливі місця в програмному забезпеченні пристроїв Інтер-

нету речей і навіть надати інформацію про наявність нових версій цих програм, що містять виправлення для усунення цих вразливостей.

Досить часто оновлені версії програмного забезпечення містять виправлення відомих вразливих місць. Тому у таких випадках оновлення до більш нової версії усуває вразливість. В інших випадках розробникам може знадобитися вирішити проблему за допомогою самостійного корегування коду чи використання альтернативного програмного рішення.

Інколи оновлення до новішої версії програмного забезпечення не усуває всі відомі вразливості. Гірше того, невідомі вразливості майже напевно залишаться у великій та складній системі. Наприклад, вразливість Log4j залишалася невиявленою протягом багатьох років до того, як її було виявлено. Захист пристроїв від таких вразливостей потребує додаткових заходів безпеки.

Оскільки кожен пристрій Інтернету речей є унікальним, необхідно провести оцінку загроз/аналіз ризиків (*Threat Assessment/Risk Analysis, TARA*), щоб керувати розробкою засобів захисту для кожного пристрою. Поширені вразливі місця в безпеці пристроїв Інтернету речей варіюються від відсутності фундаментальних засобів контролю безпеки, передових практик до вразливих місць у ланцюгу поставок програмного забезпечення (табл. 1). Хоча TARA надає конкретні рекомендації для кожного пристрою, кілька загальних принципів застосовуються до всіх пристроїв IoT. Кожен IoT-пристрій повинен мати такі інструменти та можливості для забезпечення безпеки:

- апаратний RoT (*Root of Trust*);
- безпечне завантаження;

Таблиця 1. Поширені вразливі місця в безпеці пристроїв Інтернету речей

Вразливість безпеки	Опис
Відсутність засобів контролю безпеки	Інтерфейси без засобів контролю безпеки (наприклад, неавторизовані веб-інтерфейси, неавторизовані оновлення прошивки)
Слабка автентифікація	Паролі за замовчуванням або слабкі паролі. Застаріле, вразливе шифрування (наприклад, TripleDES, хешування MD-5, SHA-1, RSA-512)
Ланцюг постачання	Будь-яка вразливість, що виникла внаслідок використання програмного забезпечення з відкритим кодом або стороннього програмного забезпечення, яке містить вразливості
Помилки в програмному забезпеченні	Помилки в програмному забезпеченні, що призводять до переповнення буфера або інших помилок, які можуть бути використані хакерами

- безпечне оновлення програмного забезпечення/прошивки;
- криптографічно надійна ідентифікація пристрою;
- безпечні протоколи зв'язку;
- шифрування критично важливих даних у стані спокою.

Впровадження всіх цих функцій безпеки може бути складним і тривалим процесом. Час виходу на ринок часто має вирішальне значення, що призводить до необхідності усунення непотрібних функцій. На жаль, це часто призводить до того, що продукти випускаються без критично важливих функцій безпеки. Були розроблені нові рішення, такі як Security Automation Tool від BG Networks [4], які автоматизують реалізацію багатьох з цих функцій безпеки. Використовуючи такі інструменти, час розробки ключових функцій безпеки можна скоротити до декількох тижнів.

## ВИЯВЛЕННЯ АТАК НА ПРИСТРОЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

Використання аналізу ланцюгів поставок та захист пристроїв Інтернету речей критично важливими функціями безпеки є значним кроком у створенні безпечних IoT-пристроїв. Ці кроки суттєво зменшують кількість вразливих місць, якими можуть скористатися потенційні хакери. Однак, незалежно від того, наскільки ретельно працює команда розробників, жоден пристрій не буде ідеально захищеним.

Пристрої Інтернету речей мають вразливі місця і неминуче будуть атаковані, тому для їх виробників вкрай важливо мати інформацію про атаки на їхні пристрої. Виявлення атак в режимі реального часу та реагування на них є основою будь-якого рішення для забезпечення безпеки підприємства. Аналогічно, пристрої Інтернету речей повинні мати змогу виявляти атаки та сповіщати при здійсненні на них атаки.

Програмне рішення для виявлення аномалій на базі хоста, таке як AnCyR [5] від BG Networks, поєднує в собі статистичні, ймовірнісні та алгоритми машинного навчання для точного виявлення атак з низьким рівнем помилоків спрацьовувань. Використаний у якості програмного агента AnCyR будує модель роботи програмного забезпечення пристрою Інтернету речей. Після завершення етапу навчання він відстежує виконання програмного забезпечення на пристрої та виявляє будь-які відхилення від очікуваної моделі.

Кібератаки змінюють поведінку програмного забезпечення на пристрої, тому будь-яка зміна потенційно є кібератакою. При виявленні атаки рішення надсилає сповіщення до системи керування інформацією та подіями безпеки (*Security Information and Event Management, SIEM*) або іншого рішення для моніторингу мережі.

Розроблене для використання в малабаритних пристроях Інтернету речей, рішення працює з мінімальними затратами. Воно може функціонувати з лише десятками кілобайт пам'яті та використовує менш ніж 10% обчислювальної потужності на обробку даних.

У корпоративному світі такі рішення відомі як виявлення та реагування на кінцеві точки (*Endpoint Detection and Response, EDR*). Еквівалентним терміном для IoT є рішення для виявлення/запобігання вторгнення (*Intrusion Detection/Prevention Solutions, IDPS*). Коли пристрій стає об'єктом кібератаки або компрометації, в результаті чого зловмисник отримує контроль над пристроєм або експортує дані, його поведінка змінюється. Він може запускати шкідливе програмне забезпечення у якості частини DDoS-мережі чи мережі ботів для крипто-майнінгу, експортувати приватні дані або брати участь в інших зловмисних діях.

Виявляючи та повідомляючи про таку аномальну поведінку, оператори мереж можуть вжити заходів для змен-

шення та запобігання поширенню кібератак на об'єкти критичної інфраструктури. Це важливий додатковий рівень безпеки. Він не замінює такі функції, як безпечне завантаження та безпечний зв'язок, і не усуває потреби в захисті ланцюга постачання. Скоріше, він забезпечує захист в режимі реального часу від будь-яких вразливих місць, що залишилися, навіть тих, про які розробники ще не знають.

## ПІДСУМОК

Сучасне законодавство та галузеві стандарти вимагають від виробників активної участі у забезпеченні безпеки своїх пристроїв. Законодавчі вимоги в автомобільній промисловості зобов'язують дотримуватися рекомендацій з кібербезпеки всіх, хто хоче продавати автомобілі в Європі. У США FDA вимагає від компаній-виробників медичного обладнання впроваджувати заходи кібербезпеки. Споживчий, енергетичний та промисловий ринки мають свої власні стандарти, яких необхідно дотримуватися.

Ці нові правила призвели до значного прогресу у сфері кібербезпеки для пристроїв Інтернету речей. Багато нових пристроїв тепер використовують безпечне завантаження, безпечне оновлення програмного забезпечення, надійну ідентифікацію та захищені протоколи зв'язку, що допомагає захистити ці пристрої від кібератак. Керування безпекою ланцюга постачання та виявлення атак в режимі реального часу також необхідні для забезпечення безпеки цих пристроїв.

Для того, щоб переконатися, що пристрій захищений і відповідає вимогам кібербезпеки, необхідно провести TARA для пристрою, забезпечити безпеку ланцюга поставок та впровадити ключові функції кібербезпеки. Впровадження функцій кібербезпеки може зайняти багато часу, але автоматизовані інструменти допомагають значно полегшити цей процес для розробників.

## Література:

1. <https://www.linuxfoundation.org/webinars/generating-software-bill-of-materials>
2. <https://dependencytrack.org/>
3. <https://bgnetworks.com/vulnerability-scanning/>
4. <https://bgnetworks.com/bgn-sat/>
5. <https://bgnetworks.com/ancyr/>



# Короткий путівник бездротовими технологіями «Інтернету речей»

## Частина 3. Wi-Fi

Володимир Рентюк

У двох попередніх частинах цього огляду були розглянуті загальні питання бездротового зв'язку стосовно «Інтернету речей» (Internet of Things, IoT) [1] та основні технології ближнього радіуса дії [2]. Однак є така технологія, яка народилася в межах ближнього діапазону покриття, причому майже одночасно з Bluetooth, а потім змогла зробити крок далі — у сферу більшого радіуса дії. Йдеться про Wi-Fi: це досить широка тема, і у зв'язку з величезною популярністю та гнучкістю застосування ця технологія заслуговує на окремий опис. Технологія Wi-Fi, звісно, не обмежена тільки IoT-пристроями, що нас цікавлять, з живленням від батареї, проте має безпосереднє відношення і до цієї сучасної концепції.

### ВСТУП ДО WI-FI



Загалом Wi-Fi — це не щось одичне, а велике сімейство стандартів передавання цифрових потоків даних по радіоканалах. Назва цієї технології виникла як похідна від англійського словосполучення wireless fidelity, яке спочатку використовували в рекламних цілях, оскільки воно було співзвучне давно усталеному терміну Hi-Fi зі сфери звукозапису та звуковідтворення, який означав нестандартну апаратуру з високою точністю (high fidelity) відтворення. Як іноді буває в житті, ніхто не думав і не гадав, але саме цей маркетинговий хід закріпився як термін, і іншого ми вже не уявляємо.

Розробка бездротової технології Wi-Fi почалася в 1999 р., коли група

компаній, що стоять біля джерел бездротових технологій, — 3Com, Aironet (нині Cisco), Harris Semiconductor (нині Intersil), Lucent (нині Agere), Nokia і Symbol Technologies, — заснували організацію Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA). Саме вони зареєстрували свою нову технологію під торговою маркою Wi-Fi. У 2000 р. WECA стала частиною Wi-Fi Alliance, що представляє нині промислову групу, до якої входять понад триста компаній — усі основні виробники бездротового обладнання Wi-Fi. Вдало обрана назва технології, як ми бачимо, збереглася і стала торговою маркою тепер уже Wi-Fi Alliance. Основними завданнями цього альянсу є розробка, тестування, сертифікація, підтримка і просування форматів бездротового зв'язку на основі Wi-Fi-протоколів.

Цікаво, що спочатку ніщо не вичувало того, на що зрештою перетвориться ця технологія, оскільки Wi-Fi розробляли з цілком приземленою метою. Але, як і все хороше, грамотно і, головне, вчасно розроблене, він успішно зайняв свою вельми чималу нішу на ринку бездротового зв'язку, причому



**Рис. 1.** Модуль Wi-Fi PSF-B85 від компанії ITEAD, що використовує мікросхему ESP8285 з високим ступенем інтеграції [3]

не тільки так званого широкого вжитку, а й індустріального обладнання, IoT і, як уже було сказано, мереж більшого радіуса дії.

Спочатку стандарт Wi-Fi був призначений для заміни мережевого кабелю і використовувався як канал зв'язку між ноутбуками і принтерами. Тому він був розроблений з високою пропускну здатністю каналу передачі даних (від 10 до 50 Мбіт/с) і при цьому на нього не накладали особливих обмежень за потужністю споживання — що зараз є основною вимогою для IoT-пристроїв з живленням від батареї або акумулятора. Крім того, досить вільно визначалися розміри кінцевого рішення. З появою «Інтернету речей» стали доступні найрізноманітніші варіанти виконання Wi-Fi-модулів — наприклад, зовсім не схожі на звичні всім нам роутери (рис. 1). Але будемо справедливі: проблема енергоспоживання поки залишається ахіллесовою п'ятою багатьох протоколів Wi-Fi. Так, представлений на рис.унку 1 мініатюрний модуль під час його використання з

протоколом 802.11b (ССК 1 Мбіт/с,  $P_{\text{out}} = 19.5$  дБм) споживає 215 мА, у режимі 802.11n (із пакетами довжиною 1024 біти і  $P_{\text{out}} = -65$  дБм) — 102 мА, а в черговому режимі — 70 мА, що явно забагато. Проте, відповідаючи вимогам ринку, з'явилися і рішення зі зниженим енергоспоживанням. Усі старі та нові протоколи, а також особливості реалізації Wi-Fi будуть розглянуті нижче.

У велике і давно сформоване сімейство Wi-Fi входить багато «родичів», імена яких починаються з IEEE 802.11. Саме завдяки тому, що всі вони підпадають під стандарти сімейства IEEE 802.11xxx, технологія Wi-Fi забезпечує рішення майже на будь-який смак [4]. Як і всі вдалі розробки у світі електроніки, Wi-Fi еволюціонує і постійно розвивається в міру появи нових ідей і технологій. Наразі його найпопулярніший різновид працює в ISM-діапазоні 2.4 і 5 ГГц, але з національними обмеженнями.

Попри наявні проблеми, до яких ми ще повернемося, аналітики не справляють за технологією Wi-Fi поминки, а прогнозують їй досить хороші перспективи. Особливо це стосується зростання ринку обладнання Wi-Fi з малим власним споживанням — стосовно теми IoT, яка нас цікавить.

## ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ WI-FI ТА ЇЇ ОСНОВНІ ПРОТОКОЛИ



Під терміном Wi-Fi зазвичай мають на увазі не стільки технології та

протоколи, скільки бездротову локальну мережу (*Wireless local area network (LAN), або WLAN*). Це пов'язано з тим, що найпоширеніше застосування цієї технології — забезпечення пристроям доступу до локальної мережі та Інтернету без прямого підключення через Ethernet-кабель. Мережі Wi-Fi майже скрізь: вони зустрічаються в більшості квартир, офісів і громадських місць і за допомогою смартфона можна практично скрізь знайти потрібну точку доступу.

Оскільки безпосереднє «втілення» технології Wi-Fi в різних формах розпочалося з 1999 р. (сам протокол вийшов у 1997 р.), то для реалізації таких рішень уже є багато постачальників — як окремих мікросхем (чипсетів), так і повністю готових модулів, що дає розробникам широкий вибір можливостей. Однак не можна спокушатися: слід проявляти відому обережність під час оцінювання характеристик компонентів, а особливо приймача. Річ у тім, що залежно від обраного типу мікросхем може сильно змінюватися продуктивність, а саме: діапазон частот, пропускна спроможність, блокування, коефіцієнт помилок під час передавання пакетів і споживання потужності від батареї. Для успішного функціонування пристрою необхідно застосовувати тільки ті компоненти, які відповідають поставленим перед розробником завданням. Оскільки Wi-Fi спочатку був призначений для високошвидкісного передавання даних (10 Мбіт/с), він, як правило, споживає більше енергії, ніж інші протоколи ближнього радіуса дії, тому під час використання основних протоколів розробникам не вдається досягти 10-річного терміну служби в пристроях Wi-Fi для IoT зі стандартними батареями без їхнього підзарядження.

Щоб отримати реальну картину того, як пристрій використовує доступну енергію, і розрахувати термін служби його джерел живлення, необхідно виміряти й оцінити фактичне енергоспоживання пристрою в порівняно тривалому режимі спокою і — відносно нього — дуже коротких активних станів передачі з високим струмом споживання. З іншого боку, оскільки Wi-Fi за своєю природою легко забезпечує підключення до локальних мереж та Інтернету, ринок все ж таки відгукнувся на потребу в підвищенні енергоефективності та запропонував два протоколи Wi-Fi, які хоча б частково вирішують цю проблему. Місце Wi-Fi в IoT-технологіях вдало показано на рисунку 2.

### IEEE 802.11b Wi-Fi

Це перший протокол із сімейства 802.11. Його розробили в 1999 р., він діє в ISM-діапазоні з частотою 2.4 ГГц і використовує широкопasmову модуляцію з прямим розширенням спектра (*англ. Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS*), що називається також кодуванням із застосуванням додаткових кодів (*англ. Complementary Code Keying, CCK*). При цьому для уникнення конфліктів з іншими пристроями, сумісними з IEEE 802.11b, у даному протоколі передбачено множинний доступ до каналу зв'язку з контролем носійної і запобіганням колізій (*англ. Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA/CA*).

Використання CSMA/CA збільшує споживання енергії від батареї і забезпечує фактичну швидкість передачі даних лише до 6 Мбіт/с. Однак застосування цієї технології під час спільної роботи пристроїв у без того переповненому радіочастотному спектрі є



Рис. 2. Місце Wi-Fi відносно інших бездротових IoT-технологій

більш ефективним рішенням для передачі даних, ніж протоколи без CSMA/CA. На жаль, не всі бездротові протоколи з частотою 2.4 ГГц є «доброзичливими» під час обміну даними, тому використання такого підходу в умовах складної обстановки в ефірі дає певні переваги.

### IEEE 802.11a Wi-Fi

Цей протокол працює в діапазоні частот 5 ГГц. Він здатний передавати потоки даних зі швидкістю до 54 Мбіт/с (хоча реальна пропускна здатність каналу зв'язку сягає приблизно половини від цієї швидкості) завдяки застосуванню мультиплексування з ортогональним частотним поділом каналів (англ. *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing, OFDM*) і CSMA/CA. Сигнал OFDM є цифровою схемою модуляції, яка використовує безліч близько розташованих ортогональних підносійних, що одночасно переносять частину даних, які проходять лінією зв'язку. OFDM-модуляція також дає змогу компенсувати завади в русі та в умовах багатопроменевого приймання, що може мати місце в будівлях із великою кількістю металевих конструкцій або численними користувачами Wi-Fi.

Особливістю протоколу IEEE 802.11a є те, що для досягнення дієздатної модуляції, а отже, швидкості, приймачі-передавачі на кожному кінці лінії зв'язку з'єднуються, ґрунтуючись на локальному радіочастотному середовищі. Це може бути великою перевагою для пристроїв, яким потрібна висока швидкість передачі даних в умовах зовнішніх завод або для системи з безліччю пристроїв. Висока швидкість в IoT означає коротший час передачі і, відповідно, меншу завантаженість виділеної смуги частот. Крім того, оскільки протокол IEEE 802.11a використовує діапазон із частотою в 5 ГГц, це забезпечує більшу ширину смуги пропускання. Але необхідно враховувати, що сигналу з частотою 5 ГГц потрібні інші умови поширення, а це, природно, впливає на функціонування системи в цілому. Ця ділянка частотного спектра має особливу фізику, тому сигнали такої частоти не будуть проникати в об'єкти так само, як із частотою 2.4 ГГц. Крім того, доступні канали для передавання даних у цій смузі частот залежать від стандартів тієї чи іншої держави, в якій така система розгорнута.

Однак є й інша проблема, яка стосується області частот 5 ГГц. Річ у тім, що в деяких країнах цей діа-

пазон застосовується для трансляції супутникового телебачення, з метою радіолокації тощо. Сигнали від такої техніки можуть вносити завади в роботу Wi-Fi-пристроїв, що використовують специфікацію IEEE 802.11a, тому деякі канали в цій смузі можуть бути їм недоступні. Ці канали можуть бути повністю заборонені для використання у Wi-Fi-пристроях або можуть бути дозволені, але тільки за умови, що пристрої повинні негайно звільнити канали, якщо в них було виявлено радіолокаційний сигнал. Тому в рішеннях, що працюють за протоколом 802.11a, використовується технологія DFS (англ. *Dynamic Frequency Selection — динамічний вибір частоти*). Термін увійшов вжиток ще під час розвитку технології РЛС і має на увазі, що радіостанції (в нашому випадку пристрої Wi-Fi) змінюють канал, зайнятий радіолокатором. Ваше обладнання може перелаштуватися на резервний канал, але водночас під час переналаштування деякі точки доступу з мережі будуть виведені. Можна також вимкнути низку частот і, таким чином, не використовувати DFS у своїх пристроях. Це дасть змогу уникнути завод від радіолокатора і запобігти виникненню в мережі переривань типу hiccups (буквально - гикавки) як наслідку динамічного переналаштування каналів у непередбачувані моменти часу, але водночас, природно, вам буде доступна менша кількість каналів за одиницю часу.

Ще одна проблема щодо IEEE 802.11a полягає в тому, що багато бездротових транзитних мереж також працюють у частотному діапазоні 5 ГГц, тому через високу потужність сусіднього каналу або діаграми спрямованості антени поблизу таких мереж Wi-Fi-пристрої можуть стикатися зі значними завадами. І хоча область 5 ГГц має широкую смугу і, відповідно, достатньо місця для розміщення великої кількості каналів з високою пропускною спроможністю, їй однаково притаманні проблеми, аналогічні для всього спектра частот, що не потребує ліцензування. Про деякі з них ми поговоримо окремо.

### IEEE 802.11g Wi-Fi

Цей протокол був запропонований у 2003 р. Він, так само як і IEEE 802.11a, використовує OFDM-модуляцію, але є стандартом сімейства Wi-Fi, що працює в діапазоні 2.4 ГГц. Хоча IEEE 802.11g використовує інший тип модуляції, ніж 802.11b, його можна застосовувати для того, щоб уникнути завод під час

взаємодії в мережі, з пристроями, виконаними відповідно до протоколу IEEE 802.11b. Однак такі змішані системи здебільшого матимуть меншу пропускну здатність, ніж у разі відповідності всіх пристроїв кластера специфікації IEEE 802.11g.

З іншого боку, подібні пристрої Wi-Fi можуть адаптивно змінювати тип модуляції, що сприяє підвищенню пропускної спроможності в сприятливіших радіочастотних середовищах: в ISM-діапазоні 2.4 ГГц максимальна швидкість передачі становить до 54 Мбіт/с.

Також потрібно враховувати, що апаратні засоби або прошивка, необхідні для забезпечення такої універсальності і, отже, складнішої поведінки, можуть вимагати більшого споживання енергії від батареї, ніж простіші протоколи. Тому тут важливо знайти компроміс між необхідною швидкістю передачі даних і складністю технології. Це дасть можливість визначити, який із членів великого сімейства Wi-Fi найкраще підходить для конкретного застосування.

### IEEE 802.11n Wi-Fi і IEEE 802.11ac Wi-Fi

IEEE 802.11n Wi-Fi (2009 р.) і IEEE 802.11ac Wi-Fi (2014 р.) є доповненнями до стандартів серії IEEE 802.11. Вони надають складніші та ширші функціональні можливості пристроям фізичного рівня в мережах IEEE 802.11, включно з MIMO (від англ. *Multiple Input Multiple Output*). MIMO — це метод просторового кодування сигналу, що дає змогу збільшити смугу пропускання каналу. Передавання та приймання даних за даними протоколами здійснюються системами з декількох антен із формуванням певної діаграми спрямованості, а також з агрегацією кадрів (фрагментів даних на каналі рівні), що в сукупності забезпечує більш широкомасштабові канали. Однак підвищення швидкості передачі даних вимагає і значно більшої потужності, тому найчастіше ці рішення Wi-Fi використовуються не в самих IoT-пристроях, а в складнішому лінійному обладнанні (бездротових маршрутизаторах), а тому виходять за рамки цього огляду.

Безсумнівно, Wi-Fi досить часто є очевидним вибором для IoT, що ілюструють показані в статті графіки прогнозу застосування цієї технології. Але описані вище обмеження і проблеми призвели до додавання в сімейство стандартів цих двох специфікацій — 802.11ah і 802.11ax. Їхня поява безпосередньо пов'язана з бездротовими технологіями,



що нас цікавлять, у межах «Інтернету речей», де, як відомо, мають місце найрізноманітніші вимоги до підключення з погляду діапазону, пропускної здатності даних, енергоефективності та вартості кінцевого IoT-пристрою.

### Wi-Fi HaLow

Одна з нових технологій Wi-Fi, HaLow (рис. 3), заснована на стандарті IEEE 802.11ah, який був ратифікований у жовтні 2016 р. Це перший стандарт Wi-Fi, спеціально розроблений для використання IoT. Він був введений для вирішення проблем діапазону і потужності «Інтернету речей». Протокол 802.11ah використовує ліцензійну смугу частот у субгігагерцовому ISM-діапазоні 900 МГц (конкретна частота залежатиме від країни та регіону). Це дає змогу збільшити радіус покриття й одночасно виконати вимоги щодо зниження споживаної потужності. Використання змовлених періодів пробудження і активності оптимізує енергоспоживання і забезпечує дальність дії в радіусі до миль (близько 1609 м).

Ще одна величезна перевага HaLow — це можливість підключення понад 8 тис. пристроїв з однієї точки доступу. Більше того, стандарт 802.11ah підтримує mesh-мережу, тому тисячі пристроїв можуть послідовно з'єднуватися і об'єднуватися. Мережа з пристроїв технології 802.11ah теоретично може охоплювати все місто. Це робить технологію надзвичайно рентабельною, особливо для постачальників послуг у межах «розумних» міст, оскільки дає змогу так згрупувати станції, щоб звести до мінімуму їхній вплив і розширити зону покриття.

Однак для 802.11ah знадобляться спеціалізовані точки бездротового доступу (або радіостанції всередині точок доступу) і клієнтське обладнання (на відміну від стандартного Wi-Fi), хоча фахівці розраховують на те, що субгігагерцові смуги HaLow будуть вбудовані в уже наявні точки доступу Wi-Fi. Попри те, що протокол 802.11ah було ратифіковано в жовтні 2016 р., щодо реалізації Wi-Fi HaLow поки надійшло дуже мало пропозицій від постачальників мікросхем і модулів. Проте чипсети і програмне забезпечення HaLow доступні вже сьогодні — наприклад, від компанії Newracom.

### HEW (802.11ax)

Стандарт високої ефективності (IEEE 802.11ax), що передреє протоколу 802.11ah, також пропонує низку

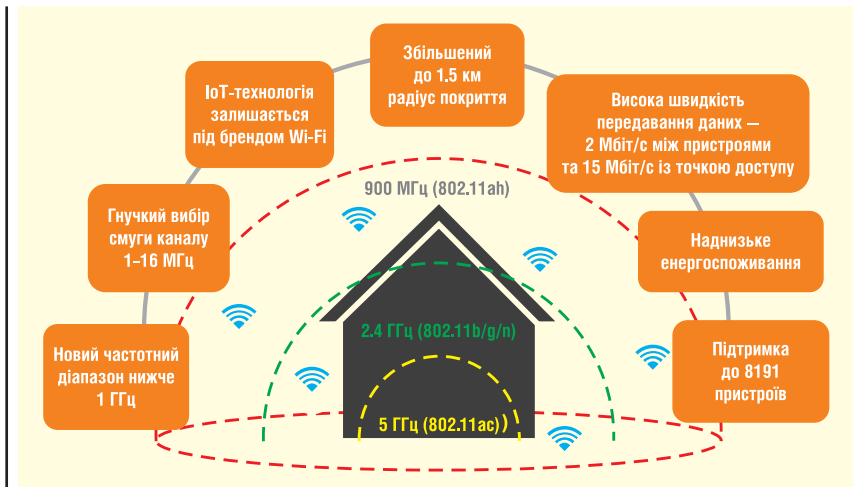


Рис. 3. Порівняння Wi-Fi HaLow з попередніми технологіями Wi-Fi

функцій спеціально для IoT. Він зберігає цільові функції часу і функції групування станцій від 802.11ah, водночас даючи змогу IoT-клієнтам і бути економічними щодо витрат енергії, і уникати колізій (кажучи простою мовою — не заважати один одному в ефірі). Крім того, цей стандарт передбачає багатокористувацькі можливості у вигляді висхідної лінії зв'язку MIMO, як у протоколах 802.11n і 802.11ac, що в поєднанні з меншим інтервалом підносійних (78.125 кГц) дає кільком клієнтам (до 18 користувачів) одночасно надсилати дані каналом зі смугою частот 40 МГц.

Перше голосування за 802.11ax було проведено в період між 1 грудня 2016 р. і 8 січня 2017 р., але не дало позитивних результатів (було запропоновано 7418 коментарів), і повторне голосування було перенесено на осінь 2017 р. Остаточний текст стандарту IEEE 802.11ax було презентовано тільки 2019 р.; на виставці CES 2018 було представлено пристрої, які продемонстрували максимальну швидкість до 11 Гбіт/с. Остаточний протокол 802.11ax затверджено 1 лютого 2021 р.

### WI-FI ВЕЛИКОГО РАДІУСА ДІЇ

Як уже було сказано на початку цієї статті, технологія Wi-Fi не обмежується мережами малого радіуса і великою зоною покриття. Голота, як відомо, на вигадки хитра. Було знайдено шпарину: з'явилися постачальники, які надають обладнання для забезпечення бездротового зв'язку на великих відстанях із використанням частот і типів модуляції технології Wi-Fi у поєднанні з більшими й ефективнішими антенами, у деяких випадках вузькоспрямованими.

Крім того, в такому обладнанні, як правило, застосовується технологія, що дає змогу віддаленій точці доступу (у вигляді фізичного пристрою) отримувати електричну енергію разом із даними через стандартну виту пару Ethernet-з'єднання. Ця технологія називається POE (від англ. Power over Ethernet, буквально — живлення через Ethernet). Як уже згадувалося, такі пристрої доступу можуть бути сконфігуровані як з'єднання точка-точка (point-to-point) або як радіально-вузловий багатоточковий зв'язок — точка-мультиточка (point-to-multipoint). Завдяки особливостям реалізації вони дають змогу забезпечити зв'язок у спектрі радіочастот Wi-Fi, що не потребує ліцензування, з дальністю близько 20 км. Однак таке хитре використання неліцензійного спектра може спричинити і значні рівні завад. Проте подібні системи застосовуються постачальниками бездротових інтернет-послуг у смугах 2.4 і 5 ГГц у міських і приміських районах.

Для приватних транзитних мереж таке рішення надає недорогий спосіб ретрансляції даних на великі відстані. Сполучення ретрансляційних станцій з локальною точкою доступу дає можливість швидкого і простого з'єднання з кластером пристроїв з підтримкою Wi-Fi у віддаленій області — наприклад, для рекреаційних або сільськогосподарських потреб. Хоча це має мінімальний стосунок до бездротового «Інтернету речей», що нас цікавить, подібне рішення може бути хорошим інструментом для побудови мереж з великим радіусом покриття від окремого пристрою. Але зі споживанням енергії на рівні ват, вони, найімовірніше, не будуть використовуватися як вузлові IoT-пристрої.

## ПЕРЕВАГИ ТА ПРОБЛЕМИ WI-FI ВІДНОСНО IOT І НЕ ТІЛЬКИ

Як відомо, одним зі стовпів, на яких ґрунтується успіх IoT, є потреба під'єднати безліч IoT-пристроїв до решти світу через Інтернет. Можна з певною впевненістю припустити, що основою для цього стане саме бездротовий зв'язок. Питання залишається в тому, яка з технологій найбільш придатна? Зараз існує багато варіантів, кожен з яких пропонує різні способи встановлення з'єднання для застосування IoT. Найбільш популярними є Wi-Fi, Bluetooth та їхні різновиди, а також LTE на базі стільникового зв'язку. Конкретний вибір залежатиме вже від певних сфери застосування, діапазону і смуги частот, пропускну здатності каналу передачі даних і часу автономної роботи. У якихось випадках, можливо, навіть буде необхідна комбінація технологій. Але це тема вже наступної (і завершальної) частини цієї статті.

Найімовірніше, саме Wi-Fi залишиться однією з найпопулярніших технологій IoT у сегменті ринку обладнання для «розумного будинку», що бурхливо розвивається. Він знаходить у цій галузі найширше застосування, оскільки має цілу низку викладених вище переваг і в цьому разі практично не пов'язаний обмеженнями щодо енергоспоживання, які не характерні або не такі критичні для інтелектуальних домашніх застосувань із живленням від мережі напруги змінного струму. Що стосується Wi-Fi з малим енергоспоживанням, то здебільшого його використовуватимуть у тих випадках, коли достатньо періодичного передавання даних із низькою швидкістю. Це такі сфери застосування, як частина сенсорного обладнання та лічильники в «розумних будинках», переносні та медичні пристрої, а також інші сегменти комерційного та промислового ринків.

Однак ми повинні пам'ятати, що у технології Wi-Fi є і недоліки. Крім високого енергоспоживання, існує ще ціла низка проблем. Перша полягає в тому, що ця технологія, працюючи в спектрі частот, який не потребує ліцензування, як наслідок, піддається підвищеному рівню завад через їхню переважаність.

Друга — оскільки Wi-Fi може безпосередньо і без кабелю підключатися до Інтернету з усіма його загрозами, необхідно приділяти особливу увагу проблемам кібербезпеки. Пристрій Wi-Fi має бути спроектовано так, щоб забезпечити конфіденційність даних і правильну

роботу кінцевого пристрою. Під час масової появи IoT-пристроїв через відсутність на багатьох із них браузерів і клавіатур їхнє підключення до Wi-Fi-мережі з погляду налаштувань політики безпеки було спрощено. У результаті це призвело до атак DoT (DDoS of Things) на IoT-пристрої, і ця проблема все ще до кінця не вирішена.

З огляду на це питання, постачальникам Wi-Fi-обладнання необхідно приділяти більше уваги розробці програмних продуктів, які гарантуватимуть (особливо це стосується індустріального «Інтернету речей»), що IoT-пристрої підключаються лише за дозволеними портами та протоколами. При цьому ще додаються труднощі, пов'язані з широко впроваджуваними хмарними технологіями. В «Інтернеті речей» доступ до хмарного сервера має бути безперебійним, і для цього Wi-Fi-мережі мають стати ще безпечнішими — з можливістю цілодобового моніторингу, керування та самовідновлення.

Ще одна проблема, пов'язана з Wi-Fi, — це конкуренція між ним і LTE. Друга технологія (докладніше її буде розглянуто в четвертій частині огляду) дає змогу використовувати вже наявні мережі стільникового мобільного зв'язку. Але річ у тім, що традиційних частот (800–900, 2 500–2 600 МГц) для LTE недостатньо. Багато операторів зв'язку в низці регіонів уже віддають перевагу LTE в діапазоні 1 800 МГц замість традиційного зв'язку GSM, і тому передача даних сьогодні перевищує голосовий трафік. У зв'язку з чим LTE, а точніше, її різновид LTE-U (LTE-Unlicensed), «замахнулася» на традиційну для Wi-Fi смугу частот у діапазоні 5 ГГц. І Wi-Fi в цьому разі перебуває у важкому становищі: крім того, що стільникові мережі поширені вже практично повсюдно, LTE дає змогу пристроям із низьким енергоспоживанням, які не вимагають високої швидкості, передавати дані у вигляді невеликих пакетів. При цьому LTE має великий діапазон покриття і гарантує IoT-пристроєм тривалий термін служби від батареї.

Що стосується високошвидкісного передавання даних, то LTE забезпечує ефективніше використання спектра радіочастот. Так, за ідеальних умов приймання LTE може розвинути швидкість до 50 Мбіт/с зі смугою 15 МГц на канал, тоді як Wi-Fi хоч і здатний видати до 100 Мбіт/с, але зі смугою каналу 40 МГц.

Проте, у Wi-Fi в цьому розкладі є свій козир: практично у всіх випадках

він є умовно безплатним для користувача, а за використання LTE потрібно регулярно платити. Тож тут місце усвідомленим компромісам. Крім того, Wi-Fi Alliance, до якого приєднався і Google, досить впливовий, і гроші в технологію Wi-Fi вкладено чималі, щоб просто взяти і здатися.

## ВИСНОВОК

Технологія Wi-Fi готова вже сьогодні під'єднати мільярди IoT-пристроїв один до одного, до Інтернету і до мільярдів одиниць побутової електроніки, комп'ютерів і промислового обладнання. Висока стійкість Wi-Fi, його гнучкість і придатність для багатоцільового застосування, а також давня прихильність Wi-Fi Alliance до функціональної сумісності пристроїв (незалежно від їхньої версії), які використовують цю технологію, роблять Wi-Fi однією з ідеальних платформ для інновацій у безмежній безлічі технологій «Інтернету речей».

У цій статті ми розглянули одну з основних бездротових технологій, яка забезпечує організацію мереж IoT як на низькому рівні з малою зоною власного покриття, так і для передачі інформації на великі відстані. Однак потрібно визнати, що ця технологія, особливо в останньому варіанті, не є панaceaю. Для «великих даних», що збираються в рамках IoT, та їхнього передавання, часто на величезні відстані, а також для опрацювання, аналізу та подальшого використання інформації для ухвалення рішень, є ще ціла низка спеціалізованих протоколів і технологій. Це стане темою останньої, четвертої частини цього огляду бездротових технологій «Інтернету речей».

## Література:

1. Рентюк В. *Короткий путівник бездротовими технологіями «Інтернету речей». Частина 1. Мережі, шлюзи, хмари і протоколи* // CHIP NEWS. 2023. № 4.
2. Рентюк В. *Короткий путівник бездротовими технологіями «Інтернету речей». Частина 2. Близький радіус дії* // CHIP NEWS. 2023. № 5.
3. PSF-B85. <https://wiki.iteadstudio.com/PSF-B85>
4. *The Menu at the IoT Café: A Guide to IoT Wireless Technologies. Application Note. Keysight Technologies. September 10, 2017.* <https://www.keysight.com/zz/en/assets/7018-05810/application-notes/5992-2412.pdf>

## ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ

від провідних виробників світу,  
зі складу та під замовлення

Гнучкі ціни



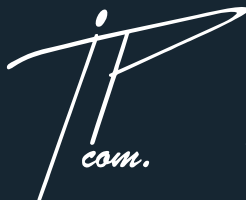
ТОВ "АДС ТІМ"

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 КОМПОНЕНТС

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.ua

## ТОВ «АЙПІ-КОМ»

Гуртове постачання електронних компонентів, плівкових клавіатур, світлодіодної комунікаційної продукції, роз'ємів тощо

моб.: 098-980-48-38

ill1982  
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

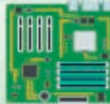
61072, Україна, Харків, вул. Тобольська 42 оф. 222  
тел.: 057-757-2859, факс: 057-728-1808  
050-323-3763, 067-575-4440, 068-616-7777  
http://www.ferrite.com.ua E-mail: ferrite@ukr.net

- 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 Калніст, 2а, оф. 114  
URL: www.verikom.kiev.uaтел./факс: (+380) 44-501-9335  
(+380) 67-508-0229  
E-mail: sales@temys.kiev.ua

## ДП «Гальванотехніка» ПАТ «Київський завод "Радар"»

ТОВ «НВЦ друкованих плат»

## Виготовлення друкованих плат:

- одно-, дво- та багатощарових 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. Оптиміальне 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**WINTEX** (044) 5036112  
Професійний ремонт (067) 2983455  
(050) 2665517

- Електронні компоненти
- Модулі та датчики для розробників електроніки
- Модулі для ремонту ТВ, комп'ютерів, планшетів, комп'ютерів
- Роз'єми та конектори
- Розробка елементів альтернативної енергетики
- Ремонт усіх видів електроніки та побутової техніки

03150, Київ, вул. Велика Васильківська, 80

www.wintex.com.ua



Прямі поставки від виробника

FLUKE

Комплексні поставки  
електронних комплектуючих38 (044) 239-96-06  
38 (044) 498-01-68www.grandelectronic.com  
office@grandelectronic.comБульвар Вацлава Гавела, 8  
м. Київ, 03124


- Автоматика
- Датчики
- Джерела живлення
- Компоненти і модулі СВЧ
- Мікросхеми
- Рознімачі
- Реле
- Системи бездротового зв'язку
- Системи відображення інформації
- Хімічні джерела струму





**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



Незалежний постачальник  
 електронних компонентів

**EVOCOM**  
 www.evocom.ua

- Швидкі терміни поставок (до 7 днів)
- Безкоштовна доставка по Україні
- Більш ніж 6 млн. товарів в каталозі

www.evocom.ua email: info@evocom.ua  
 тел. (044) 520 19 13

Де  
Ко


**ДРУКОВАНІ ПЛАТИ**  
**ТЕРМІНОВЕ ВИРОБНИЦТВО ВІД 1-ГО ДНЯ!**  
 Одно-, дво-, багат шарові 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

**ТОВ «PCB-ЕТАЛ»**  
 28000, Кіровоградська обл.,  
 м. Олександрія, вул. Заводська, 1

Для замовлення:  
 Тел.: +38 (050)268-95-73  
 e-mail: pcb@etal.ua

3 питань ціноутворення:  
 Тел.: +38 (066)872-60-65  
 e-mail: sb10@etal.ua




**EUROCOM COMPONENTS**

дистрибуція електронних компонентів  
 контрактне виробництво

08298, смт. Коцюбинське  
 вул. Пономарьова, 7

Тел. +38 044 33 44 575

www.eurocom-c.com E-mail: info@eurocom-c.com



**Інтегральні Комплексні Системи**  
 Контрактне виробництво електроніки

+38 (050) 469-12-07 info@incos.kiev.ua www.incos.kiev.ua  
 Київ, вул. Бориспільська, 9, корпус 111



**ФІЛУР**  
**ЕЛЕКТРИК**

Електронні компоненти  
 Електротехнічна продукція  
 Технологічне обладнання, інструмент, матеріали

1-й пов., вул. Попудренка, 22/14, м. Київ  
 тел. 044 495 75 75, моб. 068 496 75 75

www.filur.net office@filur.net



**IMRAD**  
 Електронні компоненти

**Електронні компоненти**  
 провідних світових виробників  
 зі складу в Києві та на замовлення

**Інформаційна та технічна підтримка**

- 03113, Україна, м. Київ  
 вул. Шутова 9, офіс 211
- Тел. (044) 495-21-09, 490-91-59  
 факс: (044) 495-21-10  
 E-mail: imrad@imrad.kiev.ua  
 www.imrad.com.ua

Радіодеталі зі складу – 35 000 найменувань!



**Усе для розробки,  
 ремонту та виробництва  
 електроніки!**

Від резистора до мікропроцесора, радіомонтажний  
 інструмент та вимірювальні прилади, підбір аналогів  
 та консультації.

www.ims.kh.ua тел.: (073) 757 25 22 (23), (098) 028 89 17  
 e-mail: imskharkov@gmail.com (057) 732 04 50, 732 01 76



**K206**  
 Електронні компоненти

Все для виробництва  
 та ремонту зі складу  
 та на замовлення

www.k206.net  
 +38 096 77-99-665



**ТОВ "КОМПАНІЯ ОЛЬВІЯ"**  
 Корпуса пластиків. Клавіатура плівкова.  
 Кабельно-провідникова продукція.

[044] 599 7550 [044] 503 3323 KORPUS.KIEV@GMAIL.COM  
 03113, м. Київ, вул. Дружківська, 12 А ICO: 268-782-777  
 korpuk.kiev.ua



**КОМПАНІЯ  
СП-ТЕКНО**  
контрактне виробництво

- контрактне виробництво
- друковані плати
- монтаж
- комплектація

http://spcb.com.ua  
e-mail: info@spcb.com.ua  
тел./факс: (044) 369-53-67



http://melsys.com.ua



- контрактне виробництво електроніки
- монтаж і виготовлення друкованих плат
- виготовлення трафаретів

ТОВ "Мелсис"  
Київ, вул. Новозабарська, 2/6, оф. 204  
info@melsys.com.ua

+38 044 578 18 15  
+38 096 926 70 69  
+38 063 435 68 10

Партнерство в електроніці



МІКРО ПРИБОД

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

**Pcb24** — сервіс з експрес виробництва прототипів і невеликих партій одна- та двошарових друкованих плат



За 24 години виготовимо Ваше замовлення

Власне виробництво у м. Львів

ТОВ «Крейтив Лоджикс»  
www.pcb24.com.ua  
pcbprint24@gmail.com  
068 614 38 28



Зручний онлайн PCB-калькулятор мінімальне замовлення - 5 шт.

Постачання:  
- друковані плати FR-4;  
- алюмінієві друковані плати;  
- трафарети для паяльної пасту;  
- паяльна паста;  
- припій.

Сайт: [pcbtut.com](http://pcbtut.com)  
e-mail: [pcbtut@pcbtut.com](mailto:pcbtut@pcbtut.com)  
+38 (067) 674 99 14



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

info@mastek.com.ua  
www.mastek.com.ua

Авторизований дистриб'ютор  
NXP, AMPLEON, WeEn в Україні

Microdis Electronics GmbH  
Rheinauer Straße 1  
68766 Hockenheim  
Germany



Дистриб'ютор електронних компонентів

Роман Прокопець  
Менеджер з продажу

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

www.microdis.net

www.otlodka.com.ua

- Автоматизований SMD монтаж друкованих плат
- Фрезерування панелей, корпусів та пластику
- 3D-друк

+38 050 447-12-58 +38 098 661-97-97

ФОП Савієв Р.Б.

КОНТРАКТНИЙ ВИРОБНИК ЕЛЕКТРОНІКИ ПІД ЗАМОВЛЕННЯ



+38 044 338 97 73  
info@pcba.com.ua  
pcba.com.ua

вбудовані процесорні плати

COMexpress  
Qseven  
PC-104  
ETX



промислові комп'ютери та системи

www.proxis.ua  
+380(44)4675977  
+380(44)5995977




**RADIODETAILI**

- Паяльне обладнання
- Вентилятори
- Трансформатори
- Реле
- Конденсатори
- Резистори
- Світлодіодне обладнання
- Акумулятори
- Блоки живлення
- Мобільні аксесуари

**КУПУЙ ВИГІДНО**

radiodetali.com.ua



**РАДІОМАГ**  
МЕРЕЖА МАГАЗИНІВ РАДІОДЕТАЛЕЙ

Львів Київ Харків  
Одеса Дніпро

[www.rcscomponents.kiev.ua](http://www.rcscomponents.kiev.ua)  
+38(044)299-77-55 sales@radiomag.com.ua

- мікросхеми
- транзистори
- діоди і діодні містки
- GSM, GPS, GPRS
- паяльне обладнання
- вимірвальне обладнання
- блоки живлення
- роз'єми
- інструмент
- пасивні компоненти
- батареї та акумулятори та багато іншого

**ДЛЯ ПРОФЕСІОНАЛІВ І РАДІОАМАТОРІВ**

[www.radio-techka.com.ua](http://www.radio-techka.com.ua)  
radiotechka@ukr.net

**Радио точка**

- світлодіодна продукція
- радіодеталі
- акустичні дроти
- реле
- роз'єми
- вимірвальні прилади
- паяльне обладнання

м. Черкас, вул. Богородина, 172,  
тел.: (073) 547-63-47, (067) 547-63-47

**RAINBOW TECHNOLOGIES**

Rainbow Technologies – офіційний дистрибутор і постачальник в Україні:

**MICROCHIP, MAXIM, INFINEON, WINBOND, ALTERA, SAMSUNG (LED), LEDIL, VISHAY, ANALOG DEVICES, TEXAS INSTRUMENTS**

04112, Україна, м. Київ, вул. Дегтярівська, 62, оф. 46  
Тел./факс: +38 (044) 290-41-69, 290-41-82  
e-mail: cov@rainbow.com.ua

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

**МП "РЕМІКС"**  
[www.remix.com.ua](http://www.remix.com.ua)  
Офіційний дистрибутор в Україні

FineTek, Venanzetti Vibrazioni, Nivelko

Пропонує датчики рівня рідин та сипучих матеріалів, датчики тиску, різноманітні регулятори, панель метри, пневмо та електровібратори

Тел./факс +38 04563 99-760, 99-926, 99-775

**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

**Rich El**  
electronic components

**ТОВ "РИЧЕЛ"**

Поставки електронних компонентів  
Асортимент зі складу та технічна підтримка

вул. Семена Скляренка, 9, оф. 401  
04073, м. Київ  
info@rekkon.kiev.ua  
http://rekkon.kiev.ua

тел.: +38 (044) 490-92-50  
факс: +38 (044) 494-27-08

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, 68, 08132, Вишневе, Київська обл.  
Тел.: +380 (44) 536 99 44 E-mail: office@rittal.com.ua  
[www.rittal.com.ua](http://www.rittal.com.ua)

**РИТТАЛ**

**SEA** ІННОВАЦІЯ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

м. Київ, вул. Краківська, 13-Б  
тел.: +38 (044) 330-00-88  
[sea.com.ua](http://sea.com.ua), [info@sea.com.ua](mailto:info@sea.com.ua)

**Постачання:** Електронні компоненти • Джерела живлення • Світлодіодна продукція та оптоелектроніка Індикатори, дисплеї • Обладнання для енергетики • Електротехнічна продукція • Кабельно-проводникова продукція • Обладнання для промислової автоматизації • Бездротові компоненти Вимірвальні прилади Паяльне обладнання і матеріали для пайки • Сонячна енергетика

**Виробництво:** Світлоформи 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:** Великоузлове складання обладнання • Просування друкованих плат Виробництво друкованих плат • Контактне виробництво електроніки • SMD DIP монтаж компонентів • Камерційні розробки • Проєктування, монтаж, модернізація, технічне обслуговування паркувальних комплексів, світлоформних та WIM об'єктів

Харків: [kharkiv@sea.com.ua](mailto:kharkiv@sea.com.ua) Дніпро: [dniπρο@sea.com.ua](mailto:dniπρο@sea.com.ua) Львів: [lviv@sea.com.ua](mailto:lviv@sea.com.ua)



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

Електронні компоненти  
зі всього світу.  
Створюйте з нами!



ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ  
ТА  
КОНТРАКТНЕ ВИРОБНИЦТВО

**SMD UKRAINE**



03057, м. Київ, вул. Желязова, 2-А,  
корп. 7, кім. 303

тел.: (044) 223-12-42  
(073) 705-70-05  
(096) 705-70-05

info@smdua.in.ua

www.smdua.in.ua

## НВП ТЕХНОСЕРВІСПРИВІД ВСЕ ДЛЯ СИЛОВОЇ 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, Web: www.tsdrive.com.ua

Електронні компоненти Розмічачі З'єднувачі



www.tpss.com.ua

ТОВ «КП «Техпрогрес»  
04070, м. Київ,  
вул. Ігорівська, 8/10-А, оф. 38  
(044) 461-91-00



## TMS PROJECT

Контрактне виробництво  
Сертифіковано ISO9001  
Постачання електронних компонентів



Україна, Київ  
вул. Марії Капніст, 2а, оф. 114  
тел./факс: (044) 501-9335  
URL: www.tmsproject.com.ua  
E-mail: sales@temys.kiev.ua



## ELFA DISTRELEC

ПОСТАВКИ ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ  
ЗІ СКЛАДУ У ЄВРОПІ.




ТОК ЕЛЕКТРОНІКС  
ОСІДНЬОЇ ДИСТРИБ'ЮТОР В УКРАЇНІ

04080, м. Київ  
вул. Вікенція Хвойки, 18/14  
склад, 10/8

www.distrelec.biz  
e-mail: ula@tok-el.com  
oksanaj@tok-el.com

Тел. +38 066 781 56 11  
+38 093 896 40 88



## Trafaret

Полімерні трафарети для SMD монтажу

www.trafaret.net.ua  
e-mail: order@trafaret.net.ua  
тел. 063-851-12-76, 098-871-58-76



## PHOENIX CONTACT

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  
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  
http://www.unitest.com



Автори́зований дистрибу́тор



## ЮСТАС

Електронні компоненти провідних світових виробників:  
конденсатори всіх типів, транзистори, тиристорні,  
мікросхеми, діоди, діодні мости, кварци,  
індикаторна продукція всіх типів, вентилятори,  
механічні елементи, кабельна продукція

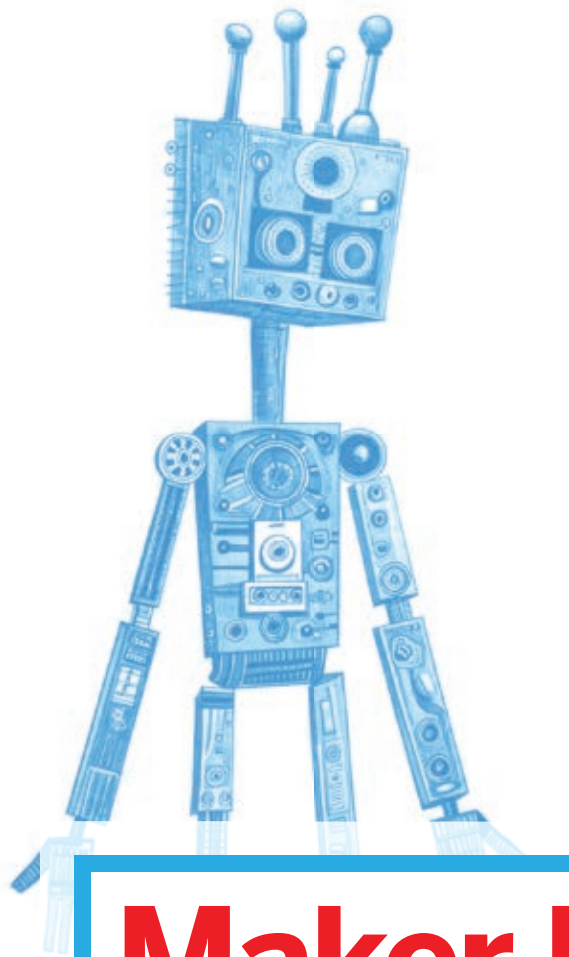
justas@ipm.lviv.ua  
justas\_k@ukr.net

Магазин "Електронних компонентів"  
79018, м. Львів, вул. Героїв УПА, 40,  
т/ф (032) 237-31-82, (032) 238-94-41  
поведілок - субота з 10.00 до 18.00

http://justas-electronics.com.ua  
+38 (093) 020-40-51

02.03.24

# Kyiv Maker Faire повертається!



**Maker Faire** — це фестиваль винахідництва, креативності та інновацій.

Велика подія, яка збирає мейкерів, науковців, інженерів, майстрів, винахідників, освітян, і дає їм простір та можливості продемонструвати власні напрацювання, поспілкуватися про це з іншими учасниками, дослідити нові форми та нові можливості

# Maker Faire® Kyiv



**giz**

Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Kyiv

**Maker Faire®**

**TOLOGAR**

MOBILE  
MAKERSPACE



UKRAINIAN  
MAKER  
ASSOCIATION



Ярмарок проводиться  
за підтримки  
Міністерства Освіти  
та Науки України

Побачимося  
2 березня 2024 року!

Деталі ярмарку  
та реєстрація учасників  
і відвідувачів  
за посиланням

<https://kyiv.makerfaire.com/>



# XXII МІЖНАРОДНИЙ ПРОМИСЛОВИЙ ФОРУМ-2024

## МІЖНАРОДНІ СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ВИСТАВКИ



МЕТАЛООБРОБКА



УКРЗВАРЮВАННЯ



УКРВТОРТЕХ



АВТОМАТИЗАЦІЯ  
І РОБОТОТЕХНІКА



БЕЗПЕКА  
ВИРОБНИЦТВА



ГІДРАВЛІКА  
ПНЕВМАТИКА



ПІДШИПНИКИ



УКРЛИТВО



ЗРАЗКИ, СТАНДАРТИ  
ЕТАЛОНИ, ПРИЛАДИ



ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНЕ  
СКЛАДСЬКЕ ОБЛАДНАННЯ

 **ufi**  
Approved  
Event



Генеральний  
інформаційний партнер:

**ОБОРУДОВАННЯ  
І ПРИБОРІ**  
ДЛЯ ПРОМИСЛОВИСТВА

# 28-30 травня



МІЖНАРОДНИЙ  
ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР  
м. Київ, Броварський пр-т, 15  
станція метро «Лівобережна»

☎ +38 (095) 268-05-85, (096) 505-52-66

✉ lilia@iec-expo.com.ua,  
plast@iec-expo.com.ua

🌐 www.iec-expo.com.ua





Київ Травень 28-30  
Україна 2024



Виставка систем охорони та безпеки

# Expert Security

БЕЗПЕКА ЗОВСІМ ПОРЯД



МІЖНАРОДНИЙ  
ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР  
м. Київ, Броварський пр-т, 15  
станція метро «Лівобережна»



+38 (050) 403-66-91  
+38 (050) 770-36-75



expert@iec-expo.com.ua



www.expert-security.com.ua



## ВИСТАВКИ 2024

Назва	Сайт	Організатор	Місто	Дата проведення*
Kyiv Maker Faire	<a href="https://kyiv.makerfaire.com/">https://kyiv.makerfaire.com/</a>	ГО «Мейкер Хаб»	Київ	02.03.2024
Міжнародний промисловий форум	<a href="http://www.iec-expo.com.ua/pf-2024.html">www.iec-expo.com.ua/pf-2024.html</a>	МВЦ	Київ	28.05–30.05.2024
Addit EXPO 3D	<a href="http://www.iec-expo.com.ua/addit-2024.html">www.iec-expo.com.ua/addit-2024.html</a>	МВЦ	Київ	28.05–30.05.2024
Expert Security	<a href="https://expert-security.com.ua/">https://expert-security.com.ua/</a>	МВЦ	Київ	28.05–30.05.2024
ELECTRO INSTALL	<a href="http://www.iec-expo.com.ua/ei-2024.html">www.iec-expo.com.ua/ei-2024.html</a>	МВЦ	Київ	15.10–17.10.2024
E-Comps+DigiTec	<a href="http://www.iec-expo.com.ua/ecom-2024.html">www.iec-expo.com.ua/ecom-2024.html</a>	МВЦ	Київ	15.10–17.10.2024
EcoEnergy Expo	<a href="http://www.iec-expo.com.ua/ee-2024.html">www.iec-expo.com.ua/ee-2024.html</a>	МВЦ	Київ	15.10–17.10.2024
Енергетика в промисловості	<a href="http://www.iec-expo.com.ua/ep-2024.html">www.iec-expo.com.ua/ep-2024.html</a>	МВЦ	Київ	15.10–17.10.2024

\* 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

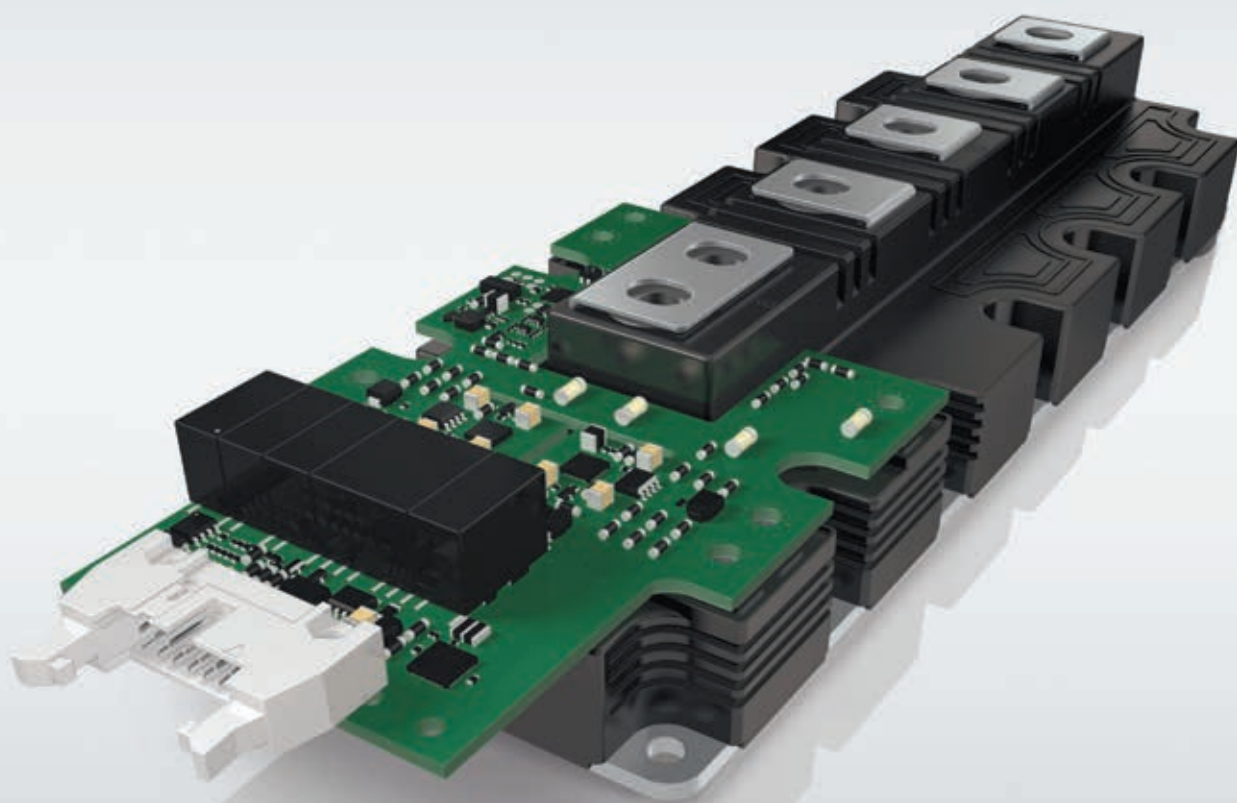
**Рекламні матеріали** приймаються **тільки українською мовою в форматах «.eps» або «.tif» (300 dpi)**. Кольорова модель — **СМΥК**. Сумарний процент фарб — не більше 300%. Якщо в форматі «.eps» є впроваджені растрові зображення, вони також повинні мати роздільну здатність 300 dpi і кольорову модель 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 підписувачий 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 термоцилювання

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

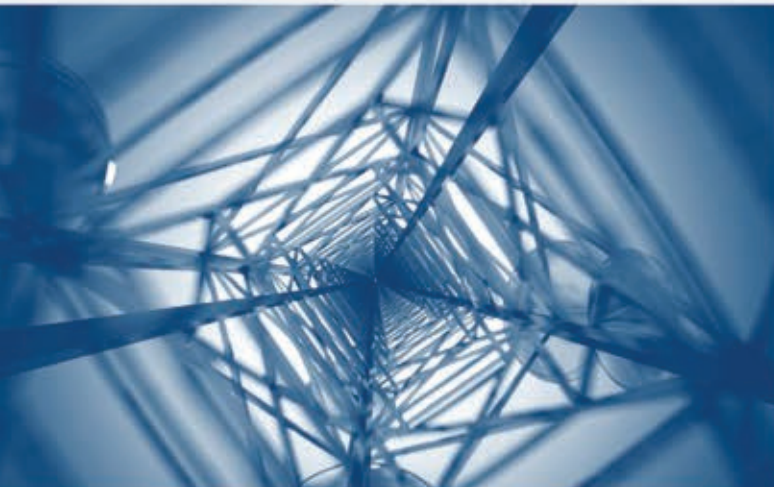


[www.semikron-danfoss.com](http://www.semikron-danfoss.com)





# 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 широкопasmового доступу, тощо



## MASTEK

Авторизований дистриб'ютор  
Ampleon в Україні

м. Київ, пров. Ю. Матуцака, 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)