

# CHIP NEWS

## НВП «ТЕХНОСЕРВІСПРИВІД»

Авторизований сервіс-партнер Danfoss Drives в Україні

[semikron@ukr.net](mailto:semikron@ukr.net), [www.semismart.com.ua](http://www.semismart.com.ua), [www.tsdrive.com.ua](http://www.tsdrive.com.ua)



**SEMİKRON  
DANFOSS**



- Зарядні пристрої для електромобілів ... **стор. 12**
- Виявлення несправностей в SRAM ... **стор. 16**
- Матеріали від MG Chemicals ... **стор. 20**
- ШІ в роздрібній торгівлі ... **стор. 22**
- Новинки Fischer Connectors ... **стор. 24**
- Мультикіловатні керовані ДЖ ... **стор. 30**



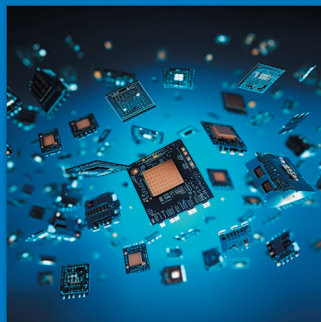
[www.eurocom-c.com](http://www.eurocom-c.com)  
[info@eurocom-c.com](mailto:info@eurocom-c.com)  
044 33 44 575

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





№ 06 (231), 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.uaРедакційна колегія:  
Войналович М. Ю., Крючатов С. Д.,  
Кунчак Н. К., Кураєв П. П.,  
Макаренко В. В., Мовчанюк А. В.,  
Першин М. О., Поліщук С. Й.,  
Рентюк В. К., Стецюк Л. В.,  
Файер О. М., Шевченко В. Л.Адреса редакції:  
03061, Київ,  
просп. Відрадний, 10E-mail: info@chipnews.com.ua  
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

## СИЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА

Переклад та редагування:  
Володимир Павловський  
**Semikron Danfoss: зарядні пристрої  
для електромобілів.....12**

## ПАМ'ЯТЬ

Хенрік Ніхольм (Henrik Nyholm),  
Джейкоб Лунн Лассен (Jacob Lunn Lassen),  
Переклад та редагування:  
Ірина Приходько  
**Проектування вбудованих систем підвищеної  
надійності. Проблеми виявлення несправностей  
в SRAM під час експлуатації.....16**

## ВИРОБНИЦТВО ЕЛЕКТРОНІКИ: МАТЕРІАЛИ

Андрій Григоревський  
**Огляд деяких матеріалів  
від компанії MG Chemicals.....20**

## ІННОВАЦІЇ

**ШІ в роздрібній торгівлі: 5 способів  
розширити можливості бізнесу.....22**

## ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ КОМПОНЕНТИ

Огляд новинок компанії Fischer Connectors.....24

## ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

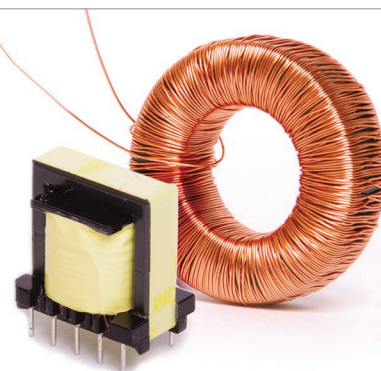
Переклад: Вадим Потапенко  
Редагування: Віктор Бутирін  
**7 кроків для підвищення продуктивності  
вимірювань цифровим мультиметром.....26**

www.adcgr.com

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



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



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

## ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ

**Мультикіловатні керовані джерела живлення MEAN WELL: унікальні рішення для сучасних промислових установок. . . . . 30**

*Сучетан Сваруп Вайдьянатх (Suchethan Swaroop Vaidyanath),  
Джон Дороса (John Dorosa)  
Переклад: Володимир Рентюк*

**Проектування трансформатора для 15-Вт зворотного перетворювача з кількома виходами . . . . . 36**

*Стів Робертс (Steve Roberts)*

**Електроживлення домашнього медичного обладнання . . . . . 44**

## ДАТЧИКИ

**Інерціальні модулі компанії Xsens. Математичні алгоритми разом із сучасними MEMS-технологіями як надійне розв'язання задач орієнтації та навігації . . . . . 46**

*Кріс Гудалл (Chris Goodall),  
Сара Кармайкл (Sarah Carmichael),  
Боб Цаннелл (Bob Scannell)*

**Гіроскопи в прецизійних навігаційних системах: яку технологію обрати? . . . . . 52**

*Олександр Шведов*

**ToF сьогодні. Отримання 3D-зображення: необхідне чи надмірне . . . . . 58**

## СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ

*Дарсі Пулен (Darcy Poulin),  
Переклад та редагування:  
Роман Горелков*

**Що таке Wi-Fi 7 і чому він важливий? . . . . . 62**

## САПР

*Валентин Володін*

**Багатоваріантний аналіз у LTspice . . . . . 65**

## МІКРОКОНТРОЛЕРИ

*Томохіко Отсу (Tomohiko Ohtsu),  
Коджі Урусіма (Koji Urushima)*

**Мікроконтролери початкового рівня: RL78/G23 відповідають вимогам епохи Інтернету речей. . . . . 70**

**ВІЗИТКИ . . . . . 76**

**ВИСТАВКИ . . . . . 81**

**ІНФОРМАЦІЙНА СТОРІНКА. . . . . 84**



# 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, олів, 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, олів, 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 догори 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.



ТОВ «ФІЛУР ЕЛЕКТРИК, ЛТД» —  
офіційний дистриб'ютор  
продукції ECS в Україні

**ФІЛУР  
ЕЛЕКТРИК**

Адреса:  
вул. Гетьмана Павла Полуботка, 22/14  
м. Київ, Україна, 02100  
www.filur.net

Контакти:  
+38 (044) 495 75 75  
+38 (068) 496 75 75  
office@filur.net

Для замовлення:

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 ЯДРО В СІМЕЙСТВІ ЦИФРОВИХ СИГНАЛЬНИХ КОНТРОЛЕРІВ DSPIC®

Оскільки вбудовані системи стають дедалі складнішими, а потреба в підвищенні продуктивності зростає, компанія **Microchip Technology** випустила сімейство цифрових сигнальних контролерів (ЦСК) dsPIC33A Core. Здатність інженерів створювати складні вбудовані алгоритми керування з інтенсивними обчисленнями має вирішальне значення для досягнення чудової операційної ефективності в системах керування двигунами, електроживлення, зарядки та зондування. Побудоване на основі 32-розрядної архітектури центрального процесора (ЦП) з робочою частотою 200 МГц, вдосконалене ядро сімейства dsPIC33A включає блок подвійної точності з рухомою крапкою (DP FPU) та інструкції ЦОС для виконання складних обчислювальних задач у багатьох алгоритмах керування замкнутими контурами. Архітектура dsPIC33A забезпечує високопродуктивне і точне керування в реальному часі в поєднанні з комплексною екосистемою засобів розробки для спрощення і прискорення процесу проєктування.

«Цифрові сигнальні контролери dsPIC33A змінюють правила гри для розробників, оскільки вони забезпечують точність, ефективність і розширені функції, необхідні для розширення меж продуктивності вбудованих систем, — сказав Джо Томсен (Joe Thomsen), віцепрезидент підрозділу цифрових сигнальних контролерів компанії Microchip. — Завдяки своїй здатності створювати складні конструкції, відповідати вимогам безпеки, інтегрувати розширені функціональні можливості та прискорювати час виходу на ринок, сімейство dsPIC33A дозволяє нашим клієнтам зовоювати більшу частку ринку завдяки інноваційним, конкурентоспроможним розробкам».

ЦАП dsPIC33A вдосконалено завдяки покращеній математиці та обробці даних, вищій ефективності коду, швидшому перемицанню контексту та зменшенню затримки. Зменшення

затримки забезпечує швидший час реакції на перехідні та критичні для безпеки події. Нові та модернізовані периферійні пристрої, такі як ШІМ високої роздільної здатності, спеціально розроблені для керування двигунами та цифрового перетворення енергії, призначені для підтримки прогресивного розвитку технологій на різних ринках, в тому числі в автомобільній, промисловій, споживчій галузях, сфері електромобілів, центрах обробки даних та в сегменті екологічно чистих рішень. Сімейство dsPIC33A має інтегровану аналогову периферію, зокрема 12-розрядні АЦП зі швидкістю перетворення до 40 Мбіт/с, високошвидкісні компаратори та операційні підсилювачі. Ці аналогові периферійні пристрої в поєднанні з незалежними від ядра периферійними пристроями (Core Independent Peripherals, CIP) дозволяють здійснювати складні вимірювання та високопродуктивне керування. Крім того, CIP забезпечують взаємодію між периферійними пристроями без участі центрального процесора, підвищуючи ефективність одного контролера для виконання декількох завдань.

Результатом є більш надійне керування в реальному часі, при цьому пропускну здатність процесора резервується для стеків програмного забезпечення, діагностики функціональної безпеки та функцій безпеки.

Пристрої сімейства dsPIC33A оснащені функціями безпеки флеш-пам'яті, зокрема, незмінним коренем довіри (Root of Trust), безпечним налагодженням та обмеженим доступом до пам'яті. Архітектура набору команд (Instruction Set Architecture, ISA) дозволяє використовувати програмний код, створений на основі моделей, що спрощує генерацію коду. Завдяки поєднанню цих функцій DSC dsPIC33A добре підходять для задач, що вимагають ефективного керування двигунами вентиляторів, насосів і компресорів; вони також керують цифровим перетворенням енергії для таких застосувань, як сервери штучного інтелекту та бортові зарядні пристрої в електромобілях, а також забезпечують інтерфейс

датчиків для промислових і автомобільних застосувань.

Перше сімейство контролерів dsPIC33AK128MC1xx включає 128 КБ флеш-пам'яті та широкий набір периферійних пристроїв, що пропонуються в різних корпусах, зокрема SSOP, VQFN і TQFP з кількістю виводів від 28 до 64, з розмірами корпусу всього 4 × 4 мм. Майбутні сімейства dsPIC33A з додатковою пам'яттю, периферійними пристроями та більшою кількістю виводів доповнять портфоліо.

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

## ВИСОКОПРОДУКТИВНЕ СІМЕЙСТВО КОНТРОЛЕРІВ PCIe® GEN 5 ДЛЯ ТВЕРДОТІЛЬНИХ НАКОПИЧУВАЧІВ

Бум штучного інтелекту (ШІ) і швидке розширення хмарних сервісів прискорюють потребу в більш потужних, ефективних і високонадійних центрах обробки даних. Щоб задовольнити потреби ринку, що зростають, компанія **Microchip Technology** випустила контролер **Flashtec® NVMe® 5016** для твердотільних накопичувачів (SSD). 16-канальний контролер **PCIe® Gen 5 NVM Express® (NVMe)** розроблений для забезпечення вищого рівня пропускну здатності, безпеки та гнучкості.

«Технології центрів обробки даних повинні розвиватися, щоб йти в ногу зі значними досягненнями в області штучного інтелекту і машинного навчання (ML). Наш контролер **Flashtec NVMe** п'ятого покоління розроблений для того, щоб лідувати на ринку, задовольняючи наростаючу потребу у високопродуктивних твердотільних накопичувачах з оптимізованим енергоспоживанням, — сказав Піт Хейзен (Pete Hazen), віцепрезидент підрозділу рішень для центрів обробки даних компанії **Microchip**. — Контролер **NVMe 5016** **Flashtec PCIe** може бути впроваджений в центрах обробки даних для забезпечення ефективної та безпечної роботи хмарних обчислень і критично важливих для бізнесу програм».

Контролер **Flashtec NVMe 5016** призначений для підтрим-

ки корпоративних програм, таких як обробка транзакцій в Інтернеті, обробка фінансових даних, інтелектуальний аналіз баз даних та інших застосувань, чутливих до затримок і продуктивності. Крім того, він задовольняє зростаючі потреби штучного інтелекту, забезпечуючи високу пропускну здатність для читання і запису великих масивів даних, що використовуються для навчання моделей і обробки результатів, а також високу пропускну здатність, необхідну для швидкого переміщення великих обсягів даних між сховищем і обчислювальними ресурсами. Завдяки швидкості послідовного читання понад 14 Гб в секунду контролер **NVMe 5016** максимально ефективно використовує цінні обчислювальні ресурси в традиційних серверах і серверах з прискоренням ШІ в умовах високих робочих навантажень.

Окрім підтримки новітнього стандартного інтерфейсу хоста **NVMe**, контролер **NVMe 5016** має високу продуктивність довільного читання 3.5 млн операцій вводу-виводу в секунду і профіль енергоспоживання, орієнтований на потреби чутливих до енергоспоживання центрів обробки даних, забезпечуючи більш ніж 2.5 Гб даних на ват. Контролер **NVMe 5016** використовує передові технології вузлів і включає в себе функції керування живленням, такі як автоматичний режим очікування ядер процесора і автономне зниження енергоспоживання. Для підтримки новітніх технологій флеш-пам'яті **NAND**, в тому числі технології **Quad-Level Cell (QLC)**, **Triple-Level Cell (TLC)** і **Multi-Level Cell (MLC)**, контролер **NVMe 5016** забезпечує надійний код корекції помилок (ECC). Всі операції керування флеш-пам'яттю виконуються на кристалі, споживаючи незначні ресурси хоста і пам'яті.

Гнучкість і масштабованість контролера **NVMe 5016** допомагають знизити загальну вартість експлуатації, оскільки розширені можливості віртуалізації, такі як віртуалізація вводу/виводу з одним коренем (SR-IOV), кілька фізичних функцій і кілька віртуальних функцій на одну фізичну функцію, дозволяють максималь-

но ефективно використовувати ресурси PCIe. Послідовна програмована платформа дає розробникам, які планують використовувати гнучке розміщення даних (Flexible Data Placement, FDP) в своїх SSD, можливість контролювати максимальну продуктивність, ефективність і надійність ресурсів флеш-пам'яті на твердотільних накопичувачах. У поєднанні з технологією Microchip Credit Engine для динамічного розподілу ресурсів контролер NVMe 5016 забезпечує надійну роботу умарних сервісів.

У контролер NVMe 5016 інтегровані функції безпеки, які допомагають підтримувати цілісність мікропрограми та даних протягом усього життєвого циклу — від виробництва до виведення з експлуатації. Ці функції включають безпечне завантаження з апаратним Root-of-Trust, автентифікацію з подвійним підписом для полегшення перевірки системи OEM-виробником або кінцевим користувачем, підтримку різних стандартів безпеки за допомогою різних алгоритмів автентифікації, захист даних користувача за допомогою шифрування як data-in-transit (link level),

так і data-at-rest (media level), а також складні методи керування ключами. Ці практики відповідають суворим протоколам безпеки, зокрема Федеральному стандарту обробки інформації (FIPS) 140-3, рівень 2, та стандартам Opal Групи довірених обчислень (TCG, Trusted Computing Group).

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

### АВТОНОМНИЙ ІНВЕРТОР З ЧИСТОЮ СИНУСОІДОЮ

Щоб задовольнити попит на інвертори більшої потужності, компанія MEAN WELL анонсувала серію NTN-5K: однофазних автономних (off-grid) інверторів з чистою синусоїдою потужністю 5 кВт, що мають вбудовану функцію заряджання.

Інвертори серії NTN-5K можуть працювати в 3 режимах:

- АС/DC заряджання АКБ (інвертор працює в режимі перетворення змінного струму електричної мережі в постійний струм зарядки акумуляторів);
- DC/АСперетворювач (інвертор перетворює постійний

струм від акумуляторних батарей або сонячної електростанції на змінний струм, який використовують електроприлади);

- АС байпас (інвертор пропускає струм від мережі до електроприладів і при цьому може одночасно заряджати АКБ). Ці інвертори працюють із зовнішніми сонячними панелями, використовуючи для заряджання технологію MPPT.

Основні переваги інверторів MEAN WELL NTN-5K

- вбудований високопотужний 4520 Вт АС/DC зарядний пристрій з швидким заряджанням;
- модульний дизайн з однофазним модулем на 5 кВт, що дозволяє гнучке паралельне з'єднання АС-виходів до 30 Вт (1+5 одиниць), з високою гнучкістю розширення потужності;
- корпус спроектований для вбудови у високі шафи 2U, легко і швидко монтується у стандартну 19" стійку;
- використовує 3 однофазні АС-виходи, які можуть бути об'єднані для трифазного 3Ø4W АС-виходу;

• поєднується з контролерами CMU2E, CM2E-R для комплексного моніторингу.

Інші особливості інверторів MEAN WELL NTN-5K:

- миттєва (пікова) потужність до 10 кВт;
- вбудований зв'язок;
- регульована вихідна напруга/частота;
- енергозберігаючий режим
- захист електроніки від пилу/вологи/бруд;
- дистанційне керування ввімкненням/вимкненням;
- 5 років гарантії і міжнародні сертифікації.

Основна сфера використання інверторів MEAN WELL NTN-5K — побудова систем резервного і аварійного живлення під час відключень електроенергії. Він підходить для використання в домогосподарствах, офісах, складах, транспортних засобах, човнах, віддалених гірських районах, будівельних майданчиках тощо. Може жити освітлення, комп'ютери, кондиціонери, холодильники, фени, аварійні пристрої, електроінструменти та інші прилади.

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



## Нові компактні джерела живлення потужністю 200 та 300 Вт

### Серії LOP-200/300

- Діапазон вхідної напруги 80...264 В АС та 113...370 В DC
- Активний PFC, споживання < 0.5 Вт в режимі Stand-By
- Номінальні вихідні напруги від 12 до 54 В DC
- Пікове навантаження до 150% протягом 3 секунд
- Додатковий вихід 12 В / 0.5 А
- Максимальний ККД до 94%
- Діапазон робочих температур від -40 до +80°C
- Розміри 101.6×50.8×25.4 мм
- Глобальні сертифікати безпеки IEC/EN 62368-1, 60335-1, 60601-1
- Відповідність 2×MOPP для медичних приладів Type BF

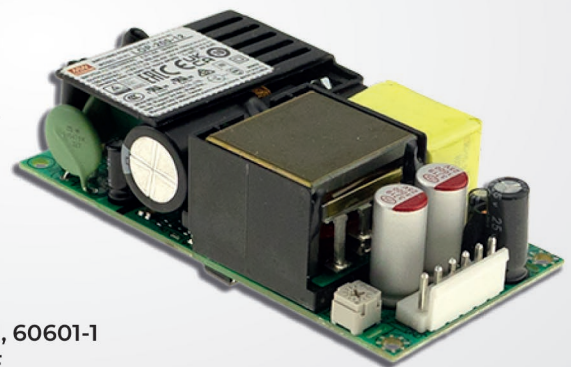
Компанія SEA — офіційний дистриб'ютор MEAN WELL на території України



**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



**МОДУЛЬ РЕЗЕРВУВАННЯ**

Компанія **Traco Power** почала серійне виробництво модулів резервування живлення TIB-REM480. TIB-REM480 — це компактні модулі резервування живлення для монтажу на DIN-рейку. Функція резервування доступна для номінальних струмів до 20 А в широкому діапазоні вхідних напруг 11–56 В. Пікові навантаження до 60 А можливі на час до 4 секунд. TIB-REM480 використовує технологію активного спіального використання для мінімізації втрат електроенергії під час нормальної роботи та в режимі відновлення після відмови. TIB-REM480 може працювати при температурах навколишнього середовища від -20 до +60 °C без зниження номінальних характеристик і без необхідності активного охолодження. TIB-REM480 спеціально розроблений, протестований і схвалений для роботи з сімейством джерел живлення TIB, що монтується на DIN-рейку.

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

**20-РІЧНА ДОСТУПНІСТЬ ТА ШИРОКИЙ ДІАПАЗОН ТЕМПЕРАТУР**

Нові PICO-AM62 та SRG-AM62 від **AAEON** пропонують економічно ефективні обчислення на базі RISC як у форм-факторі PICO-ITX, так і у формі системи edge gateway відповідно. І PICO-AM62, і SRG-AM62 оснащені процесорами Texas Instruments™ AM62x Sitara™, які в поєднанні з різноманітним вибором конфігурованих інтерфейсів роблять їх ідеальною основою для створення IoT-рішень, від автомати-

зованого контролю доступу до будівель до телематики транспортних засобів.

На основі процесорів Texas Instruments™ AM62x Sitara™, PICO-AM62 і SRG-AM62 пропонують унікальне поєднання масштабованої продуктивності Arm® Cortex®-A53, економічної ефективності та 20-річної підтримки виробництва та присутності на ринку. Використовуючи можливості платформи по обробці даних та інтегрований GPU, PICO-AM62 і SRG-AM62 сприяють рендерингу графіки, управлінню даними з датчиків і виконанню обчислювальних завдань, необхідних для створення надійних IoT-рішень, таких як цифрові кластерні пристрої.

Широкий спектр периферійних пристроїв і комунікаційних протоколів підтримується завдяки різноманітним інтерфейсам PICO-AM62 та SRG-AM62. На рівні плати та системи платформа забезпечує подвійні LAN порти з TSN для проводової мережі, підтримку камер і датчиків. Бездротовий зв'язок, такий як Wi-Fi та 4G/LTE, також доступний через міні-карти повного та половинного розміру. Обидва продукти також мають багатофункціональний I/O конектор, що пропонує функції промислового контролю, такі як RS-232/422/485, CANBus, UART, GPIO та I²C.

Незалежно від того, інтегруєте ви PICO-AM62 як окремі елемент автомобільного рішення або SRG-AM62 як монітор доступу до будівлі, новий асортимент продуктів на базі RISC від AAEON призначений для довготривалого використання. Широкий діапазон вхідної напруги 9–36 В, компактні форм-фактори та діапазон робочих температур від -40 до +85 °C

означають, що як PICO-AM62, так і SRG-AM62 здатні витримувати навантаження сучасних промислових обчислень.

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

**З'ЄДНУВАЧІ ДЛЯ ВАЖКИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Нові контактні вставки від компанії **Phoenix Contact** — HEAVYCON TSC — використовуються в комутаційних системах середньої напруги. Вони спеціально розроблені для задач з вимірювання та випробування і пропонують надійне рішення для тимчасових або постійних вставних з'єднань.

Промислові з'єднувачі забезпечують надійну передачу енергії, даних і сигналів навіть у складних умовах. Нові контактні вставки з фіксованими полюсами та модульні контактні вставки TSC тепер також можна використовувати для надійного випробування трансформаторів струму. Випереджувальне автоматичне коротке замикання трансформатора забезпечує максимальний рівень безпеки. Завдяки міцному корпусу з'єднувача і високому ступеню захисту IP вставне з'єднання також підходить для постійного використання у шафі керування. Модульні варіанти також дають змогу комбінувати різні канали передачі в одному з'єднувачі, створюючи індивідуальний компактний інтерфейс. Технологія Push-in економить час завдяки простому підключенню проводу без використання інструментів. Контактні вставки HEAVYCON TSC — це відповідь на вимоги до сучасних технологій захисту, що постійно зростають, і про-

понують перспективне рішення для фахівців з електротехніки.

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

**НОВИЙ ПРИСТРІЙ ЗАХИСТУ ВІД ПЕРЕНАПРУГ ДЛЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ**

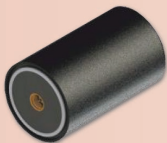
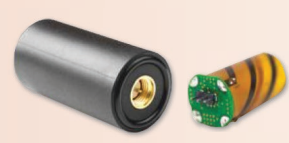
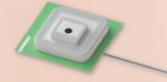


Нові пристрої захисту від перенапруг із лінійки продукції VALVETRAB SPP від **Phoenix Contact** пропонують перспективні функції монтажу та безпеки, завдяки чому вони також підходять для фотоелектричних установок.

Новий механізм роз'єднання реагує у разі перевантаження ще швидше, що забезпечує додаткову безпеку. Основне та допоміжне електричні кола тепер мають подвійну ізоляцію. Повітряні проміжки і довжина шляхів витоку досягаються завдяки подовженим гвинтовим шахтам і вставним воронкам на виробі. Завдяки цьому забезпечується також захист від дотику. Основною перевагою монтажу є зменшення моменту затягування до 3 Нм замість 4.5 Нм. Крім того, було оптимізовано індикатор стану на окремих захисних штекерах. Чіткий червоний/зелений індикатор дає змогу перевірити стан штекера на місці використання.

Фотоелектричні вироби лінійки продукції VALVETRAB SPP доступні як пристрої захисту від перенапруг типу 2 для різних рівнів напруги від 600 до 1500 В постійного струму. Крім того, доступний блискавкозахисний розрядник типу 1 на 1000 В постійного струму. Пристрої захисту від перенапруг доступні з контактом дистанційної сигналізації та без нього.

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

MAXTENA

<p><b>M7HCT-A-SMA</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Active quadrifilar helix antenna for RTK applications</li> <li>• Concurrent GNSS reception on L1: GPS, GLONASS, Galileo, Beidou L2: GPS L2C, GAL E5B, GLO L3OC L5: GPS (M8HCT-A-SMA) L-Band (M9HCT-A-SMA)</li> <li>• Rugged IP-67 rating with SMA</li> <li>• Dimensions (mm) Ø 35 x H 57</li> </ul>	<p><b>M1575HCT-22P-SMA (GG)</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• I High performance passive GPS or GPS/GLO antenna</li> <li>• Very low axial ratio</li> <li>• IP-67 mounted and unmounted</li> <li>• Ultra light weight - 10 grams</li> <li>• Ground plane independent</li> <li>• Dimensions (mm) Ø 18.5 x H 38</li> <li>• SMA connector</li> <li>• Internal version available: Ø 12.85 x H 24.30, only 2g weight</li> </ul>	
<p><b>MAXTENA MPA-254-WIFI</b></p> 	<p><b>MAXTENA MEA-2400-UWB-SM</b></p> 	<p><b>MAXTENA MEA-2400-MM</b></p> 

[WWW.MICRODIS.NET](http://WWW.MICRODIS.NET)

Роман Прокопєць – менеджер з продажу

(067) 475-81-86

[Roman.Prokopets@microdis.net](mailto:Roman.Prokopets@microdis.net)



## ВІДПОВІДНІСТЬ SEMI-F47 ДЛЯ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ

Джерела живлення Uno Power із базовим набором функцій від **Phoenix Contact** ідеально підходять для використання в компактних шафах керування завдяки високій щільності потужності. Наразі весь асортимент випробувано й підтверджено на відповідність стандарту SEMI-F47.

Лінійка виробів Uno Power характеризується ефективною технологією в компактному корпусі, низькими втратами на холостому ході й високим рівнем ККД. Загалом 24 пристрої з вихідною напругою від 5 до 48 В постійного струму представлені у восьми варіантах конструкції й розраховані на навантаження від 25 до 960 Вт. Стандарт SEMI-F47 визначає мінімальні вимоги до стійкості до перепадів напруги для напівпровідникового обладнання для обробки, вимірювання та автоматизованого тестування. Джерела живлення як компоненти цих пристроїв мають відповідати цим мінімальним вимогам щодо стійкості до перешкод. Якщо блок живлення сертифікований відповідно до SEMI F47, він буде надійно пра-

цювати навіть за короткочасних падінь напруги. Стандарт допоміг уникнути часу простою заводів і обладнання, що дорого коштує. Його впроваджують майже всі виробники напівпровідникових інструментів, тому він набуває дедалі більшого значення в усьому світі. Пристрої 1-го та 2-го покоління тепер відповідають цьому новому стандарту й тому підходять для напівпровідникової промисловості.

Різноманіття виробів і широкий температурний діапазон від  $-25$  до  $+70$  °C (запуск пристрою за температури  $-40$  °C) роблять можливим гнучке застосування джерел живлення. Пристрої також характеризуються особливо високою вібробійкістю, а також високою електромагнітною сумісністю. Пристрої потужністю від 25 до максимум 90 Вт також сертифіковані за стандартом UL 1310/508, клас 2.

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

### КОМПАКТНИЙ ЗАРЯДНИЙ КАБЕЛЬ CCS ТИПУ 1

Лінійку зарядних кабелів постійного струму CHARX con-

nect compact від **Phoenix Contact** доповнено новим класом потужності 125 кВт.

Нові зарядні кабелі CCS стандарту заряджання типу 1 завдяки потужності заряджання до 125 кВт підходять для невеликих зарядних станцій постійного струму та домашніх зарядних станцій постійного струму. Вони мають ергономічний дизайн і компактні розміри й були послідовно розроблені для автопарків і застосування у громадському/комерційному секторі.

Концепція герметизації штекера для системи заряджання постійним струмом забезпечує комфортне й безпечне використання просто неба, так само як і підвищена гнучкість кабелю, що покращує зручність його використання, особливо в холодну погоду.

Вбудовані датчики для вимірювання температури дають змогу точно вимірювати температуру на силових контактах штекера для системи заряджання постійним струмом — процес заряджання можна перервати у разі перегріву, щоб захистити користувачів від небезпеки, а зарядну станцію — від пошкоджень.

Завдяки цьому розширенню лінійки продукції Phoenix Contact дає змогу розбудувати інтелектуальну та мережеву інфраструктуру зарядки: CHARX connect compact підтримує системи Vehicle-to-Grid (від автомобіля до мережі) (V2G) та Vehicle-to-Home (від автомобіля до будинку) (V2H) і, таким чином, ефективно використовує енергію з відновлювальних джерел.

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

### ХВИЛЯ ОНОВЛЕНЬ У 2024 РОЦІ

Компанія **Advantech** анонсувала хвилю оновлень у 2024 р. Зокрема, широкий спектр платформ, включно з промисловими материнськими платами ATX, повнорозмірними одноплатними комп'ютерами (SBC) PICMG 1.3, модульними IPC і компактними IPC, буде оновлено до найновіших процесорів Intel® Core™ i9/i7/i5/i3 14-го покоління з 24 ядрами та 32 потоками, що значно збільшить обчислювальну продуктивність на 23% за максимальної частоти турбо до 5.6 ГГц.



Китай «АНЬЗА» [www.asanza.com](http://www.asanza.com)

Ваш надійний партнер і друг у Китаї!

## ПІЛЬГОВІ УМОВИ ЩОДО ОПЛАТИ!

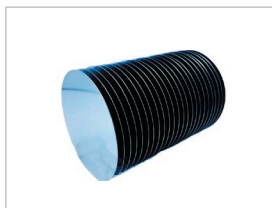
Компанія "Аньза" (Китай) вже понад 20 років спеціалізується на міжнародній торгівлі. Сьогодні з нашою компанією співпрацюють понад 400 партнерів з більш ніж 20 країн світу. Ми пропонуємо завжди вигідні умови щодо оплати завдяки тісній співпраці з державними банками. Як член китайської електротехнічної та енергетичної асоціації, ми маємо широкі зв'язки з виробниками електротехніки та енергетики, тому зможемо постачати Вам товари від різних виробників, різних брендів і в широкому асортименті відповідно до Ваших вимог. Ми можемо запропонувати Вам різноманітні способи щодо доставлення та допомогу в розмитненні.

Ми готові з усіма нашими партнерами разом знайти різні варіанти співпраці!

### Силова електроніка



Комплектація до приладів



Пластини кремнієві

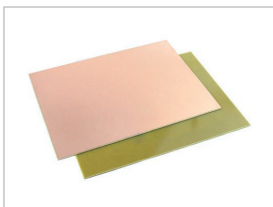


Автомат для пресування



Автомат для полірування пластин

### Мікроелектроніка та витратні матеріали



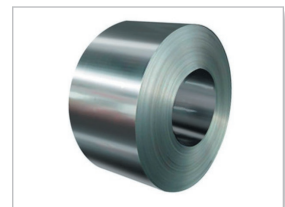
FR4 плати



Контактувальний пристрій



Підружнені контакти



Матеріали з металу

E-mail: [sonia1102@163.com](mailto:sonia1102@163.com) (Соня)

Тел.: +86-412-8518128 / +86-15042320637

Ці системи ідеально підходять для модернізації «розумних» фабрик і автоматизації машин, машинного зору, транспорту і граничних застосувань штучного інтелекту.

Процесори Intel® Core™ 14-го покоління мають гібридну архітектуру, що об'єднує до 8 продуктивних ядер (P-ядер) для консолідації робочих навантажень і до 16 ефективних ядер (E-ядер) для ефективного керування фоновими завданнями та багатозадачністю. Крім того, підтримується до 192 Гб пам'яті DDR5 зі швидкістю до 5 600 МТ/с (один модуль DIMM на канал) для високої пропускної спроможності та підвищення продуктивності, а також підтримка DDR4 зі швидкістю до 3200 МТ/с. Завдяки інтеграції вводу/виводу нового рівня процесори Intel® Core™ 14-го покоління також пропонують до 16 ліній PCIe 5.0/20 ліній PCIe 4.0 для прискореного опрацювання даних і швидкого обміну даними, забезпечуючи гнучкість платформ для роботи з великою кількістю застосунків одночасно.

Компанія Advantech пропонує широкий вибір платформ, призначених для використання потужності процесорів Intel® Core™ 14-го покоління. Основні материнські плати ATX, серії AIMB-788E, AIMB-788 і AIMB-708 оновлені до процесорів Intel® Core™ 14-го покоління для підвищення обчислювальної продуктивності.

Плата AIMB-788E оснащена 2 x PCIe x16, 2 x PCIe x8, 2 x PCIe x4 і одним слотом PCIe x1, що забезпечує гнучкі можливості розширення, включно з високопродуктивними відеокартами і картами захоплення кадрів. Підтримка високошвидкісних модулів пам'яті DDR5 забезпечує AIMB-788E швидшу передачу даних і багатозадачність. Серії AIMB-788 і 708 також оснащені численними сло-

тами розширення, інтерфейсом M.2 (NVMe) і пам'яттю DDR4-3200, що забезпечує розширюваність та ефективність для задоволення широкого спектра застосунків у сфері промислової автоматизації, AOI (автоматизована оптична інспекція) та AI/AOI, які потребують безперешкодної модернізації, довгострокової підтримки, перевіреної надійності та суворого контролю ревізій. Оновлення також включає PCE-5133 і PCE-5033 — повнорозмірні одноплатні комп'ютери PICMG 1.3 з декількома об'єднаними платами, різноманітними входами/виходами і різними слотами розширення, які забезпечують неперевершену гнучкість і продуктивність.

Це велике оновлення також поширюється на MIC-770 V3, IPC-320 і PCE-2133/2033.

MIC-770 V3 — це вбудований блокувальний IPC з високою продуктивністю, модульною і безвентиляторною конструкцією, який ідеально підходить для розгортання у важких промислових умовах.

IPC-320 — компактний корпусний ПК з великою кількістю входів/виходів і низьким рівнем шуму (34 дБ) для безшумної роботи, що забезпечує стабільне рішення консолі управління для заводів.

PCE-2133 і PCE-2033 — компактні материнські плати в комплекті з ультракомпактними шасі серії IPC-200 (IPC-220/240/242), призначені для машинного зору та керування рухом у виробництві обладнання та напівпровідниковій промисловості.

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

**НОВЕ СІМЕЙСТВО ПРОДУКТІВ COOLGaN™ DRIVE**

Як у побутовій електроніці, так і в промисловому застосуванні на

перший план виходять різні тенденції, такі як портативність, електрифікація та зменшення ваги. Всі ці тенденції вимагають компактних та ефективних конструкцій. Вони також йдуть пліч-о-пліч з нетрадиційними конструкціями друкованих плат з жорсткими обмеженнями простору, які зменшують використання зовнішніх компонентів. Для вирішення цих завдань **Infineon Technologies AG** доповнила свій портфель GaN-технологій сімейством продуктів CoolGaN™ Drive. Воно складається з однокристальних перемикачів CoolGaN Drive 700 V G5, що об'єднують один транзистор і драйвер затвора в корпусах PQFN 5x6 і PQFN 6x8, а також пристроїв CoolGaN Drive HB 600 V G5, що поєднують два транзистори з інтегрованими драйверами затвора з високим і низьким боками в корпусі LGA 6x8. Нове сімейство продуктів дозволяє підвищити ефективність, зменшити розмір системи та загальну економію коштів. Це робить їх придатними для використання в електровелосипедах, портативних електроінструментах і легких побутових приладах, таких як пилососи, вентилятори та фени.

Сімейство CoolGaN Drive пропонує широкий асортимент одинарних перемикачів і напівмостів з інтегрованими драйверами на базі нещодавно анонсованих транзисторів CoolGaN 650 V G5. Залежно від групи продуктів, компоненти оснащені bootstrap-діодом і характеризуються вимірюванням струму без втрат, а також регульованим часом увімкнення і вимкнення dV/dt. Вони також забезпечують функції захисту OCP/OTP/SCP. Як результат, пристрої забезпечують вищі частоти перемикання, що дозволяє створювати компактніші

та ефективніші системні рішення з високою питомою потужністю. Водночас знижується вартість матеріалів (Bill of Materials, BoM). Це не тільки зменшує вагу системи, але й зменшує викиди вуглекислого газу.

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

**ВИСОКОПРОДУКТИВНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИЛОВІ МОДУЛІ**

Компанія **Infineon Technologies AG** розширила сімейство продуктів 7-го покоління TRENCHSTOP™ IGBT7 серією інтелектуальних силових модулів (Intelligent Power Modules, IPM) CIPOS™ Maxi для малопотужних електроприводів. Нова серія IM12BxxxС1 базується на новому транзисторі TRENCHSTOP IGBT7 1200 В і технології швидких діодів EmCon 7. Завдяки новітній технології мікрорельєфних каналок, забезпечується виняткова керуваність та продуктивність. Це призводить до значного зменшення втрат, підвищення ефективності та більшої густини потужності. Асортимент включає три нові продукти у варіантах від 10 до 20 А для номінальної потужності до 4.0 кВт: IM12B10CC1, IM12B15CC1 та IM12B20EC1.

Серія IM12BxxxС1 виконана в корпусі DIP 36x23D. Він інтегрує різні компоненти живлення і керування для підвищення надійності, оптимізації розміру друкованої плати і зниження вартості системи. Це робить її найменшим корпусом для IPM на 1200 В з найвищою густиною потужності й найкращою продуктивністю у своєму класі. Серія IM12BxxxС1 особливо добре підходить для малопотужних приводів, таких як двигуни, насоси, вентилятори та кондиціонування повітря.

Нова серія IPM має ізолюваний дворядний литий корпус, що забезпечує чудові теплові характеристики та електричну ізоляцію. Він також відповідає вимогам щодо електромагнітної сумісності та захисту від перевантажень, які висувуються до складних конструкцій. На додаток до функцій захисту, IPM оснащений незалежним температурним терморезистором, сертифікованим UL. CIPOS™ Maxi оснащений надійним 6-канальним драйвером вентилів SOI, який забезпечує вбудований час очікування для запо-

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

# K206

## Електронні компоненти

Все для виробництва та ремонту зі складу та на замовлення

[www.k206.net](http://www.k206.net)

+38 096 77-99-665



бігання пошкодженням від перехідних процесів. Він має блокування за низькою напругою на всіх каналах і вимикання за надмірним струмом. Завдяки багатофункціональним виводам цей ІРМ забезпечує високу гнучкість проектування для різних застосувань. Нижні виводи емітера доступні для моніторингу всіх фазних струмів, що полегшує керування пристроєм.

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

### ЕТАЛОННА ПЛАТА 750-ВАТНОГО МОТОРНОГО ПРИВОДУ

Еталонний дизайн моторного приводу EVLDRIVE101-HPD (High Power Density) від **STMicroelectronics** містить 3-фазний драйвер вентилів, мікроконтролер STM32G0 і силовий каскад потужністю 750 Вт на круглій друкованій платі діаметром всього 50 мм. Плата має надзвичайно низьке енергоспоживання в сплячому режимі, менше ніж 1 мкА, а її мініатюрні розміри дозволяють розміщувати її безпосередньо в таких пристроях, як фени, ручні пилососи, електроінструменти та

вентилятори. Вона також легко вписується в дрони, роботи та приводи промислового обладнання, такого як насоси та системи автоматизації технологічних процесів.

Побудована на основі надійного і компактного 3-фазного драйвера вентилів STDRIVE101, еталонна конструкція забезпечує гнучкість у виборі стратегії керування двигуном, наприклад, трапецієподібне або орієнтоване по полю керування (Field Oriented Control, FOC), з сенсорним або безсенсорним визначенням положення ротора. Мікросхема STDRIVE101 містить три напівмосту з вихідним/вихідним струмом 600 мА і працює в діапазоні напруг від 5.5 до 75 В для роботи з будь-якими низьковольтними пристроями. В мікросхемі реалізовано регулювання напруги для драйверів високовольтних і низьковольтних затворів і конфігурований захист від моніторингу напруги стоку-джерела (Vds). Він також має зовнішній вивід для вибору прямих входів високого і низького рівнів або ШІМ-керування.

Для взаємодії з мікроконтролером розробники можуть скористатися однопровідним інтер-

фейсом налагодження (SWD, Single Wire Debug) STM32G0, а підтримка прямого оновлення прошивки дозволяє вносити виправлення помилок і нові функції.

Силовий каскад EVLDRIVE101-HPD має 60 В STripFET F7 MOSFET STL220N6F7, які зберігають ефективність при типовому  $R_{ds(on)}$  1.2 МОм, що полегшує підключення двигуна за принципом «plug-and-play». Додаткові функції містять схему швидкого ввімкнення, яка відключає джерело живлення під час простою для економії енергії та подовження терміну служби в системах з живленням від акумулятора. Захист, вбудований в мікросхему драйвера, забезпечує безпеку та ефективність системи, зокрема моніторинг Vds MOSFET силового каскаду, а також блокування при зниженій напрузі (UVLO), захист від перегріву та запобігання перехресної провідності.

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

### АС/DC ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО МОНТАЖУ

Компанія **RECOM** повідомила, що її популярна та економічно

вигідна серія мініатюрних АС/DC перетворювачів RAC03-K тепер доступна у форматі SMT.

Пристрої серії RAC03-K/SMT працюють від універсального входу 85–265 В змінного струму (або 120–370 В постійного струму) і забезпечують вибір регульованих виходів 3.3, 5, 12, 15, 18 або 24 В постійного струму потужністю 3 Вт безперервної роботи при температурі навколишнього середовища до 60 °C (50 °C для варіантів 3.3 і 4 В).

Займаючи площу близько 1", або всього 27.7 × 27.83 мм, включаючи SMT-виводи типу «крило чайки», герметичні деталі мають висоту 19 мм і можуть бути перепаяні за допомогою стандартного паяльного профілю JEDEC.

Посилена ізоляція відповідає загальним стандартам безпеки IEC/EN/UL62368-1, EN60335-1 і IEC61558-1, а серія має клас II «Обмежене джерело живлення» і OVC II на висоті до 6000 м (IEC 60335-1). Для використання без зовнішніх компонентів дотримані обмеження щодо рівня електромагнітних завад класу В, а



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



споживання енергії в режимі холостого ходу зазвичай становить 100 мВт, що забезпечує найкращі показники екологічності та екодизайну.

Серія RAC03-K/SMT відрізняється вдосконаленою схемою технікою і конструкцією корпусу для високоефективної роботи, що відображається в середньому часі напрацювання на відмову (MTBF) майже 2 млн годин за температури 25 °C відповідно до MIL-HDBK-217, умови GB, температура навколишнього середовища 25 °C. Водночас компоненти надійно захищені від несправностей завдяки вбудованому захисту від перевантаження по струму та короткого замикання.

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

**ЧИП, ЩО ПЕРЕТВОРЮЄ ДУМКИ НА ТЕКСТ ІЗ ТОЧНІСТЮ 91 %**

Швейцарські вчені зробили значний крок уперед у роботі інтерфейсів мозок-комп'ютер (ІМК). Команда дослідників із Вищої технічної школи

Лозанни створила мініатюрний чип, який здатен перетворювати мозкову активність на текст із високою точністю.

Пристрій MiBMI складається з двох тонких чипів загальною площею лише 8 квадратних міліметрів. Це значно менше за розміри чипа Neuralink Ілона Маска, який сягає приблизно 23 x 8 мм.

MiBMI відрізняється низьким енергоспоживанням, мінімальною інвазивністю та здатністю обробляти дані в режимі реального часу. На відміну від Neuralink, який потребує вживлення 64 електродів у мозок та обробляє дані через зовнішній додаток, швейцарський чип є повністю інтегрованою системою.

Принцип роботи пристрою полягає в моніторингу електричної активності мозку. Чип інтерпретує сигнали, які виникають, коли людина уявляє написання літери, і перетворює їх на текст. Хоча MiBMI ще не випробували на людях, під час тестів на реальних нейронних записих він досяг точності 91% у перетворенні мозкової активності на текст.

Успіх нового чипа частково пов'язаний з інноваційним підходом до зчитування мовних сиг-

налів мозку. Дослідники виявили специфічні нейронні маркери, які активуються, коли пацієнт уявляє написання кожної літери. Ці маркери, названі особливими нейронними кодами (DNC), стали своєрідним стенографічним записом для кожної літери.

Система DNC дає змогу чипу обробляти лише маркери, а не тисячі байтів нейронних даних, пов'язаних з уявленням кожної літери. Це значно зменшило розмір чипа та його енергоспоживання. Науковці вважають, що така система також скоротить час навчання для людей, яким встановлять чип.

MiBMI наразі здатен розпізнавати 31 різний символ, що є рекордом для подібних інтегрованих систем. Дослідники планують збільшити цю кількість до 100 символів.

<https://newatlas.com/>

**НОВИЙ СВІТЛОПОГЛИНАЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ**

Дослідники з Оксфордського Університету розробили над-

тонкий шар матеріалу, який можна наносити на дахи, автомобілі та навіть телефони для перетворення їх на сонячні панелі.

Цей ультратонкий і гнучкий матеріал складається із шарів світлопоглинальних перовскітів товщиною трохи більш ніж один мікрон. Новий матеріал у 150 разів тонший за традиційну кремнієву пластину й забезпечує на 5% вищу енергоефективність порівняно з одношаровими кремнієвими фотоелементами.

Доктор Шауфен Ху (Shaufeng Hu), постдокторант фізичного факультету Оксфорда, вважає, що цей підхід дасть змогу фотоелектричним пристроям досягти значно вищої ефективності — понад 45%.

Нова технологія може також знизити вартість сонячної енергії. Завдяки тонкості та гнучкості матеріалу його можна наносити практично на будь-яку поверхню, що зменшує витрати на будівництво та встановлення та може збільшити кількість сонячних електростанцій. Однак ця технологія все ще перебуває на стадії досліджень.

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

**eSUN®**

**Філаменти для 3D-друку**

<https://altwaylab.com/>

# НВП «ТЕХНОСЕРВІСПРИВІД»

Авторизований сервіс-партнер Danfoss Drives в Україні

[www.semismart.com.ua](http://www.semismart.com.ua), [semikron@ukr.net](mailto:semikron@ukr.net), [service\\_danfoss@ukr.net](mailto:service_danfoss@ukr.net)  
(044) 458 47 66, (067) 463 46 62, (095) 284 96 62



Офіційний представник в Україні



## 7-е покоління IGBT

Новий еталон  
для електроприводів

[www.semikron-danfoss.com](http://www.semikron-danfoss.com)

GENERATION  
IGBT  
7

Компанія Semikron Danfoss пропонує вам IGBT-транзистори 7-го покоління, розроблені спеціально для потреб електроприводів.

Вища питома потужність, нижча загальна вартість системи та більша ефективність – переваги говорять самі за себе.

### Особливості

Нижча напруга насичення  $V_{ce,sat}$

Підвищена здатність витримувати перевантаження до 175 °C

Втрати на комутацію і  $dv/dt$  оптимізовані для електроприводів

На 35% менший розмір корпусу, вища густина потужності в існуючих корпусах

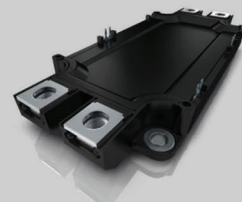
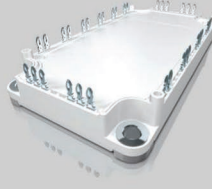
До 20% більша вихідна потужність або на 20% менші втрати потужності



Приводи з низьким енергоспоживанням  
SEMITOR E1/E2: 0.37–30 кВт



Приводи малої та середньої потужності  
MiniSKiIP: 0.37–110 кВт, SEMIX 6 Press-Fit: 15–75 кВт



Приводи середньої та великої потужності  
SEMIX 3 Press-Fit: 55–250 кВт



# Semikron Danfoss: зарядні пристрої для електромобілів

Переклад та редагування: Володимир Павловський, к.т.н, с.н.с.,  
Інститут електродинаміки (ІЕД) НАН України

## В статті розглянуто рішення компанії Semikron Danfoss для зарядних пристроїв для електромобілів.

Однією з основних вимог для широкого використання електромобілів є наявність доступної інфраструктури для їх заряджання. Уряди багатьох країн та бізнес-компанії по всьому світу інвестують в інфраструктуру зарядних станцій, причому зростає тенденція до двонаправленого заряджання.

Ключем до успіху на ринку зарядних пристроїв для електромобілів, що швидко зростає, є їх доступність і вартість. Як фахівець у галузі силової електроніки, компанія Semikron Danfoss використовує найсучасніші топології зі стандартними компонентами, що гарантує їх відмінну ефективність і доступність. Також компанія пропонує широкий асортимент продуктів, які відповідають потребам обладнання для швидкого заряджання з потужністю від 8 кВт до мегават.

В першу чергу до зарядних пристроїв для електромобілів слід віднести:

- індивідуальні зарядні пристрої постійного струму;
  - зарядні пристрої для автопарків;
  - зарядні пристрої на автозаправках чи вздовж доріг;
  - зарядні пристрої для великовантажних автомобілів.
- Вони мають наступні характеристики:
- компактні конструкції та висока питома потужність;
  - висока надійність для скорочення часу простою;
  - перспективні топології;
  - висока ефективність.

Продукція, рекомендована для використання у зарядних пристроях для електромобілів:

- модулі SEMiTOP E;
- модулі SEMiX 2;

- модулі SEMiX 5;
- модулі SEMiX 3 Press-Fit;
- модулі SEMITRANS Classic;
- модулі SEMIPACK;
- драйвери;
- блоки силової електроніки.

### НАЙКРАЩИЙ ПАРТНЕР ДЛЯ СИЛОВИХ МОДУЛІВ З КАРБІДУ КРЕМНІЮ

Употужних зарядних пристроїв для електромобілів застосування карбіду кремнію забезпечує свободу дизайну для сучасної силової електроніки. Пристрої з карбідом кремнію мають надзвичайно низькі втрати при перемиканні, що забезпечує меншу потребу в охолодженні силових модулів та підвищує ефективність їх роботи. Результатом є менші та легші перетворювачі енергії, а також зменшення споживання енергії.

Стандартні для промисловості типи силових модулів SEMiTOP E1 (рис. 1) і E2 (рис. 2) мають високі теплові характеристики та низьку індуктивність розсію-

вання. Стандартні конфігурації контактів у модулях дозволяють використовувати різні варіанти для забезпечення безпечності ланцюга постачання (рис. 3).

*Основні характеристики:*

- швидке перемикання SiC-модулів зменшує втрати, спрощуючи охолодження;
- кілька незалежних постачальників чипів для підвищення безпеки всього ланцюга постачання;
- матрична схема розташування отворів для гнучкої топології та низької індуктивності;
- 3-рівнева топологія TNPC дозволяє зменшити розмір і вартість магнітних елементів.

### ПРОМИСЛОВИЙ СТАНДАРТ У ПОЄДНАННІ З ЧУДОВОЮ ПРОДУКТИВНІСТЮ

Швидкі зарядні пристрої постійного струму вимагають високої потужності PFC, DC/DC і вихідного випрямляча; усі вони доступні у конфігураціях SEMiTOP E1/E2. Завдяки конструкції з низькою індуктивністю можна повністю використати потенціал чипів на основі Si та SiC, що швидко перемикаються. За допомогою цього промислового стандартного модуля ви можете забез-

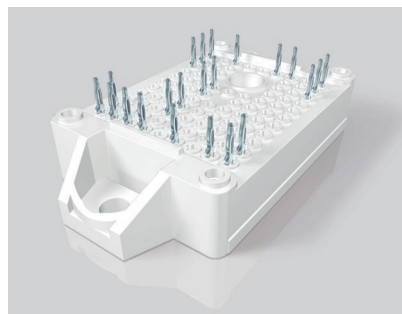


Рис. 1. SEMiTOP® E1, потужність до 45 кВт

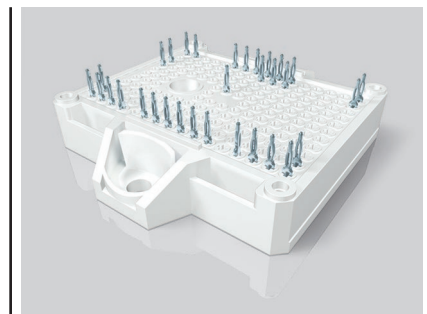
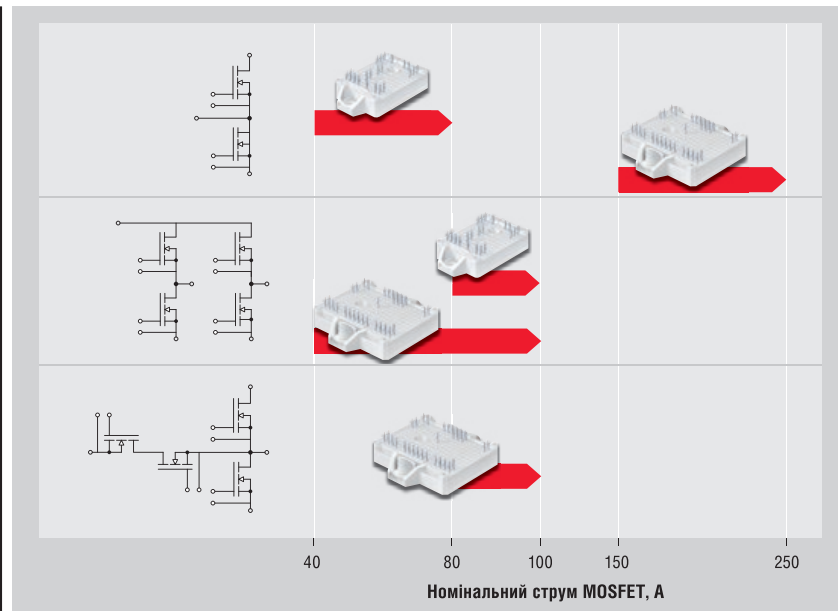
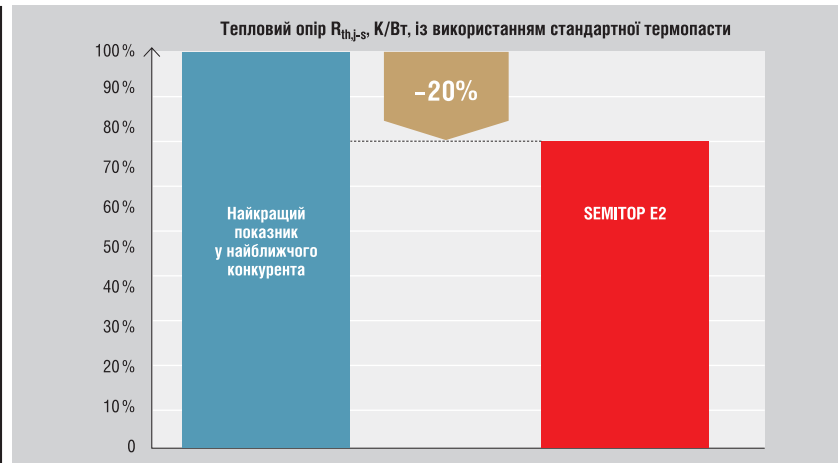


Рис. 2. SEMiTOP® E2, потужність до 120 кВт





**Рис. 3.** Рекомендована топологія модулів для використання в зарядних пристроях в залежності від струму



**Рис. 4.** При використанні стандартної термопасту тепловий опір модулів на основі SiC на 20% менший, ніж у найближчого конкурента

печити безпеку ланцюга постачання в широкому діапазоні топологій.

Тепловий опір модулів на основі SiC на 20% нижчий, ніж у найближчого конкурента, який використовує стандартну термопасту (рис. 4). Використання високоефективної термопасту (*High Performance Thermal Paste, HPTP*) дозволяє додатково зменшити тепловий опір модулів на 25%.

*Основні характеристики:*

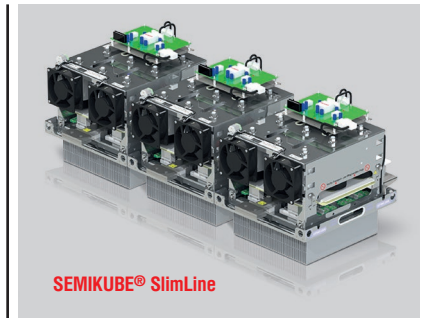
- конструкція з низькою індуктивністю;
- кілька постачальників, починаючи з чипа;
- оптимізований монтаж;
- гнучка архітектура;
- 2-гвинтова концепція;
- притисні клеми;
- висота модуля 12 мм;
- без базової плити.

## СИЛОВІ ЕЛЕКТРОННІ БЛОКИ, ПОВНІСТЮ АДАПТОВАНІ ДО ВАШИХ КОНКРЕТНИХ ПОТРЕБ

### Стандартні блоки

Всі силові електронні блоки дозволяють клієнтам компанії Semikron Danfoss досягати успіху на динамічних ринках і вирішувати будь-які глобальні завдання. Компанія постачає блоки, які містять випрямлячі, IGBT- та SiC-модулі для напруг змінного струму від 380 до 690 В. Стандартні блоки Semikron Danfoss охоплюють діапазон вихідного струму від 70 до 4000 А:

- блоки IGBT з водяним охолодженням:
  - SEMISTACK RE;
  - SEMICUBE MLI;
- блоки IGBT з повітряним охолодженням:



**Рис. 5.** Набір силових IGBT-модулів з повітряним охолодженням

- SEMIKUBE;
- SEMIKUBE SlimLine (рис. 5);
- блоки з діодами/тиристорами:
- SEMISTACK CLASSIC B6U/B6C/W3C.

### Індивідуальні блоки

Окрім стандартних блоків, компанія Semikron Danfoss має величезний досвід у розробці індивідуальних рішень для клієнтів. В її технологічних центрах по всьому світу працюють інженери, що можуть запропонувати конкретні рішення шляхом адаптації існуючих платформ або розробки індивідуальних перетворювачів.

Співпраця з компанією Semikron Danfoss надає клієнтам чотири ключові переваги для їхнього успіху:

- найкоротший час виходу на ринок;
- економія витрат на дослідження та розробку, виробництво та випробування;
- глобальний характер виробництва блоків Semikron Danfoss по всьому світу;
- висококваліфікована команда інженерів з величезним досвідом роботи.

## СИЛОВІ МОДУЛІ ДЛЯ ЗАРЯДНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Силові модулі для зарядних пристроїв для електромобілів наведені на рисунку 6.

### IGBT-ДРАЙВЕРИ

Унікальний асортимент продукції компанії Semikron Danfoss забезпечує доступ до всіх відомих галузей промисловості за допомогою універсального рішення, яке поєднує найсучасніші силові модулі та електроніку драйверів.

IGBT-драйвери компанії Semikron Danfoss доступні у вигляді двоканальних

**SEMIPACK®**

Від 800 до 2200 В

**Біполярні модулі від лідера ринку**

6 типорозмірів корпусів SEMIPACK від 1 до 6

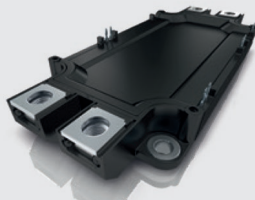
Від 800 до 2200 В: від 20 до 1360 А

Діодні та тиристорні чипи Semikron Danfoss

Діод і тиристор в некерованій, напівкерованій та повністю керованій топологіях

Різні технології для різних конфігурацій: високонадійний притисковий контакт або економічні модулі, що використовують дротяне під'єднання

Покращена напруга ізоляції 4.8 кВ/1 с; доступний за запитом

**SEMiX® 3 Press-Fit**

Від 100 до 400 кВА

**Перевищення стандарту для досягнення надзвичайної продуктивності**

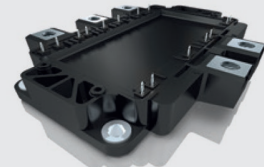
Промисловий стандарт, що використовує технологію притискових клем з корпусом висотою 17 мм

650 В/1200 В/1700 В IGBT: від 225 до 900 А  
1200 В Hybrid SiC: 600 А

Напівмостова та розділена топології NPC

Безпосереднє складання драйвера з силовими чипами

Поставляється із вбудованим шунтовим резистором

**SEMiX® 5**

Від 50 до 150 кВт

**Розширений стандарт для досягнення чудових теплових і динамічних характеристик**

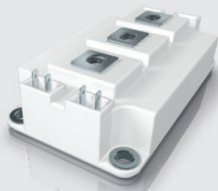
Силовий модуль з базовою плитою промислового стандарту

650 В/1200 В/1700 В IGBT: від 150 А до 400 А  
1200 В Hybrid SiC: 600 А

Топології Sixpack, NPC, TNPC, PFC і напівкерованих мостових випрямлячів

Оптимізоване розташування модулів для максимальної тепловіддачі

Покращені теплові та електричні характеристики діода

**SEMITRANS® Classic**

Від 50 до 600 кВА

**Перевірений корпус для силової електроніки**

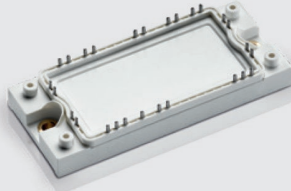
Надійний корпус 6 типорозмірів промислового стандарту для різних постачальників чипів

600 В/650 В/1200 В/1700 В IGBT: від 50 до 900 А;  
1200 В SiC: від 125 до 500 А

Напівмостова топологія з одним ключем і гальмівним переривачем

Деякі незалежні постачальники чипів для IGBT- та SiC-модулів

Розширене портфоліо на висоту 62 мм:

IGBT-модуль на напругу 1200 В та струм 800 А  
IGBT-модуль на напругу 1700 В та струм 500 А**SEMiX® 2**

До 50 кВт

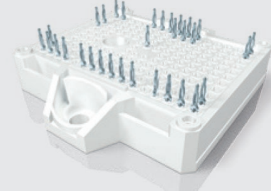
**Промисловий стандарт для заряджання електромобілів**

Використання технології притискових клем

SiC MOSFET-модулі 3-го покоління на напругу 1200 В, струм 130 А та опір 8 мОм

Топологія Н-мосту

Промисловий стандартний набір корпусів для різних постачальників чипів

**SEMITOP® E**

Від 8 до 120 кВт

**Гнучке з'єднання контактів провідниками, що забезпечують низьку індуктивність**

Силовий модуль промислового стандарту без базової плити

Притискові клеми для з'єднання з друкованою платою без паяння

650 В/1200 В IGBT: від 10 до 200 А  
1200 В SiC: від 30 до 250 А

3-рівнева, Н-мостова, напівмостова, Вієна (Vienna) та випрямна топології

Оптимізована концепція монтажу та попередньо нанесена високоєфективна термопаста або високоєфективний матеріал зі змінною фазового стану

М'яке та швидке перемикання 650 В IGBT S5 та H5

**Рис. 6. Силові модулі для зарядних пристроїв для електромобілів**

пристроїв, які підходять для будь-якого стандартного напівпровідникового модуля живлення, або як рішення Plug-and-Play, які ідеально підходять для модулів SEMiX 3 Press-Fit, SEMITRANS 10 і сумісних з ними модулів (рис. 7).

**Економічна ефективність**

Досягніть виняткової компактності системи та створіть компактні та економічно ефективні конструкції інверторів за допомогою драйверів компанії Semikron Danfoss, використовуючи технологію високої інтеграції ASIC. Ізольовані сигнали датчика температури та напруги кола постійного струму на інтерфейсі драйвера, і блокування від перенапруги та перегріву також допомагають значно знизити витрати на систему.

**Економія часу**

Понад 25 років досвіду в розробці інноваційної електроніки IGBT-драйверів дозволяє компанії Semikron Danfoss швидко знайти рішення майже для будь-якої проблеми, пов'язаної з схематикою драйверів. Драйвери Plug-and-Play напругу підключаються до більшості стандартних модулів IGBT. Ядра IGBT-драйверів підходять до адаптерних або базових друкованих плат. Для останнього випадку компанія надає всі виробничі дані, щоб скоротити час розробки та прискорити час виходу на ринок.

**Надійність**

Драйвери SKYPER — це добре відомі стійкі та надійні IGBT-драйвери, що працюють у складних умовах навколиш-

нього середовища. Впродовж багатьох років експлуатації фірмова технологія драйвера IGBT невпинно вдосконалювалася. Ця технологія встановлює нові стандарти основних методів безпечного керування затвором, надійного захисту затвору та посиленої ізоляції.

**Компактна конструкція**

Технологія SKIC ASIC від Semikron Danfoss забезпечує дуже компактну конструкцію системи з мінімальною кількістю периферійних компонентів. Завдяки високоінтегрованій обробці сигналу та багатоканальній обробці збоїв ASIC забезпечують надійне керування затвором.

**Основні характеристики:**

- посилена ізоляція у колах передачі сигналу та живлення;



Рис. 7. IGBT-драйвери

- двоканальний драйвер;
- стійкість до сплесків напруги з амплітудою до 1700 В у мережі електроживлення;
- напруга до 1500 В шини постійного струму;
- амплітуда струму від 8 до 35 А на один канал;
- пікова потужність від 1 до 4.2 Вт на один канал;
- підходить для багаторівневих топологій та IGBT 7-го покоління.

### ЗАЛИШАЙТЕСЯ ХОЛОДНИМИ: РОЗСІЮВАННЯ ТЕПЛА — НАША РОБОТА

Компанія Semikron Danfoss була першим виробником силових модулів на ринку електроніки, який запропонував силові модулі з попередньо нанесеним термоінтерфейсним матеріалом (*Thermal Interface Material, TIM*). Зараз вона має понад два десятиліття досвіду та понад 30 мільйонів попередньо надрукованих (*Pre-Printed*) модулів у цій галузі.

Компанія Semikron Danfoss розробляє шаблони друку для кожного типу

модуля, щоб одержати найкращий розподіл і товщину TIM, коли модуль встановлюється на радіаторі. Ці шаблони друкуються на модулях у спеціально очищеному середовищі на автоматизованій лінії шовкографії та трафаретного друку. Для забезпечення рівномірності нанесення шаблонів використовується статистичний контроль процесу (*Statistical Process Control, SPC*). Спеціальна упаковка гарантує, що TIM надійде на вашу виробничу лінію в бездоганному стані.

Компанія Semikron Danfoss пропонує термопасту або матеріал для зміни фазового стану залежно від вимог клієнта (наприклад, підвищення продуктивності, зменшення зусиль при транспортуванні) і типу модуля (з базовою плитою або без неї). Надійному монтажу модулів без базової плити сприяє матеріал з низькою в'язкістю, такий як термопаста. Високоєфективна термопаста (*High Performance Thermal Paste, HPTP*) добре підходить для цього та завдяки оптимізованому вмісту наповнювача забезпечує найкращі в своєму класі теплові характеристики (рис. 8).

Крім того, для полегшення роботи під час складання перетворювачів

більшість силових модулів також можуть поставлятися з попередньо нанесеним матеріалом для зміни фазового стану (*Phase Change Material, PCM*). Згадані вище матеріали мають тверду консистенцію при кімнатній температурі. При нагріванні модуля після першого увімкнення PCM розтікається, заповнюючи проміжки та забезпечуючи тепловий інтерфейс. Застосовуючи HP-PCM (*High Performance Phase Change Material*), новий ексклюзивний високоєфективний матеріал для зміни фазового стану від Semikron Danfoss, поєднуються переваги фазозмінного матеріалу з ефективністю найкращої доступної пасти.

*Основні характеристики:*

- шаблони для конкретних модулів для оптимізованого розподілу TIM;
- спрощена логістика та зниження витрат на виробництво;
- покращена надійність блоків;
- збільшений термін служби та висока надійність.

*Продукти:*

- HPTP: високоєфективна термопаста;
- HP-PCM: високоєфективний матеріал для зміни фазового стану.

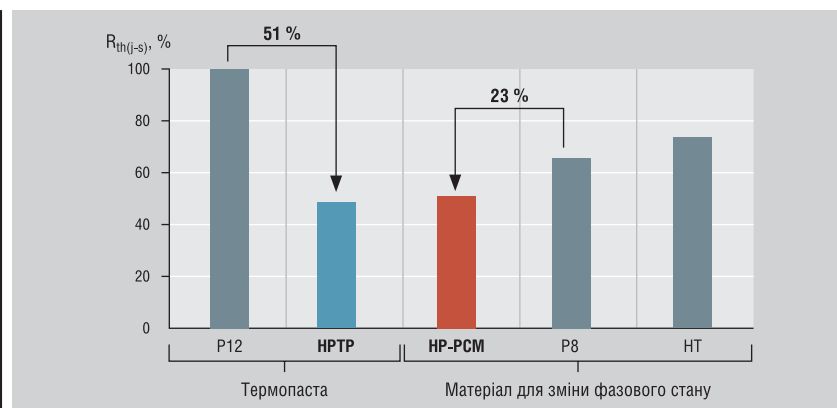


Рис. 8. Використання HPTP та HP-PCM забезпечують найкращі в своєму класі теплові характеристики

**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,  
+38 (067) 463-46-62,  
+38 (095) 284-96-62,  
e-mail: sp.tsdrive@gmail.com,  
semikron@ukr.net,  
service\_danfoss@ukr.net

www.tsdrive.com.ua,  
www.semismart.com.ua



# Проектування вбудованих систем підвищеної надійності

## Проблеми виявлення несправностей в SRAM під час експлуатації

Хенрік Ніхольм (Henrik Nyholm), Microchip Technology

Джейкоб Лунн Лассен (Jacob Lunn Lassen), Microchip Technology

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

**У статті обговорюються труднощі виявлення несправностей у пам'яті SRAM (Static Random-Access Memories) під час її експлуатації, зокрема із застосуванням тесту на основі алгоритму перевірки в шаховому порядку (Checkerboard Test) або, як його ще називають, алгоритму перехресної перевірки. Вона описує виклики, пов'язані з незадокументованими відмінностями між логічною та фізичною структурами SRAM, які можуть призводити до некоректної реалізації тестів пам'яті. Стаття також розглядає альтернативні алгоритми, такі як гібридні March-алгоритми, які забезпечують високе покриття виявлення несправностей, але є складнішими при обчислюванні.**

При проектуванні критично важливих для безпеки систем, міжнародні стандарти безпеки висувають вимоги щодо вибору відповідних процесів та адекватних методів для виявлення та уникнення небезпечних несправностей у кінцевому продукті. Стандарти гарантують що ми не наступимо на ті ж граблі, на які наступали наші колеги-інженери з безпеки до нас. Однак небезпека стандартів полягає в тому, що вони припускають, що ви маєте детальні знання про базове обладнання, скажімо, про мікроконтролер, що може змусити менш досвідчених інженерів з безпеки впроваджувати недосконалі розробки.

Як приклад, стандарт Міжнародної електротехнічної комісії IEC 60730 рекомендує використовувати алгоритм перевірки пам'яті в шаховому порядку для виявлення помилок, коли біти застрягають у стані «0» або «1» у пам'яті мікроконтролерів для програм класу B.

Це завдання виявляється складнішим, ніж здається на перший погляд.

У цій статті описано, як незадокументована різниця між логічною та фізичною структурою SRAM може призвести до того, що ми ненавмисно неправильно виконуємо тести пам'яті, такі як алгоритм перевірки в шаховому порядку. Необхідна інформація, як правило, відсутня в документації стандартних мікроконтролерів, але, на щастя, існують алгоритми тестування пам'яті, на які не впливає різниця між логічною та фізичною структурою SRAM.

### НАВІЩО ТЕСТУВАТИ SRAM НА ДЕФЕКТИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Очевидно, що пам'ять SRAM тестується на виробництві виробником мікросхеми, тому продукція з дефектами

не поставляється споживачам. Проте, випадкові апаратні дефекти можуть (і будуть) з'являтися протягом всього терміну служби мікросхеми, що є однією з причин необхідності тестування апаратного забезпечення мікроконтролера під час роботи в критично важливих для безпеки сферах застосування.

### ТЕСТ ПАМ'ЯТІ В ШАХОВОМУ ПОРЯДКУ

Стандарти безпеки, такі як IEC 60730 (Н.2.19.6.1), припускають, що алгоритм перевірки в шаховому порядку може використовуватися для виявлення певних дефектів в SRAM для застосувань, які повинні відповідати рівню безпеки класу B. Тест перевірки в шаховому порядку часто вибирають, тому що він охоплює найбільш ймовірні несправності в SRAM і є відносно швидким, що зручно для мінімізації впливу зниження продуктивності на виконання програми. Крім ситуацій, коли біт завжди показує «1» або «0», алгоритм перевірки в шаховому порядку допомагає також знайти проблеми, коли один біт може впливати на інший, що поруч. Таким чином, якщо один біт зламався, він може «заражати» свого сусіда, викликаючи помилки в даних.

Відомо, що пам'ять SRAM складається з певної кількості бітів, організованих у слова. Слова зазвичай мають розмір 8, 16 або 32 біти, але можуть бути і довгими. Фізично біти організовані в

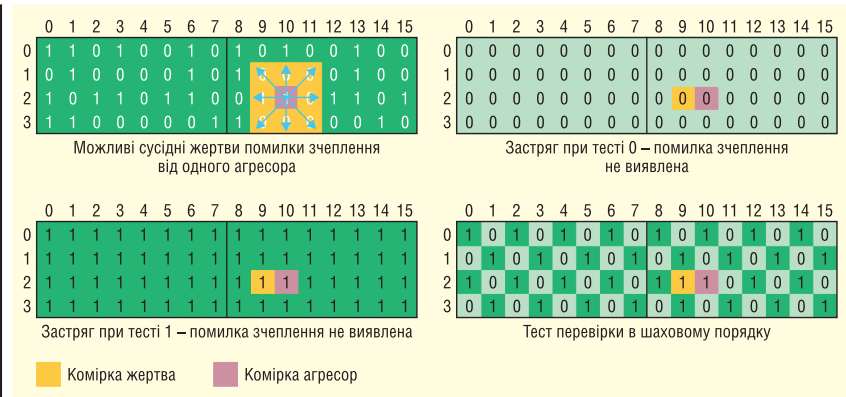


Рис. 1. Можливі помилки зчеплення між сусідніми бітами

масиви, де кожен біт зазвичай має вісім сусідніх бітів (див. рис. 1). Фізичний дефект у біті може вплинути на один біт таким чином, що він завжди показує «одиночку» або «нуль», або дефект може знаходитися між двома бітами. У цьому випадку сусідній біт, який працює агресивно (позначений фіолетовим на рис. 1), може впливати на інший біт, який страждає від цього впливу (позначений жовтим на рис. 1). Таку ситуацію, коли один біт впливає на інший, називають помилкою зчеплення. Зазвичай таке застрягання біта у «1» або «0» трапляється частіше, але також важливо звертати увагу на найімовірніші випадки, коли біти впливають один на одного.

Якщо дефект впливає на один біт, так що він приймає високий або низький рівень, його можна виявити, записавши значення «1», перевіривши «1» шляхом зворотного зчитування, а потім записавши значення «0» і перевіривши «0» шляхом зворотного зчитування, як показано на рисунку 1. Якщо, з іншого боку, дефект полягає в помилці зчеплення між двома сусідніми бітами, скажімо, бітами стовпчиків 9 і 10 у рядку 2, певні закономірності, такі як усі одиниці або всі нулі, не виявлять помилки зчеплення, оскільки комірки мають однакове значення під час тесту. Такі помилки зчеплення, як у сусідніх комірках (з боків, зверху та знизу), мають протилежні бінарні значення. Рисунок 1 (правий нижній кут) ілюструє, що біт у позиції 10 «заражає» біт 9, і помилка зчеплення виявляється, оскільки біт 9 не має очікуваного значення — нуля.

**ФІЗИЧНА ТА ЛОГІЧНА СТРУКТУРА SRAM**

Для роботи алгоритму в шаховому порядку потрібно знати, які біти є сусідніми. Це виявляється проблемою,

оскільки в документації зазвичай описується лише логічна структура SRAM, а не те, як SRAM організована фізично.

Щоб зрозуміти фізичну структуру SRAM, слід розрізнити біт-орієнтовану пам'ять (*Bit-Oriented Memories, BOM*), в якій за один раз можна отримати доступ до одного біта, і слово-орієнтовану пам'ять (*Word-Oriented Memories, WOM*), в якій за один раз зчитується і записується *n*-бітне слово. У той час як більшість реальних модулів пам'яті реалізовані як WOM, класичні алгоритми тестування пам'яті в науковій літературі часто передбачають реалізацію BOM.

Для пам'ятей типу WOM існують три основні категорії фізичної організації бітів, що складають слово: суміжні, перемежовані та підмасиви. Хоча логічне розташування розміщує кожне слово під попереднім словом у тому ж стовпчику (подібно до адресного простору), суміжні пам'яті розміщують

кожне слово у тому ж рядку одне поруч з іншим, як показано на рисунку 2. Перемежовані архітектури розділяють кожен біт слова на різні стовпчики та рядки масиву SRAM. Нарешті, організація підмасивів розміщує кожен біт слова в окремі фізично відокремлені блоки SRAM. Насправді ви не знаєте фізичного розташування, яке необхідне для правильного проведення тесту в шаховому порядку.

**ВЛАСТИВОСТІ ТА НЕДОЛІКИ ТЕСТУ ПЕРЕВІРКИ В ШАХОВОМУ ПОРЯДКУ**

Здавалося б, простий підхід до реалізації алгоритму перевірки в шаховому порядку полягає в почерговому записі значення 0xAA (припускаючи 8-бітне слово даних) за першою адресою та 0x55 за наступною адресою, доки всі адреси, що перевіряються, не будуть заповнені одиницями та нулями у формі шахової дошки. Потім шаблон перевіряється для виявлення будь-яких несправностей за постійним струмом або зчеплення між сусідніми комірками. Потім процес повторюється за допомогою зворотного шаблону. Як уже зазначалося, тут є один нюанс: шаховий візерунок (шаблон) у логічному компонуванні пам'яті може не бути шаховим у базовому фізичному компонуванні, як показано на рисунку 3.

Можливість врахувати різницю між логічною та фізичною структурами може здаватися очевидною, але важлива інформація часто відсутня в технічних

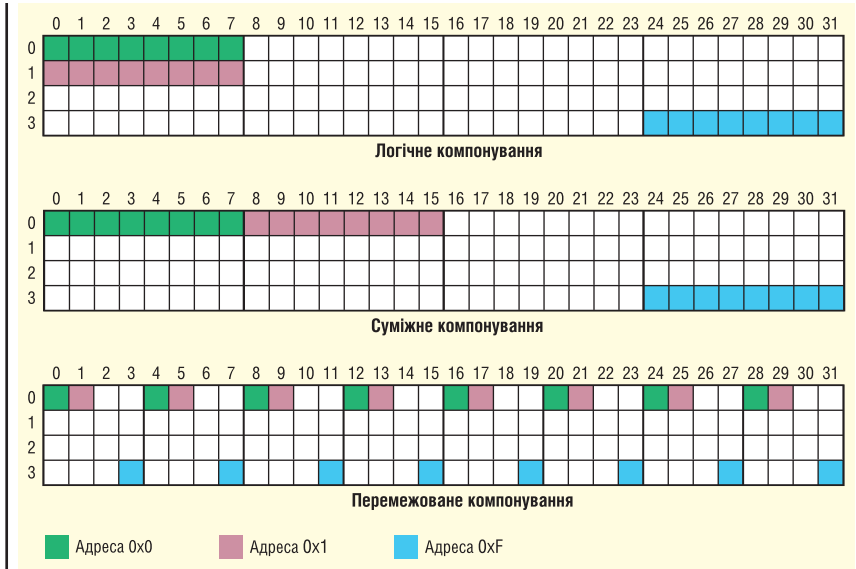


Рис. 2. Приклади фізичного компонування слово-орієнтованих комірок пам'яті (WOM)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	

Логічне компонування

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1
3	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0

Суміжне компонування

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	
1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	
2	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	
3	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	

Перемежоване компонування

**Рис. 3.** Структура даних логічної та фізичної SRAM

документах пристрою. То що робити в такому випадку? Чи варто змиритися з менш детальним тестуванням, знаючи, що діагностика все одно виявить основні несправності, такі як постійне «залипання» бітів та деякі помилки зчеплення між сусідніми бітами? Чи краще попросити виробника мікросхем надати точну схему й розробити спеціалізований тест для кожного пристрою? Або ж слід обрати альтернативний алгоритм?

Тепер, коли ви знаєте про потенційні недоліки тесту в шаховому порядку, ви можете прийняти обґрунтоване рішення.

### АЛЬТЕРНАТИВНІ АЛГОРИТМИ ТЕСТУВАННЯ SRAM У ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Методи тестування пам'яті, запропоновані в IEC 60730 для рівня безпеки класу C, мають вищу ймовірність виявлення несправностей, але ці алгоритми скоріше належать до алгоритмів, які можна вважати алгоритмами виробничого тестування: вони вимагають більше часу для роботи, також виявляють більш рідкісні типи несправностей, але зазвичай знищують дані, що зберігаються в SRAM, оскільки вони працюють на всій SRAM, а не в підблоках.

Зазвичай, у наших вбудованих системах ми не можемо допустити повного стирання даних. Тому ми пропонуємо розглянути гібридні March-алгоритми<sup>1</sup>, які були адаптовані з алгоритмів, що використовуються для виробничого тестування.

Ці алгоритми оптимізовані для роботи з пам'яттю SRAM та забезпечують високий рівень точності перевірки. Їх можна реалізувати так, щоб вони перевіряли невеликі частини пам'яті, не стираючи всі дані в SRAM одночасно, що дозволяє уникнути перезавантаження системи. Недоліком March-алгоритмів є те, що вони вимагають більше обчислювальних ресурсів, ніж звичайні алгоритми перевірки в шаховому порядку, але це виправдано в системах з високими вимогами до безпеки.

Якщо ви розглядаєте можливість заміни традиційного тесту в шаховому порядку на March, ви можете знайти таку реалізацію у деяких виробників мікроконтролерів. Microchip є однією з компаній, які пропонують оптимізовану за продуктивністю реалізацію March C-алгоритму як частину своїх програмних діагностичних бібліотек. Реалізація Microchip підтримує тестування всієї SRAM, яке зазвичай проводиться лише під час запуску для отримання максимального тестового покриття, а також тестування менших блоків пам'яті, призначених для зменшення впливу на програму в реальному часі. Реалізацію можна безплатно завантажити з веб-сайту Microchip як частину бібліотеки IEC 60730 класу B. Реалізація призначена для мікроконтролерів PIC® і AVR®, але може бути перенесена на інші мікроконтролери Microchip.

Додаткову інформацію про тести класу B IEC 60730 можна отримати за адресою <https://www.microchip.com/PIC-AVR-IEC60730>.

Редакція дякує пану Віталію Шевченко за слушні зауваження та поради щодо даного матеріалу. **CN**

### СІМЕЙСТВА МІКРОСХЕМ БЕЗПЕЧНОЇ АВТЕНТИФІКАЦІЇ ECC20X ТА SHA10X

Безпечне надання ключів є життєво важливим для захисту конфіденційних ключів від стороннього втручання та зловмисних атак. Для захисту персональних, промислових, медичних програм, а також програм для центрів обробки даних, безпечне зберігання ключів має важливе значення, але процес розробки та документування безпечного надання ключів може бути складним і дорогим. Щоб знизити бар'єр на шляху до безпечного надання ключів і забезпечити швидше створення прототипів, компанія **Microchip Technology** додала мікросхеми ECC204, SHA104 і HA105 CryptoAuthentication™ до свого портфоліо пристроїв, послуг та інструментів TrustFLEX.

Мікросхеми ECC20x і SHA10x — це апаратні захищені пристрої зберігання даних, призначені для захисту секретних ключів від несанкціонованих атак. Як частина платформи TrustFLEX, вони попередньо сконфігуровані з визначеними варіантами використання, криптографічними ключами, що налаштовуються, і пакетами коду для спрощення процесу розробки.

Мікросхеми ECC20x і SHA10x відповідають високим вимогам спільної бібліотеки інтерпретації Common Criteria Joint Interpretation Library (JIL) до безпечного зберігання ключів і пройшли сертифікацію за програмами NIST Entropy Source Validation (ESV) і Cryptographic Algorithm Validation Program (CAVP) відповідно до Федерального стандарту обробки інформації (FIPS). Вони призначені для реалізації надійної автентифікації з метою збереження конфіденційності, цілісності та автентичності даних і комунікацій в широкому спектрі систем і застосувань.

Мікросхеми криптоавтентифікації Microchip — це невеликі пристрої з низьким енергоспоживанням, сумісні з будь-якими мікропроцесорами (MPU) або мікроконтролерами (MCU). Вони забезпечують гнучкі рішення для захисту промислових, медичних пристроїв, обладнання, що живиться від батарейок, та одноразових застосувань. Крім того, ECC204 — це підсистема безпечного зберігання даних (Secure Storage Subsystem, SSS), схвалена Консорціумом бездротового живлення (Wireless Power Consortium, WPC) з автентифікацією Qi.

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

<sup>1</sup> March-алгоритм — це метод перевірки пам'яті, який послідовно проходить через кожен біт пам'яті, щоб виявити можливі несправності.





# Легко виконуйте нові вимоги до кібербезпеки: PIC32CK SG MCU

## Ядро Arm® Cortex®-M33 з технологіями HSM та TrustZone®

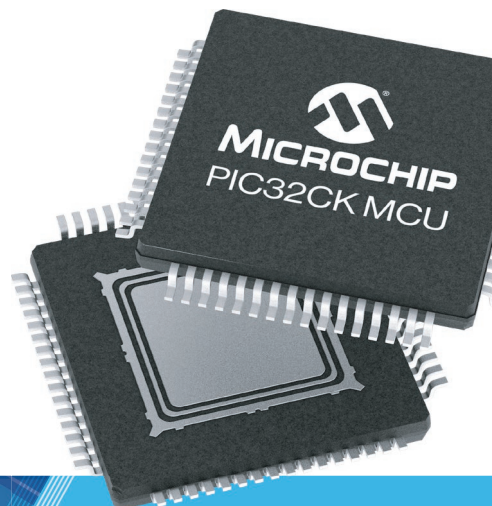
У зв'язку зі зростанням вимог до кібербезпеки наш мікроконтролер PIC32CK SG MCU - це ваше рішення нагальних проблем з кібербезпеки без шкоди для продуктивності.

Сімейство мікроконтролерів PIC32CK SG поєднує в собі безпеку повністю ізольованого апаратного модуля безпеки (HSM) із технологією безпечного розподілу ресурсів Arm TrustZone®. Це забезпечує багаторівневий захист від кібератак для найбільш вимогливих застосувань.

Розроблений як мікроконтролер середнього класу, PIC32CK SG MCU інтегрує передові апаратні підсистеми безпеки, що дозволяє без особливих зусиль перевершувати нормативні вимоги. Завдяки високому рівню інтегрованого кіберзахисту розробники можуть гарантувати, що їхні вироби будуть відповідати вимогам кібербезпеки і навіть перевершувати їх, не втрачаючи при цьому ефективності чи швидкості роботи.

### Основні характеристики

- На базі Cortex-M33 з частотою 120 МГц
- 2 MB Dual Panel Flash/512 KB RAM для складних систем
- 10/100 Ethernet, USB, CAN-FD, I2S, I2C
- Розширене керування ключами
- Центр сертифікації
- Безпечне завантаження



[microchip.com/PIC32CKSGMCU](https://microchip.com/PIC32CKSGMCU)



Назва і логотип Microchip та логотип Microchip є зареєстрованими товарними знаками компанії Microchip Technology Incorporated в США та інших країнах. Всі інші торгові марки є власністю їх зареєстрованих власників.  
© 2024 Microchip Technology Inc. Всі права захищені.  
MEC2572A-RUS-07-24

# Огляд деяких матеріалів від компанії MG Chemicals

**Андрій Григоревський**, менеджер, «Філур Електрик, ЛТД»

E-mail: a.grygorevskyi@filur.net

## ОПТИЧНО ПРОЗОРА ЕПОКСИДНА СМОЛА

Прозора епоксидна смола корисна для використання в електронних виробках, оскільки дозволяє користувачеві бачити компоненти і виявляти будь-які потенційні несправності в апаратному оснащенні. Прозора смола також знайшла широке застосування в середовищі майстрів, які роблять щось своїми руками та займаються ремонтом. Для митців прозора епоксидна смола стала популярним матеріалом для виготовлення ювелірних прикрас, журнальних столиків, стільниць та картин на полотні. Естетика тут має першорядне значення, оскільки такі недоліки, як бульбашки, псують загальну красу виробу.

### Епоксидна смола без бульбашок

**832WC** від MG Chemicals — це 2-компонентна, оптично прозора епоксидна смола, яка полімеризується до утворення міцного, жорсткого покриття. Для затвердіння смоли дві частини смоли змішують з одною частиною затверджувача за об'ємом. Компоненти перемішують протягом двох хвилин, щоб забезпечити повне змішування, при цьому утворюється велика кількість повітря, яке потрапляє в суміш у вигляді дрібних бульбашок, розсіяних по всій смолі. У цій статті ми порівняємо декілька методів видалення повітря, що потрапило до суміші.

### Експеримент

Зразки 832WC вагою по 100 г кожен підготували, а потім розфасували у п'ять полікарбонатних контейнерів. До кожного зразка було додано барвник, що відображає різні методи видалення бульбашок. Перший зразок був контрольним, в якому не використовували жодного методу видалення бульбашок, що дало змогу порівняти ефектив-



ність методів, використаних у наступних зразках. У таблиці 1 представлено п'ять різних підходів, що використовувалися в цьому експерименті. Процес експерименту можна спостерігати на відео 1.

### Результати

У першому контрольному зразку всередині залишилося багато повітряних бульбашок. Ці випадкові повітряні бульбашки псують його естетичний ви-

**Таблиця 1. Короткий опис методів, що застосовуються до зразків свіжозмішаної 832WC для видалення повітряних бульбашок**

Зразок	Колір	Технологія
1	Жовтий	Відсутня
2	Синій	Використовується газовий пальник для нагрівання поверхні
3	Червоний	Використовується фен для нагрівання поверхні
4	Зелений	Поміщають у вакуумну камеру і відкачують повітря до отримання гладкої поверхні
5	Фіолетовий	Після змішування поміщають у гарячу піч



**Рис. 1. Порівняння зразків, що демонструє ефективність різних методів усунення бульбашок в епоксидній смолі**





**Відео 2.** Змішувальні насадки та пістолети-дозатори



**Відео 3.** Діелектричне мастило 8462

гляд. У зразку 2, де використовувався газовий пальник, повітря було добре видалено, що надало затверділому зразку гарного, гладкого вигляду. Те ж саме можна сказати і про зразок 3, в якому для досягнення тих же результатів використовували фен. У зразку 4 використовувалася вакуумна камера, яка висмоктувала все повітря зі зразка, залишаючи гладку поверхню без бульбашок. Зразок 5, в якому використовувалася гаряча піч для затвердіння зразка, також отримав чисту, прозору поверхню.

На рисунку 1 показано порівняння п'яти протестованих зразків.

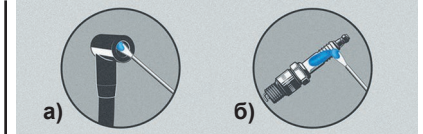
Для отримання гладкого покриття без бульбашок можна також використовувати інші методи, не описані в цій статті, такі, наприклад, як використання системи дозування або обертового планетарного змішувача подвійної дії.

Крім цього компанія MG Chemicals пропонує деякі продукти в упаковці у вигляді подвійного картриджа (див. відео 2), що забезпечує просте дозування без потрапляння повітря в суміш.

## ДИЕЛЕКТРИЧНЕ МАСТИЛО ДЛЯ СВІЧОК ЗАПАЛЮВАННЯ

Діелектричне мастило — це проста суміш оливи та кремнеземного (силіконового) наповнювача, яка є дуже гідрофобною і чудово захищає від вологи та запобігає корозії. Це мастило є електричним ізолятором або діелектриком, і хоча воно є популярним матеріалом для акумуляторів, розеток, лампочок і свічок запалювання, часто його використовують неправильно. Хитрість використання діелектричного мастила полягає в тому, щоб знати, куди його треба наносити, щоб захистити електричні контакти від потрапляння вологи і запобігти виникненню електричної дуги, не перешкоджаючи при цьому проходженню струму (див. відео 3).

У відео 4 мова йде про діелектричне мастило 8462. Воно ідеально підходить для захисту електронних деталей від води та інших корозійних елементів, а також для запобігання електричної дуги. У цьому відео продемонстровано по-



**Рис. 2.** Обережно нанесити мастило, намагаючись щоб воно не потрапило на клеми: всередину наконечника свічки запалювання (а); на керамічну поверхню свічки запалювання (б)

ширені способи застосування і надано поради, чого не слід робити.

## Куди та як наносити діелектричне мастило на свічки запалювання

Як згадувалося вище, оскільки мастило є електричним ізолятором, слід з обережністю підходити до вибору місця нанесення діелектричного мастила. Ковпачки свічок запалювання є для цього ідеальним місцем, оскільки мастило, нанесене на них, запобігатиме дуговому розряду іскри від котушки запалювання до «землі». При цьому слід бути обережним, щоб мастило не потрапило на металеві клеми, оскільки це ускладнить електричне з'єднання.

Ви також можете нанести діелектричне мастило на внутрішню поверхню наконечника свічки, щоб збільшити електричну ізоляцію. Рисунок 2 ілюструє цей принцип нанесення діелектричного мастила.

## Чому потрібне діелектричне мастило для свічок запалювання

Строго кажучи, діелектричне мастило не є необхідним для функціонування свічок запалювання; однак, як зазначалося вище, це дешевий та простий у використанні матеріал, допомагає забезпечити проходження струму через свічку в систему запалювання.

Діелектричне мастило 8462 від MG Chemicals доступне в різних варіантах фасування для більшої зручності та відповідно до ваших потреб в об'ємі.

**Більш детальну інформацію щодо продукції MG Chemicals можна отримати, звернувшись в ТОВ «Філул 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**



# ШІ в роздрібній торгівлі: 5 способів розширити можливості бізнесу

**В статті йде мова про те, як штучний інтелект (ШІ) стрімко перетворює багато галузей і роздрібна торгівля не є винятком. Зазвичай він застосовується для аналізу клієнтів, персоналізації покупок, автоматизації обслуговування, керування операціями і навіть забезпечення безпеки в магазині.**

Впровадження технології штучного інтелекту в роздрібну торгівлю дає змогу компаніям кардинально змінити свою діяльність шляхом оптимізації внутрішніх процесів, автоматизації обслуговування клієнтів і багато чого іншого. Це не тільки підвищує продуктивність, а й покращує якість обслуговування клієнтів, створюючи кращий імідж бренду.

Таким чином, глобальна вартість ШІ на ринку роздрібно торгівлі досягла 7.14 млрд доларів у 2023 році, за даними Fortune Business Insights, і, як очікується, зростатиме на 31.8% на рік, досягнувши 85.07 млрд доларів до 2032 року, що демонструє стрімкість розповсюдження і зростаючий потенціал штучного інтелекту в роздрібній торгівлі.

## ЯК ПІДПРИЄМСТВА ПОЄДНУЮТЬ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ І РОЗДРІБНУ ТОРГІВЛЮ?

### Аналіз споживачів

Дані, одержувані в результаті щоденних транзакцій, включно з історією покупок, демографічними даними, відвідуваністю магазинів і тепловими картами, можуть стати золотом для бізнесу, але аналізувати їх вручну може бути непросто. Використовуючи штучний інтелект, ритейлери можуть вирішити цю проблему і проаналізувати величезну кількість даних у найкоротші терміни (рис. 1).

Щоб максимізувати переваги стратегій, заснованих на даних, ритейлери можуть інвестувати в мініграничні сервери

*UBX-510SI* для кожного магазину мережі, щоб підвищити операційну ефективність і запобігти втратам. Ці граничні сервери забезпечують обробку даних у режимі реального часу та ухвалення рішень, що вкрай важливо для таких застосунків, як відеоспостереження та керування запасами. Вони знижують мережевий трафік і експлуатаційні витрати завдяки оптимізації використання смуги пропускання і локального зберігання даних, що підвищує безпеку і відповідність нормативним вимогам. Крім того, граничні сервери забезпечують надійність під час збоїв у роботі мережі та масштабоване, гнучке розгортання відповідно до потреб кожного магазину.

### Персоналізація покупок

ШІ можна використовувати для створення цікавого досвіду для кожного покупця. Наприклад, просто проаналізувавши історію покупок і поведінку людини в браузері, ШІ може скласти персоналізований список пропозицій товарів, позбавивши покупця необхідності переглядати товари по одному.

Крім того, ШІ виходить за рамки онлайн-досвіду. У магазинах «розумні» примірочки на базі ШІ використовують камери, щоб рекомендувати одяг, який підходить покупцеві за фігурою, а «розумні» дзеркала дають змогу проводити віртуальні примірки, позбавляючи необхідності фізично змінювати вбрання. Це надає покупцям індивідуальний характер і економить час!

### Автоматичне обслуговування клієнтів

За даними Statista, до 48% ритейлерів по всьому світу використовують ШІ для обслуговування клієнтів. Це пов'язано з тим, що ШІ може оптимізувати підтримку клієнтів, надаючи їм допомогу 24/7 різними каналами. Одним з найпоширеніших форм такого підходу є чат-боти або віртуальні помічники (рис. 2), які зазвичай можна побачити в магазинах електронної комерції та мобільних додатках. Вони пропонують негайну допомогу, відповідаючи на найпоширеніші



Рис. 1. Аналіз даних з використанням ШІ

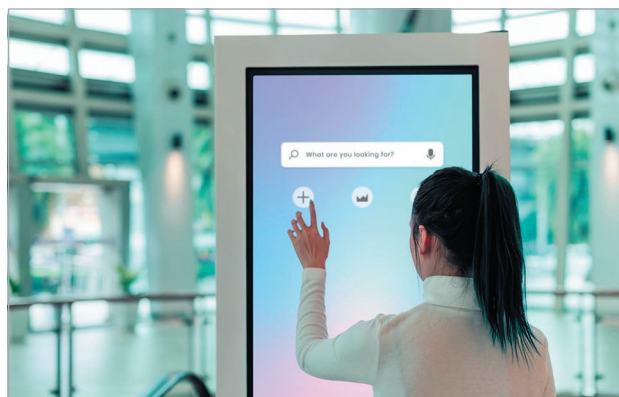


Рис. 2. Віртуальний помічник у магазині

запитання, усуваючи неполадки і навіть направляючи клієнтів на відповідні ресурси.

Оператори роздрібно́ї торгівлі також використовують кіоски самообслуговування з голосовим штучним інтелектом для допомоги покупцям у пошуку товарів, перевірці цін і отриманні інформації про додаткові послуги. Завдяки інтеграції універсального сенсорного комп'ютера Advantech UTC і прикладного програмного забезпечення віртуального помічника ці кіоски зі штучним інтелектом можуть відповідати на запитання покупців, давати рекомендації щодо товарів і допомагати оформляти замовлення, забезпечуючи безперебійне обслуговування клієнтів.

### Керування виробництвом і запасами

Традиційно керування запасами спиралося на дані про минулі продажі та інтуїцію. З іншого боку, інтеграція штучного інтелекту в керування запасами може підвищити точність, ефективність та операційну результативність. Завдяки прогнозуванню попиту на основі штучного інтелекту, автоматизованому поповненню запасів і моніторингу запасів у режимі реального часу ритейлери можуть оптимізувати рівень запасів, скоротити надлишкові запаси та запобігти їхньому дефіциту.

Крім того, сенсорні комп'ютери Advantech для спілкування співробітників і цифрові вивіски на сучасних складах роздрібно́ї торгівлі ще більше оптимізують роботу, полегшуючи обмін інформацією та координацію дій персоналу в режимі реального часу.

Завдяки технології Advantech vision AI ритейлери можуть забезпечити контроль доступу до критично важливих зон, що підвищує безпеку і знижує ризик шахрайства або крадіжок. Серверна система також підтримує безпечне опрацювання даних із низькою затримкою, що дає змогу ухвалювати обґрунтовані рішення та покращувати керування складом. Використовуючи ці передові технології, ритейлери можуть забезпечити уніфікований, інтегрований підхід до керування запасами, підвищуючи рентабельність і задоволеність клієнтів.

### Безпека магазину

Ритейлери постійно стикаються з проблемою захисту своїх запасів і активів. Дослідження, проведене Національним громадським радіо, показало, що втрати ритейлерів від крадіжок оцінюються в 112 мільярдів доларів. Відеоаналітика на основі штучного інтелекту пропонує потужне рішення, забезпечуючи інтелектуальне відеоспостереження, що не обмежується простим записом, а аналізує відеопотік у режимі реального часу, щоб виявити підозрілі дії, такі як крадіжка в магазині або вандалізм.

Наприклад, ритейлери можуть використовувати ШІ для виявлення моделей поведінки, які можуть вказувати на потенційну крадіжку, наприклад, якщо затримується біля дорогого товару або ховає товар. Виявивши таку активність, система подасть сигнал тривоги та повідомить співробітників служби безпеки про необхідність втручання.

Крім того, ШІ може використовуватися для запобігання шахрайству на касі, оскільки він здатний аналізувати відеозаписи та розпізнавати підозрілі дії, такі як підміна купюр або неправильне використання купонів, допомагаючи касирам відзначати потенційні спроби шахрайства, щоб запобігти фінансовим втратам.

## ЯКІ ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ШІ В РОЗДРІБНІЙ ТОРГІВЛІ?

**З**астосування штучного інтелекту в шопінгу та роздрібно́ї торгівлі дає значні переваги як ритейлерам, так і покупцям. Розглянемо їх детальніше.

### Ухвалення рішень на основі даних для підвищення рентабельності

Використовуючи ШІ для аналізу ринку, ритейлери отримують глибше уявлення про своїх клієнтів, конкурентів і широкий ринок. Це дає їм змогу ухвалювати рішення, що ґрунтуються на даних, з усіх питань — від вибору товару та керування запасами до маркетингових кампаній і цінових стратегій. Зрештою такі обґрунтовані рішення приведуть до підвищення ефективності, скорочення витрат і збільшення прибутковості.

### Залученість клієнтів для підвищення задоволеності

Використання пропозицій товарів на основі штучного інтелекту, «розумних» примірочних, віртуальних дзеркал та інтерактивних кіосків робить процес купівлі унікальним для кожного покупця, створюючи відчуття залученості, якого часто не вистачає традиційним роздрібним магазинам. Завдяки такому персоналізованому підходу покупці будуть ще більш задоволені, що дасть змогу ритейлерам створити кращий імідж бренду та збільшити продажі.

### Уніфікований багатоканальний досвід

Сьогодні покупці очікують уніфікованого досвіду незалежно від каналів, чи то покупки онлайн, чи то в магазині, чи то через мобільний додаток. ШІ може усунути розрив між цими каналами, синхронізуючи рівні запасів в онлайн і фізичних магазинах. Це підвищує ефективність виконання замовлень і гарантує, що покупці матимуть доступ до потрібних їм товарів, незалежно від того, яким каналом вони здійснюють покупки.

### Оптимізація логістики та ланцюга постачання

Використання штучного інтелекту для прогнозування може запобігти появі товарних запасів, які розчаровують покупців, а також звести до мінімуму необхідність зберігання надлишкових запасів, що забирають капітал. Він навіть може запобігти псуванню і втратам, які можуть бути спричинені «затоварюванням».

Ба більше, оптимізуючи маршрути доставки, ШІ може допомогти ритейлерам створити ефективний процес виконання замовлень, що дасть їм змогу підвищити задоволеність клієнтів і оптимізувати операції.

### Запобігання фінансових втрат

Завдяки відеоаналітиці на основі штучного інтелекту ритейлери можуть створити більш безпечне торговельне середовище як для покупців, так і для співробітників. Ця технологія запобігає злочинній діяльності, такої як крадіжки, вандалізм і шахрайство, знижуючи скорочення товарних запасів і пов'язані з цим фінансові втрати. Навіть якщо такі події все ж відбулися, системи штучного інтелекту можуть з високою точністю надати докази для розслідування.

Для розвитку та збільшення прибутковості компанії зі сфери ритейлу ПРОКСИС™ пропонує низку *промислових панельних комп'ютерів та систем штучного інтелекту*.

Матеріал надано ПРОКСИС™  
www.proxis.ua

# Огляд новинок компанії Fischer Connectors

**В статті йде мова про нові роз'єми компанії Fischer Connectors, що були випущені влітку 2024 року.**

## FIRST MATE LAST BREAK: ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА ТА НАДІЙНІСТЬ МЕДИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Виробники медичних виробів повинні дотримуватися найвищих стандартів безпеки, забезпечуючи при цьому простоту їх використання. Хоча медичні прилади зазвичай закриті та мають легкодоступні перемикачі, кнопки та дисплеї, але при цьому вони можуть становити загрозу безпеці. Найбільш вразливими є роз'єми та місця їх підключення, особливо коли йдеться про підключення до електромережі. Важливо проявляти обережність, щоб захистити як користувачів, так і пацієнтів, а також чутливі елементи пристрою. Стандарт IEC 60601-1 для медичного електрообладнання надає цьому чіткі рамки. Спеціальні роз'єми First Mate Last Break (рис. 1) відповідають вимогам даного стандарту, пропонуючи поєднання електробезпеки, механічної надійності та зручності для користувача.

Термін «First Mate Last Break» (FMLB) означає інноваційний механізм роз'єму. У цій конфігурації довший контакт у роз'ємі першим з'єднується й останнім розривається. Таке налаштування забезпечує постійне заземлення електричної мережі, запобігаючи виникненню непередбачуваних плаваючих сигналів, які можуть порушити цілісність сигналу і призвести до виникнення таких проблем як перехресні завади, емісійний зв'язок

та електромагнітні завади. Без такого безперервного заземлення можуть виникнути ризиковані умови електробезпеки. Технологія First Mate Last Break запобігає цим проблемам і забезпечує надійний захист від електростатичного розряду (*Electrostatic Discharge, ESD*). Вона також гарантує, що будь-яка блукаюча напруга буде безпечно спрямована на «землю», запобігаючи пошкодженню оператора та чутливих до напруги пристроїв.

У медичній техніці гібридні роз'єми широко використовуються для передачі даних, сигналів, живлення, рідин і газів. Залежно від конфігурації ці роз'єми можуть поєднувати передачу даних, живлення, газу та рідини в одному роз'ємі високої щільності. Це не тільки економить простір, але й допомагає зменшити розмір і загальну вагу медичного обладнання. Крім того, об'єднання декількох з'єднань в одному роз'ємі значно спрощує процес підключення. У надзвичайних ситуаціях, таких як рятувальні операції або у відділеннях інтенсивної терапії, кожна секунда на рахунок. Тому дуже важливо звести до мінімуму ризик неправильного з'єднання за допомогою простого підключення та відповідного кодування.

Вирішальним фактором для безпечної експлуатації медичних виробів є надійна фіксація з'єднань. Залежно від застосування використовуються різні системи фіксації, такі як Push-Pull,

Tamperproof, Quick-Release і Friction Fit. Конфігурації First Mate Last Break можуть бути реалізовані в усіх поширених системах кріплення, що полегшує конструкторам роботу з різними сценаріями застосування і потребами користувачів. Один і той самий пристрій може використовувати два різних типи механізмів блокування, залежно від того, використовується роз'єм для підключення маніпулятора чи консолі керування, але всі вони повинні бути безпечними. First Mate Last Break не впливає на надійність. Як і всі інші медичні з'єднувачі, з'єднувачі First Mate Last Break мають ступінь захисту IP68, витримують стерилізацію в автоклаві та стійкі до корозії (1 000 годин соляного туману, 5% розчин солі, 35 °C). Вони особливо довговічні та витримують 10 000 циклів з'єднання.

## ВИСОКОШВИДКІСНА ПЕРЕДАЧА ДАНИХ

Компанія Fischer Connectors продовжує розширювати асортимент високошвидкісних роз'ємів для передачі даних і кабельних збірок, які поєднують в собі надійні, мініатюрні характеристики з характеристиками цілісності сигналу. З липня 2024 року універсальна серія Fischer Core та надійна серія Fischer UltiMate™ доступні з підтримкою USB 3.2 Gen 2 до 10 Гбіт/с для задоволення зростаючих потреб у високошвидкісній передачі даних у складних умовах (рис. 2).

Ці дві серії доповнюють портфоліо роз'ємів USB 3.2 і кабельних збірок, вже доступних в мініатюрних рішеннях Fischer MiniMax™ для жорстких умов експлуатації, де SWaP (розмір, вага і потужність (*Size, Weight and Power*)) є критично важливими.

Завдяки цій розширеній пропозиції в трьох своїх флагманських лінійках продуктів, компанія Fischer Connectors надає інженерам-проектувальникам широкий спектр міцних, водонепроникних, підготовлених до підключення рішень, які поєднують в собі високошвидкісні протоколи передачі даних з характеристиками цілісності сигналу і міцності, необхідними для застосувань і технологій з інтенсивним використанням даних в медицині, приладобудуванні та оборонному секторі.

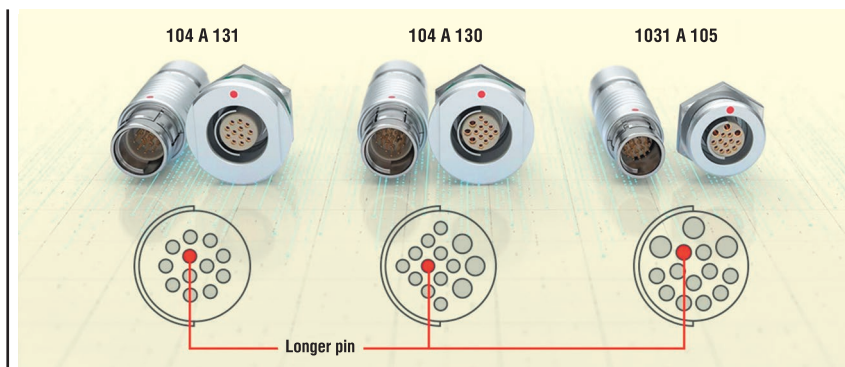
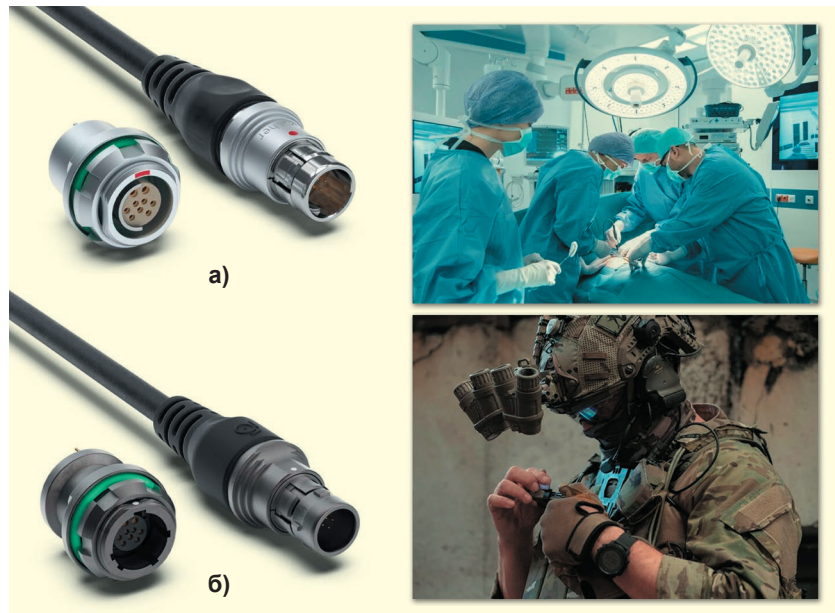


Рис. 1. Роз'єми First Mate Last Break





**Рис. 2.** Нові рішення для підключення USB 3.2 Gen 2 з серії Fischer Core (а) і Fischer UltiMate™ (б) забезпечують швидкість передачі даних 10 Гбіт/с для застосування у відповідальних галузях медицини, приладобудування та оборони

Нові роз'єми USB 3.2 Gen 2 доступні з 9-контактними штекерами Fischer Core Brass діаметром 155 мм і штекерами Fischer UltiMate™ діаметром 18.5 мм. Обидві серії мають надійні характеристики, такі як герметичність IP68/69 навіть у неспареному стані, герметичність (газо- і вакуумонепроникність) завдяки герметичному контактному блоку, робочі температури від  $-70$  до  $+250$  °C для Core і від  $-55$  до  $+135$  °C для UltiMate, до 10 000 циклів з'єднання, а також два механізми фіксації: Push-Pull та Quick-Release. З'єднувачі UltiMate також дозволяють виконувати глухе з'єднання за допомогою надзвичайно надійної механічної шпонкової фіксації.

Серія високошвидкісних роз'ємів Fischer Core — це історична лінійка продуктів Fischer Connectors, якій довіряють технологічні галузі по всьому світу за її універсальність і міцність в екстремальних умовах, починаючи від медичної, оборонної та промислової автоматизації та закінчуючи випробуваннями й вимірюваннями. Стійкі до хімічних речовин і процесів стерилізації, нові рішення Fischer Core USB 3.2 Gen 2 ідеально підходять для камер USB3, що використовуються в ортопедичній хірургії або ендоскопічних пристроях. Вони також можуть бути використані в приладобудуванні, наприклад, на складальних виробничих лініях і для зовнішніх перевірок в радіаційних та/або забруднених зонах.



Серія Fischer UltiMate™, розроблена для забезпечення довговічності і прихованості в суворих природних, промислових і хімічних умовах, пропонує  $360^\circ$  захисту від електромагнітних завад і високу стійкість до ударів, вібрацій та корозії (до 1000 годин в сольовому тумані).

Роз'єми USB 3.2 Gen 2 UltiMate і кабельні збірки ідеально відповідають військовим специфікаціям (MIL-SPEC) для таких застосувань, як дрони, що оснащені камерами USB3.

Для роз'ємів Fischer MiniMax™, Fischer Core і Fischer UltiMate™ USB 3.2 були створені спеціальні кабелі, які також доступні у вигляді попередньо прокладених кабелів і литих рішень, що працюють за принципом «підключи та працюй» (Plug-and-Play).

Швидке створення прототипів від компанії Fischer Connectors дозволяє клієнтам тестувати і оптимізувати рішення для з'єднання відповідно до стислих термінів проекту і вимог до високої продуктивності передачі даних, цілісності сигналу та якості збірки кабелів.

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

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

## НОВІ УЛЬТРАКОМПАКТНІ СТІЛЬНИКОВІ МОДУЛІ LTE CAT 1BIS

Компанія **u-blox** оголосила про розширення своєї популярної лінійки продуктів R10 для швидкозростаючого ринку стільникового зв'язку LTE Cat 1bis. Нові модулі розширюють портфоліо LTE Cat 1bis від u-blox, обслуговуючи як IoT, так і користувачів, які мігрують із застарілого стільникового зв'язку 2G/3G.

Новий u-blox LEXI-R10 Global — це ультракомпактне рішення LTE Cat 1bis розміром  $16 \times 16$  мм, яке можна використовувати по всьому світу в обмежених за розміром пристроях Інтернету речей, таких як треки для стеження за людьми або домашніми тваринами, а також в портативних пристроях. LEXI-R10 Global — це найменший у світі одномодовий модуль LTE Cat 1bis для встановлення всередині приміщень з ядром, сертифікованим американським оператором.

Тим часом нова серія SARA-R10 пропонує ті ж можливості, що і LEXI-R10 Global, у популярному форм-факторі SARA від u-blox. В умовах, коли відхід 2G і 3G триває по всьому світу, SARA-R10 пропонує розробникам продуктів, які використовують модулі 2G і 3G u-blox SARA, прямиї шляхи до 4G LTE — найпоширенішого глобального стандарту стільникового зв'язку на сьогодні та на багато років вперед.

LEXI-R10 і SARA-R10 пропонує можливість вбудовування eSIM, і обидва модулі також мають вбудований Wi-Fi Sniffer, що забезпечує локалізацію в приміщеннях за допомогою сервісу u-blox CellLocate на основі як Wi-Fi, так і стільникових мереж.

Одним з варіантів є SARA-R10M10, найменший у світі модуль LTE Cat 1bis з вбудованою глобальною навігаційною супутниковою системою (GNSS), здатний одночасно забезпечувати зв'язок і відстеження. Це ідеальне рішення для відстеження об'єктів і телематичних застосувань, які вимагають безперервного зв'язку, а також позиціювання всередині та зовні приміщень у будь-якій точці світу, завдяки поєднанню GNSS, Wi-Fi сканування та глобального покриття LTE. Цей модуль також на 50% менший, ніж попередній комбінований модуль LTE Cat 1bis від u-blox, LENA-R8M10.

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

# 7 кроків для підвищення продуктивності вимірювань цифровим мультиметром

**Переклад: Вадим Потапенко**

**Редагування: Віктор Бутирін, директор, Юнітест**

**E-mail: Victor\_Butyrin@unitest.com**

## ВСТУП

Незалежно від того, чи проводиться тестування виробів електроніки в процесі їх виробництва, перевірки конструкції або під час досліджень та проектування, скорочення часу тестування означає скорочення загального часу розробки та зменшення виробничих витрат.

У більшості випадків у процесі тестування виробів електроніки використовується цифровий мультиметр (*Digital Multimeter, DMM*) (рис. 1). Існують різні методи скорочення часу вимірювань цифровим мультиметром, які можуть значно підвищити загальну продуктивність тестування. Однак скорочення часу тестування може вимагати компромісів в інших областях. Розуміння цих компромісів та усвідомлення того, що важливо саме для цього тестування, допоможе вам прийняти обґрунтоване рішення, яке відповідає вашим конкретним потребам.

Переваги підвищення продуктивності вимірювань цифровим мультиметром:

- збільшення обсягів виробництва та оптимізація доходів від реалізації продукції;
- зменшення кількості випробувального обладнання, що, в свою чергу, зменшує площу для проведення випробувань та капітальні витрати;
- Прискорення часу розробки продукту, особливо на етапах визначення його характеристик і валідації;
- оптимізація використання та підвищення ефективності випробувального обладнання.



**Рис. 1. Встановлення цифрового мультиметра у виробничу випробувальну систему**

## КРОК 1. ЗБІЛЬШЕННЯ ТОЧНОСТІ ЗАВДЯКИ ФУНКЦІЇ АВТОМАТИЧНОГО ОБНУЛЕННЯ АБО СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ТЕСТУВАННЯ ПРИ ВІДМОВІ ВІД НЕЇ

Автоматичне обнулення — це функція цифрового мультиметра, яка підвищує точність вимірювань. Під час використання функції автоматичного обнулення цифровий мультиметр виконує додаткове обнулення під час кожного вимірювання, щоб усунути зміщення підсилювача та каскадів інтегрування всередині цифрового мультиметра. Вимкнення цієї функції дає змогу скоротити час вимірювання вдвічі. Ці зміщення від початку відкалібровані, але вони можуть злегка дрейфувати під час зміни температури.

Якщо вимірювання проводяться у середовищі зі стабільною температурою або якщо кілька вимірювань проводять за короткий проміжок часу (зміни температури відбуваються протягом триваліших періодів часу), то покращення продуктивності завдяки вимкненню функції автоматичного обнулення переважає будь-яке незначне зниження точності.

Наприклад, під час використання цифрового мультиметра серії Keysight Truevolt у разі вимкнення автоматичного обнулення в умовах стабільного середовища зазвичай до напруги постійного струму додається похибка всього лише 0.0002% від діапазону +5 мкВ, або +5 мОм під час вимірювання опору. Зверніть увагу, що за вимкненого автоматичного обнулення будь-яка зміна діапазону, функції або часу інтегрування може призвести до виконання одного циклу автоматичного обнулення під час першого вимірювання з використанням нового налаштування. Таким чином, часта зміна налаштувань при вимкненому автоматичному обнуленні зводить нанівець економію часу. Обов'язково вивчіть роботу автоматичного обнулення вашого цифрового мультиметра, щоб максимально використовувати переваги цієї функції.

## КРОК 2. СКОРОЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПЕРЕМІКАНЬ ДІАПАЗОНУ ПІД ЧАС ТЕСТУВАННЯ

Мінімізація перемикань діапазону підвищує продуктивність вимірювань завдяки скороченню часу, необхідного цифровому мультиметру для зміни діапазону. Це також усуває необхідність у додатковому вимірюванні для виконання автоматичного обнулення, яке може знадобитися через зміни зміщень,

що виникають під час використання різних ступенів ослаблення і різних каскадів підсилювачів для нового заданого діапазону. Зведення до мінімуму кількості перемикачів діапазону подовжує термін служби цифрового мультиметра, оскільки під час деяких перемикачів діапазону активується механічне реле, яке може зношуватися за великої кількості вмикань.

У більшості цифрових мультиметрів на зміну функцій або діапазонів вимірювань також потрібен додатковий час, тому групуйте вимірювання, щоб мінімізувати зміни функцій і діапазонів:

- виконуйте всі вимірювання напруги та опору за один раз, замість того щоб перемикатися між функціями;
- Групуйте вимірювання низької та високої напруги, щоб скоротити кількість перемикачів діапазону.

Під час перемикачів діапазону для напруг, вищих за 10 В, використовується механічний атенуатор, якому потрібен час для ввімкнення і вимкнення.

Групування вимірювань за функціями та діапазонами дає змогу скоротити час вимірювань.

### КРОК 3. ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЧНОГО АБО РУЧНОГО ВИБОРУ ДІАПАЗОНУ

Час, необхідний для автоматичного встановлення діапазону, іноді призводить до збільшення часу тестування. Час, необхідний для автоматичного налаштування діапазону, залежить від конструкції цифрового мультиметра. Цифрові мультиметри, які використовують паралельні аналого-цифрові перетворювачі з компараторами на кожен дискретний рівень вхідного сигналу, можуть скоротити час тестування, оскільки час зміни діапазону в них дорівнює нулю. У цих випадках автоматичне визначення діапазону виконується швидше, ніж надсилання команд ручного керування діапазоном з комп'ютера.

Проте, для інтегрованих цифрових мультиметрів ручне керування діапазоном залишається найшвидшим способом проведення вимірювань. Ручне керування діапазоном дає змогу утримувати цифровий мультиметр у фіксованому діапазоні, що робить неможливим небажані вимірювання нуля та запобігає непотрібному спрацюванню механічного атенуатора. Швидкість введення-виведення (I/O) і обробки команд керування діапазоном у цифрових мультиметрах Keysight серії Truevolt значно

Таблиця 1. Налаштування фільтра змінного струму та час встановлення

Фільтр змінного струму	Вхідна частота	Час встановлення ACV на одне показання, секунди	Час встановлення ACI на одне показання, секунди
Повільний	Від 3 Гц до 300 кГц	2.5	1.66
Середній (за замовчуванням)	Від 20 Гц до 300 кГц	0.625	0.25
Швидкий	Від 200 Гц до 300 кГц	0.025	0.025

вища, ніж в алгоритмі автоматичного вибору діапазону.

### КРОК 4. ВИБІР МІЖ ЧАСОМ ІНТЕГРУВАННЯ ТА ЗБІЛЬШЕННЯМ ШУМУ

Час інтегрування — це один параметр, яким можна керувати безпосередньо, але тут є певний компроміс. Під час виконання вимірювання цифрові мультиметри інтегрують вхідний сигнал протягом заданого періоду часу, відомого як час інтегрування. Вибір тривалішого часу інтегрування має ту перевагу, що при цьому зменшується вплив небажаних шумів на вимірювання; особливо шумів мережі змінного струму.

Однак триваліший час інтегрування також означає збільшення часу вимірювання. Наприклад, якщо час інтегрування встановлюється таким, що дорівнює цілому числу періодів змінної напруги в електромережі (*Number of Power Line Cycles, NPLC*), такому як 1, 2, 10 або 100, то внесок шуму електромережі зменшується тим більше, чим за більший період часу виконується усереднення. Це зменшення є прямим результатом збільшення подавлення заводів від електромережі (*Normal Mode Rejection, NMR*). За значення NPLC, що дорівнює 10, і частоти електромережі 60 Гц час інтегрування становить 166 мс (200 мс за частоти електромережі 50 Гц). Що більша кількість періодів для інтегрування, то більше подавлення заводів від електромережі (наприклад, подавлення на частоті 60 Гц); але при цьому збільшується час вимірювання.

Зменшення часу інтегрування може призвести до зниження роздільної здатності. Зміна часу інтегрування призводить до повторного вимірювання нуля, якщо ввімкнено функцію автоматичного обнулення; групування вимірювань за часом інтегрування дає змогу заощадити час. Під час вимірювання низької напруги на термopарах зазвичай потрібне краще подавлення заводів, ніж під час вимірювання більш високої напруги на батареях або джерелах живлення. Виберіть правильний час інтегрування, щоб отримати рівень

точності, необхідний для вимірювання, та зменшити вплив заводів на вимірювальний прилад.

### КРОК 5. НАЛАШТУВАННЯ ФІЛЬТРА ЗМІННОГО СТРУМУ ТА ЧАС ВСТАНОВЛЕННЯ

При виконанні вимірювань змінного струму виберіть відповідне налаштування фільтра змінного струму, що відповідає вимірюваному сигналу. Виберіть таке налаштування смуги пропускання, щоб вона включала найнижчу частоту сигналу, яку ви очікуєте зустріти. Наприклад, цифровий мультиметр Keysight Truevolt і мультиметри 3458A мають три налаштування фільтра змінного струму, як показано в таблиці 1.

Час встановлення при вимірюванні змінної напруги (ACV) і змінного струму (ACI) збільшується при налаштуваннях для вимірювання низьких частот і зменшується при вимірюваннях більш високих частот (дивіться табл. 1).

### КРОК 6. УВІМКНЕННЯ/ВИМКНЕННЯ ВІДОБРАЖЕННЯ ПОКАЗАНЬ

Оскільки для керування відображенням, виконання вимірювань і керування введенням-виведенням потрібен один і той самий процесор, вимкнення відображення дасть змогу вивільнити помітну частину ресурсів процесора. Чи збільшиться продуктивність у разі вимкнення відображення, залежить від обчислювальних можливостей цифрового мультиметра.

### КРОК 7. ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАТРИМКИ ЗАПУСКУ

Коло сигнал подається на вхід цифрового мультиметра, має пройти певний час, перш ніж сигнал повністю встановиться, щоб забезпечити достовірне вимірювання. Це особливо актуально, коли вимірювані сигнали проходять через систему комутації. На-



приклад, під час подачі сигналу на вхід цифрового мультиметра вимірювана напруга має зарядити всі ємності в комутованому колі.

Для витримки часу використовуються налаштування затримки запуску, значення якої залежить від функції, діапазону, часу інтегрування та налаштування фільтра змінного струму. Затримка запуску — це період часу, який має пройти між моментом запуску вимірювання та моментом виконання фактичного вимірювання. Час вимірювання можна оптимізувати, підібравши налаштування затримки запуску таким чином, щоб воно відповідало типу вимірюваного сигналу.

Під час вимірювання напруги з високим імпедансом джерела, сигналу потрібно більше часу, щоб зарядити ємність на вході цифрового мультиметра, який під'єднується. Напругам із низьким імпедансом потрібен менший час встановлення, тому можна встановити меншу затримку запуску. Затримки запуску за замовчуванням підходять для простих застосувань, але вони можуть не підійти для великих систем комутації або джерел із високим імпедансом.

**ВИСНОВОК**

Цифрові мультиметри є невід'ємною частиною майже всіх електронних випробувальних систем, тому дуже важливо розробити процес вимірювання з використанням цифрового мультиметра, який скорочує час тестування і збільшує продуктивність. Вибір відповідних налаштувань для автоматичного обнулення, автоматичного вибору діапазону, часу інтегрування, мінімізація змін функцій і діапазонів — ось лише деякі зі стратегій, що дають змогу підвищити продуктивність. Скорочення часу тестування веде до зниження витрат і прискорення виходу на ринок — обидві ці цілі є критично важливими в умовах сучасного динамічного та конкурентного ринку.

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

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

СН

**Компанія Keysight Technologies розширила можливості популярних аналізаторів серії Fieldfox**

**Генератор імпульсів. Опція 357**

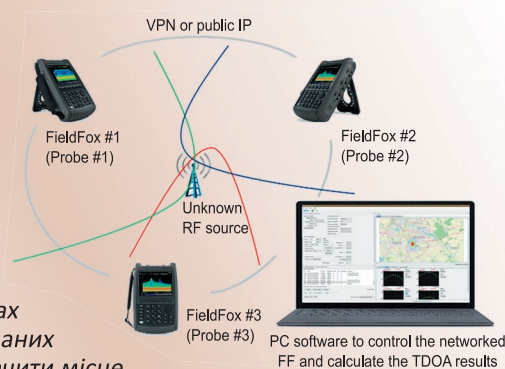


Можливості FieldFox тепер включають і генерацію сигналів завдяки новому вбудованому генератору імпульсних сигналів частотою до 54 ГГц. Створюйте різні імпульсні сигнали, такі як стандартні імпульсні сигнали, імпульсні сигнали з лінійною частотною

модуляцією, імпульсні сигнали з трикутною частотною модуляцією, імпульсні сигнали з амплітудною модуляцією та задані користувачем послідовності імпульсів. Генеруйте сигнали незатухаючих коливань (CW), включно з AM/ЧМ модуляцією, FSK і BPSK.

**Різниця в часі прибуття (TDOA) за допомогою KSMS**

TDOA (Time Difference of Arrival) — це новий метод визначення напрямку, що дає змогу отримувати точні результати з похибкою не більше десяти метрів. Використовуючи цей метод пеленгації, кілька РЧ-аналізаторів FieldFox у різних географічних точках за допомогою синхронізованих сигналів GPS можуть визначити місце розташування невідомого джерела сигналу.



**Пошук перешкод за допомогою пеленгаторної антени. Опція 366**

Виявлення невідомого джерела сигналу на «останній милі» за допомогою ручної триангуляції сигналу. Автоматичне відображення кількох пеленгів на основі виявленої пікової потужності залежно від азимута. Запис вимірювань у файл CSV для подальшої обробки.



**Програмно-визначуваний аналізатор. N9912C**



Аналіз можна легко налаштувати відповідно до своїх вимог завдяки опціям максимальної частоти, смуги пропускання та понад 20 програмним застосункам, які можна повністю оновити й активувати ліцензійним ключем.

Комбінуйте частоти векторного аналізатора електричних кіл (мереж) (VNA, Vector Network Analyzer) та аналізатора спектра (SA, Spectrum Analyzer) і легко модернізуйте можливості аналізатора в міру зміни ваших потреб.

www.keysight.com



3011784321

## Повна швидкість до упору

Швидші, ніж будь-коли раніше. Наші GameChangers вражають не лише найкращими показниками швидкості передачі даних, але й швидкістю проектування, встановлення та введення в експлуатацію. Підвищуйте швидкість за допомогою правильних з'єднань.

Детальніше за посиланням: <http://phoenixcontact.com/gamechangers>

Phoenix Contact в Україні:  
ТОВ „Фенікс Контакт“



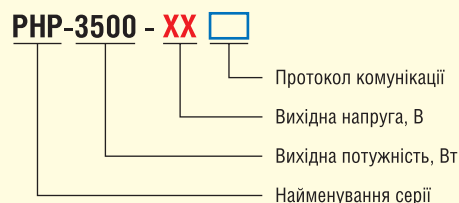
# Мультікіловатні керовані джерела живлення MEAN WELL: унікальні рішення для сучасних промислових установок

Серії PHP-3500 і PHP-3500-HV розраховані на одну й ту саму номінальну вихідну потужність 3500 Вт. Вони практично не відрізняються за конструктивним виконанням і зовнішнім виглядом, мають однакові габаритні розміри і схожі технічні характеристики. Але водночас між ними є деякі відмінності, що не дають змоги об'єднати джерела живлення обох серій в одну загальну групу. Наприклад, джерела живлення серії PHP-3500 можна об'єднувати паралельно для збільшення вихідної потужності, а для серії PHP-3500-HV цієї можливості не передбачено: у джерел живлення серії PHP-3500-HV відсутній перемикач SW51, який використовується тільки в разі паралельного об'єднання вихідних кіл приладів. Інтерфейсні роз'єми, розташовані в одних і тих самих місцях на лицьовій стороні джерел живлення, які мають одні й ті самі назви, проте відрізняються і за складом, і за розташуванням виводів. У тому разі, коли розглянуті параметри або функції приладів обох серій збігаються, можна говорити про їхню належність до спільного сімейства PHP-3500, в іншому разі потрібно їх розглядати як такі, що належать до різних серій. Серія PHP-3500 містить низьковольтні джерела живлення на 24 і 48 В, а PHP-3500-HV — високовольтні (*High Voltage, HV*) ДЖ на 115, 230 і 380 В. Джерела живлення обох серій іменуються за одним і тим самим шаблоном, відрізняючись лише цифрами, що вказують на номінал вихідної напруги. Структура найменування джерел живлення серій PHP-3500 і PHP-3500-HV представлена на рисунку 20.

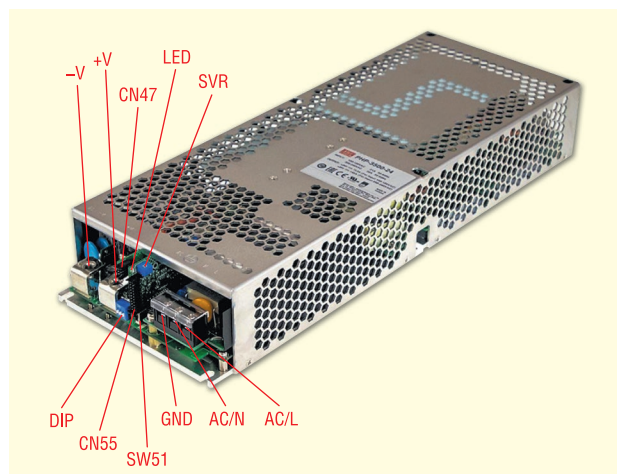
Джерела живлення сімейства PHP-3500 постачаються з підтримкою одного з двох цифрових протоколів комунікації — PMBus або CANBus. Підтримка протоколу PMBus встановлюється за замовчуванням, при цьому поле суфікса в назві залишається порожнім (синій прямокутник на рис. 20). У разі якщо потрібен прилад із підтримкою протоколу CANBus, під час замовлення необхідно наприкінці назви вказувати суфікс CAN.

Зовнішній вигляд джерел живлення сімейства PHP-3500 представлено на рисунку 21. За конструктивним виконанням прилади цього сімейства дещо відрізняються від виробів, розглянутих вище, які були поміщені в корпуси, що забезпечують механічну міцність виробів і захист від зовнішніх впливів, а також мали вбудовані вентилятори, призначені для охолодження. Представники сімейства PHP-3500 не мають зовнішнього корпусу, є тільки кожух з тонкого листового перфорованого заліза і повністю відсутні вентилятори охолодження.

Компоненти електричної схеми змонтовані на металевій підкладці досить великої товщини, яка, крім механічної міцності виробу, забезпечує хороший тепловідвід від силових елементів джерела живлення. Нижня частина основи має ідеально плоску поверхню з високим ступенем чистоти обробки для забезпечення хорошого теплового контакту з



**Рис. 20.** Структура найменування джерел живлення серій PHP-3500 і PHP-3500-HV



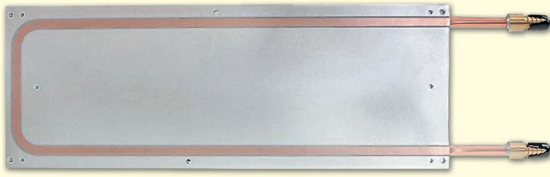
**Рис. 21.** Зовнішній вигляд джерел живлення сімейства PHP-3500

радіатором. Як радіатор, як зазначено в технічній документації, можна використовувати алюмінієву пластину розмірами 450×450×3 мм. Також компанія MEAN WELL пропонує і більш компактне рішення — спеціально розроблений під розмір джерела живлення сімейства PHP-3500 радіатор HS-656 з рідинним охолодженням. Він є металевою пластиною розмірами 380×140.4×12 мм із запресованою в неї мідною трубкою, по якій циркулює охолоджувальна рідина (вода). Рекомендується використовувати воду з температурою не вище +25 °С і подавати її зі швидкістю щонайменше 1 л/хв, а для хорошого теплового контакту використовувати термопасту. На рисунку 22 представлено зовнішній вигляд радіатора HS-656, а на рисунку 23 показано джерело живлення сімейства PHP-3500 у комплекті з цим радіатором.

Звичайно, для охолодження можна використовувати й зовнішні вентилятори. Подібне рішення розглядається в технічній документації як один із можливих варіантів. У цьому разі рекомендується використовувати два вентилятори потужністю по 128 CFM (*Cubic Feet per Minute*, куб. футів/хв), які потрібно розташовувати збоку від джерела живлення вздовж

\* Закінчення. Початок див. CHIP NEWS, № 4–5, 2024





**Рис. 22.** Модуль радіатора HS-656 з водяним охолодженням



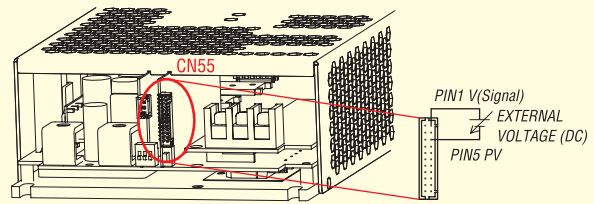
**Рис. 23.** Джерело живлення сімейства PHP-3500 зі встановленим радіатором HS-656

довгого боку приблизно по центру на відстані 100 мм від зовнішньої поверхні приладу.

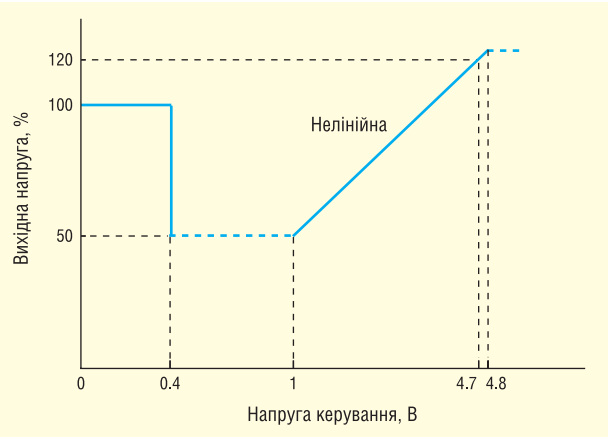
На фронтальному боці джерела живлення сімейства PHP-3500 розташовані (рис. 21):

- вихідні контакти джерела живлення  $-V$  і  $+V$ ;
- клемна колодка з трьома контактами для під'єднання вхідної шини живлення (AC/N і AC/L) і заземлення (GND);
- роз'єм CN47, на який виведено сигнал статусу вихідної напруги (DC-OK), сигнал тривоги в разі перегрівання (T-ALARM), лінію дистанційного ввімкнення/вимкнення (Remote ON-OFF), допоміжну напругу  $+12$  В і загальну шину «земля»;
- роз'єм CN55, на який виведено лінії PC і PV, що використовуються для дистанційного регулювання вихідного параметра, відповідно, в режимах стабілізації струму або напруги;
- блок із трьох перемикачів DIP, призначений для встановлення індивідуальної адреси під час об'єднання кількох джерел живлення в мережу PMBus або CANBus;
- світлодіод LED, призначений для індикації поточного стану джерела живлення;
- потенціометр SVR, призначений для ручного регулювання вихідної напруги;
- перемикач SW51 (тільки в серії PHP-3500), який використовується під час паралельного об'єднання джерел живлення.

Що стосується роз'ємів CN47 і CN55, вище в списку наведено тільки ті контакти цих роз'ємів, які використовуються приладами як серії PHP-3500, так і серії PHP-3500-HV. Але при цьому слід мати на увазі, що номери цих контактів можуть відрізнятися. Крім того, існує ще низка контактів, не згаданих, бо їхнє розташування на тому чи іншому роз'ємі залежить від серії. Далі при згадці будь-яких контактів роз'ємів CN47 і CN55 буде вказуватися їхнє точне розташування, а також інформація про те, для яких сімейств серії PHP-3500 це справедливо. Це стосується і схем під'єднання, які можуть відрізнятися, залежно від того, до якої із серій належить джерело живлення. Наприклад, схему дистанційного регулювання вихідної напруги реалізовано однаково для обох серій, але точки під'єднання (контакти) ліній керування відрізняються, відповідно, і схеми під'єднання також будуть відрізнятися.



**Рис. 24.** Схема дистанційного керування вихідною напругою джерел живлення серії PHP-3500



**Рис. 25.** Залежність вихідної напруги від напруги керування у джерел живлення серії PHP-3500

Для дистанційного регулювання вихідної напруги джерел живлення серії PHP-3500 використовується схема, наведена на рисунку 24. Регулювання здійснюється за допомогою напруги керування від зовнішнього джерела, яку подають на виводи PV (контакт 5) і  $-V(\text{Signal})$  (контакт 1) роз'єму CN55. При зміні напруги керування в діапазоні 0–5 В вихідна напруга джерела живлення змінюється в межах 50–120%, але ця залежність є нелінійною. Як випливає з графіка на рисунку 25, у діапазоні напруги керування 0–0.4 В значення напруги на виході джерела живлення встановлюється на рівні 100%. Далі в діапазоні 0.4–1 В вихідна напруга фіксується на рівні 50%. І тільки коли значення напруги керування стає вищим за 1 В, з'являється можливість плавно регулювати вихідну напругу джерела живлення в межах 50–120%.

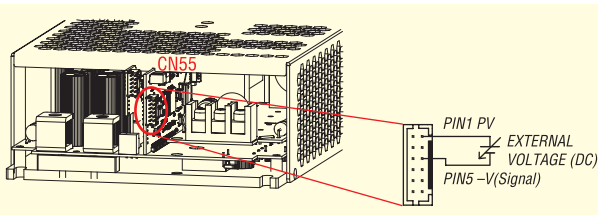
Схему дистанційного регулювання вихідної напруги джерел живлення серії PHP-3500-HV наведено на рисунку 26. Як впливає з цієї схеми, лінію дистанційного керування під'єднують до тих самих виводів на роз'ємі CN55, а саме PV і  $-V(\text{Signal})$ . Але в цьому разі лінію PV заведено на контакт 1, а  $-V(\text{Signal})$  — на контакт 5. Хоча номери контактів ті самі, що і в серії PHP-3500, полярність під'єднання тут зворотна, адже на виводі  $-V(\text{Signal})$  має бути мінус, а на виводі PV відповідно плюс.

Залежність вихідної напруги від напруги керування для серії PHP-3500-HV (рис. 27) така сама, як і для серії PHP-3500, за винятком одного нюансу. Тут значення вихідної напруги, позначене як 100%, не збігається з номіналом. За 100% прийнято:

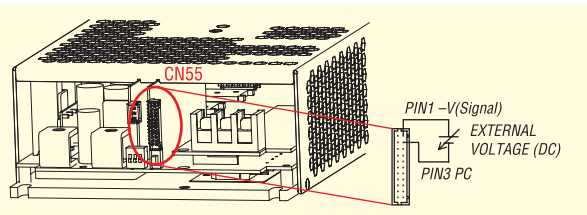
- для номінальної напруги 115 В: 133 В;
- для номінальної напруги 230 В: 217 В;
- для напруги 380 В: 333 В.

Відповідно, 50% вихідної напруги дорівнюватиме половині від цих значень, а не від номіналів.

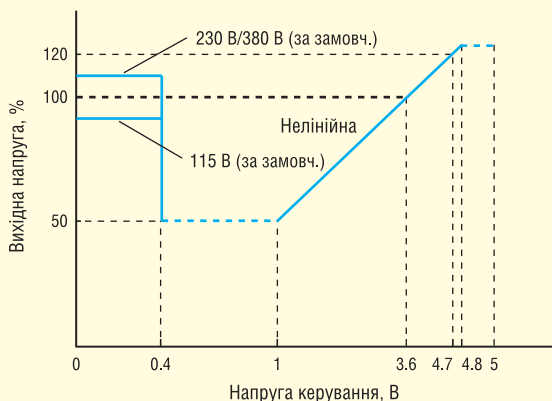
Джерела живлення сімейства PHP-3500 також підтримують режим стабілізації вихідного струму. Регулювання значення вихідного струму здійснюється дистанційно за допомо-



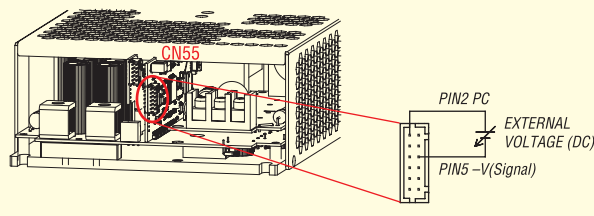
**Рис. 26.** Схема дистанційного керування вихідною напругою джерел живлення серії PHP-3500-N



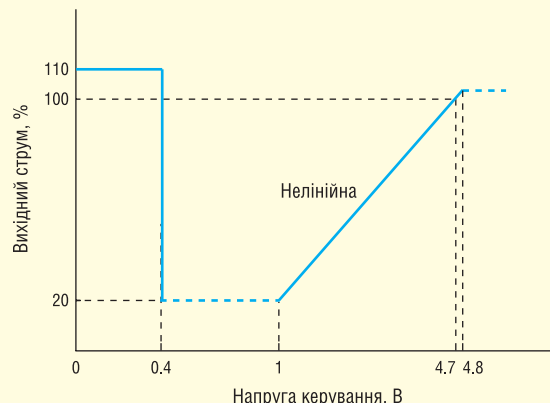
**Рис. 28.** Схема дистанційного регулювання вихідного струму джерел живлення серії PHP-3500



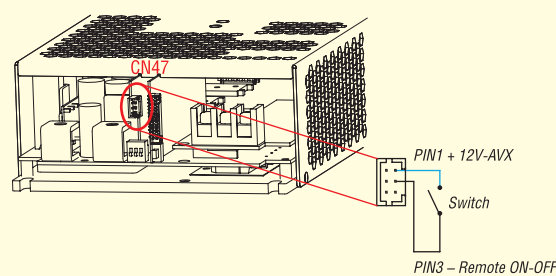
**Рис. 27.** Залежність вихідної напруги від напруги керування у джерел живлення серії PHP-3500-NV



**Рис. 29.** Схема дистанційного регулювання вихідного струму джерел живлення серії PHP-3500-NV



**Рис. 30.** Залежність величини вихідного струму від значення напруги керування у джерел живлення сімейства PHP-3500



**Рис. 31.** Схема дистанційного ввімкнення/вимкнення джерел живлення сімейства PHP-3500

гою напруги керування через зовнішній дротовий інтерфейс. Напругу керування подають на виводи PC (плюс) і -V(Signal) (мінус) роз'єму CN55. При цьому номери контактів залежать від серії. Для джерел живлення серії PHP-3500 вивід PC відповідає контакту 3, а -V(Signal) виведено на контакт 1 (рис. 28), у приладах серії PHP-3500-NV вивід PC заведено на контакт 2, а -V(Signal) — на контакт 5 (рис. 29).

Залежність вихідного струму від напруги керування одна й та сама для обох серій. Графік цієї залежності представлений на рисунку 30. Можна виділити три характерні ділянки цього графіка. На першій ділянці графіка, де напруга керування перебуває в межах 0–0.4 В, вихідний струм джерела живлення встановлюється на рівні 110%. На другій ділянці, в інтервалі 0.4–1 В, вихідний струм фіксується на рівні 20%. І тільки на останній ділянці, коли напруга керування перевищує 1 В, спостерігається пропорційна залежність величини вихідного струму від значення напруги керування. Вихідний струм регулюється в діапазоні 20–100% з фіксацією на максимальному рівні за значення напруги керування в районі 4.7–4.8 В.

Схеми дистанційного ввімкнення/вимкнення реалізовано в обох серіях ідентичним чином. На рисунку 31 представлено схему для серії PHP-3500. Аналогічна схема, аж до назв і номерів контактів, використовується і в серії PHP-3500-NV, попри те, що хоча роз'єми CN47 і носять одну й ту саму назву в обох серіях, насправді належать до різних типів і мають різну кількість контактів. Увімкнений стан джерела живлення сімейства PHP-3500 відповідає замкненому стану перемикача Switch, який з'єднує контакт 1 (+12V-AUX) роз'єму CN47 із контактом 3 (Remote ON-OFF). Відповідно, для вимкнення джерела живлення необхідно розімкнути контакти перемикача.

У джерелах живлення сімейства PHP-3500 передбачено сигнал зворотного зв'язку DC-OK, що характеризує рівень вихідної напруги. У приладах обох серій цей сигнал виведено на контакт 5 роз'єму CN47. Низьке значення сигналу (-0.5...+0.5 В) свідчить про те, що вихідна напруга перебуває

на рівні не менше ніж  $80 \pm 5\%$  від заданого значення, що вважається нормою. В іншому разі сигнал набуває високого значення в діапазоні 3.5–5.5 В, що відображає неприпустимо низьку величину напруги на виході джерела живлення.

Стан джерела живлення сімейства PHP-3500 можна також оцінити за станом індикації світлодіода LED (рис. 21). Коли цей світлодіод випромінює рівне зелене світіння, джерело живлення функціонує нормально. Якщо ж колір світіння стає червоним, то, залежно від того, блимає світлодіод чи ні, можна охарактеризувати стан джерела живлення як некондиційний або як аварійний. Некондиційний стан (миготливий світлодіод) озна-

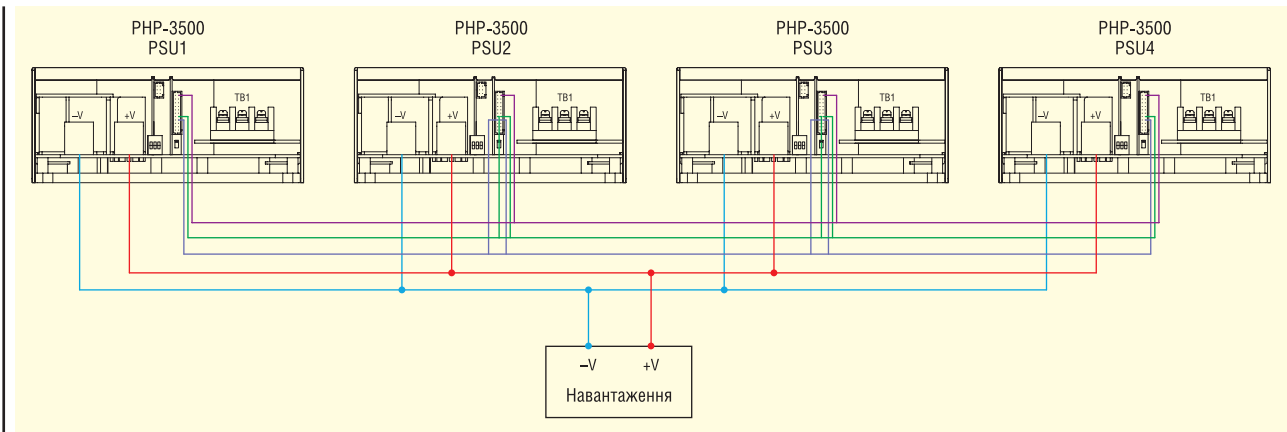


Рис. 32. Схема паралельного з'єднання чотирьох джерел живлення серії PHP-3500

чає, що внутрішня температура джерела живлення досягла  $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ , але прилад водночас продовжує функціонувати без спрацювання схеми захисту від перегріву. А якщо стан аварійний (світлодіод не блимає) — спрацювала одна зі схем захисту (від перегріву або від перевантаження) і джерело живлення вимкнулося.

Джерела живлення серії PHP-3500 можуть об'єднуватися в паралель для збільшення вихідної потужності. Об'єднати можна до чотирьох приладів однієї моделі, при цьому потрібно дотримуватися таких правил:

- Дроти, що з'єднують виходи, мають бути якомога коротшими та мати достатній поперечний переріз для зниження резистивних втрат.
- Різниця вихідних напруг між будь-якими двома джерелами живлення в об'єднанні не повинна перевищувати  $0.2\text{ V}$ . Вихідна напруга регулюється потенціометром SVR (рис. 21).
- Загальний вихідний струм об'єднання не має бути більшим за  $90\%$  від суми максимальних вихідних струмів джерел живлення.

Оскільки вихідні струми джерел живлення в об'єднаній групі вирівнюються, тобто всі прирівнюються до середньої величини, останнє правило, що обмежує сумарний вихідний струм на рівні  $90\%$ , означає, що струми окремих джерел живлення теж не повинні перевищувати  $90\%$  від максимального. Це також означає, що максимальна потужність об'єднання може бути не більшою за  $3500 \times 0.9 \times N$ , де  $N$  — кількість джерел живлення в групі.

Щоб об'єднана група функціонувала належним чином, що насамперед пов'язано з вирівнюванням струмів у вихідних колах джерел живлення, необхідно також з'єднати паралельно виводи DA (контакти 15 і 16), DB (контакти 13 і 14) і  $-V$  (Signal) на контакті 1 роз'ємів CN55, а також встановити перемикачі

Таблиця 8. Положення перемикачів SW51 у разі паралельного об'єднання джерел живлення серії PHP-3500

Кількість приладів	SW51 приладу 1	SW51 приладу 2	SW51 приладу 3	SW51 приладу 4
1	ON	—	—	—
2	ON	ON	—	—
3	ON	OFF	ON	—
4	ON	OFF	OFF	ON

Таблиця 9. Технічні характеристики джерел живлення серії PHP-3500

Найменування	PHP-3500-24	PHP-3500-48
Номінальна вихідна напруга, В	24	48
Номінальний вихідний струм, А	145	73
Номінальна вихідна потужність, Вт	3480	3504
Розмах пульсацій вихідної напруги, не більше, мВ	300	480
Діапазон регулювання вихідної напруги потенціометром SVR, В	24–28.8	48–57.6
Загальна нестабільність вихідної напруги, %	±1	
Нестабільність вихідної напруги за мережею, %	±0.5	
Нестабільність вихідної напруги за навантаженням, %	±0.5	
Типовий час утримання при повному навантаженні, мс	10	
Діапазон вхідних напруг змінного струму, В	90–264	
Діапазон вхідних напруг постійного струму, В	127–370	
Діапазон частот змінного струму, Гц	47–63	
Типовий коефіцієнт потужності, не менше	0.95	
Типовий коефіцієнт корисної дії, %	95	96
Типовий вхідний струм, А	20	
Типовий викид вхідного струму на холодному старті, А	80	
Струм витікання, не більше, мА	20	
Діапазон робочих температур, $^{\circ}\text{C}$	-30...+70	
Діапазон температур зберігання, $^{\circ}\text{C}$	-40...+85	
Напруга ізоляції «вхід-вихід», не менше, В	3000	
Опір ізоляції «вхід-вихід», не менше, МОм	100	
Середній час напрацювання на відмову за стандартом Telcordia SR-332, не менше, год	183400	
Середній час напрацювання на відмову за стандартом MIL-HDBK-217F, не менше, год	56260	
Розміри (Д×Ш×В), мм	380×141.4×60	

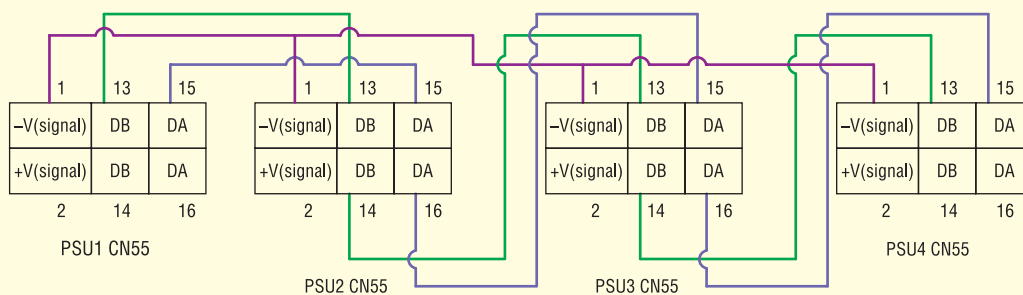
SW51 у потрібне положення. Загальну схему об'єднання чотирьох джерел у паралель наведено на рисунку 32, схема з'єднання контактів роз'ємів CN55 — на рисунку 33, а положення перемикачів SW51 (ON — увімкнено або OFF — вимкнено) за різних кількостей джерел живлення в групі наведено в таблиці 8.

Основні технічні характеристики джерел живлення серії PHP-3500 пода-

но в таблиці 9, а характеристики приладів серії PHP-3500-HV — у таблиці 10.

Для відповідності вимогам стандартів з електромагнітної сумісності необхідно використовувати джерела живлення сімейства PHP-3500 спільно з фільтром, який встановлюють між колом живлення і вхідними шинами приладу. Для цієї мети можна використовувати фільтр типу 30DPGS5C, схему якого представ-





**Рис. 33.** Схема з'єднання контактів роз'ємів CN55 джерел живлення серії PHP-3500 у разі паралельного об'єднання чотирьох приладі

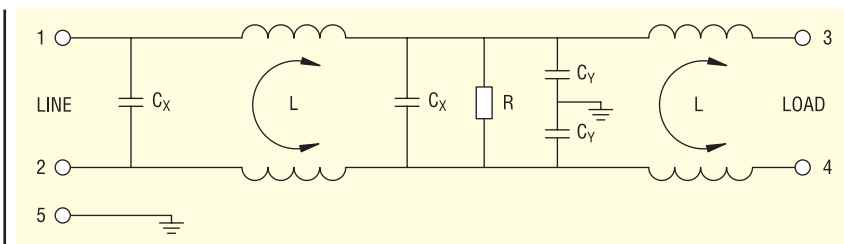
Таблиця 10. Технічні характеристики джерел живлення серії PHP-3500-HV			
Найменування	PHP-3500-115	PHP-3500-230	PHP-3500-380
Номинальна вихідна напруга, В	115	230	380
Початковий вихідний струм (заводська установка), А	25.2	15.2	9.2
Максимальний вихідний струм, А	26.3	16.1	10.5
Початкова вихідна потужність (заводська установка), Вт	2898	3500	
Максимальна вихідна потужність, Вт	3500		
Розмах пульсації вихідної напруги, не більше, мВ	1.15	2.3	3.8
Діапазон регулювання вихідної напруги потенціометром SVR, В	110–160	170–260	260–400
Загальна нестабільність вихідної напруги, %	±1		
Нестабільність вихідної напруги за мережею, %	±0.5		
Нестабільність вихідної напруги за навантаженням, %	±0.5		
Типовий час утримання при повному навантаженні, мс	10		
Діапазон вхідних напруг змінного струму, В	90–264		
Діапазон вхідних напруг постійного струму, В	127–370		
Діапазон частот змінного струму, Гц	47–63		
Типовий коефіцієнт потужності, не менше	0.95		
Піковий коефіцієнт корисної дії, %	95	95.5	96
Типовий вхідний струм, А	20		
Типовий викид вхідного струму на холодному старті, А	80		
Струм витікання, не більше, мА	2		
Діапазон робочих температур, °С	–30...+70		
Діапазон температур зберігання, °С	–40...+85		
Напруга ізоляції «вхід-вихід», не менше, В	6		
Опір ізоляції «вхід-вихід», не менше, МОм	100		
Середній час напрацювання на відмову за стандартом Telcordia SR-332, не менше, год	192 100		
Середній час напрацювання на відмову за стандартом MIL-HDBK-217F, не менше, год	63 900		
Розміри (Д×Ш×В), мм	380×141.4×60		

лено на рисунку 34, або будь-який інший фільтр з аналогічними параметрами.

Ще одна відмінність між джерелами живлення різних сімейств серії PHP-3500 пов'язана з розташуванням контактів для під'єднання цифрових інтерфейсів PMBus і CANBus. У приладах серії PHP-3500 виводи цих інтерфейсів розташовані на роз'ємі CN55, а у PHP-3500-HV — на роз'ємі CN47. У таблиці 11 наведено дані про розташування виводів інтерфейсів PMBus і CANBus у джерел живлення серій PHP-3500 і PHP-3500-HV. Як видно з таблиці, для обох інтерфейсів використовуються одні й ті самі контакти відповідних роз'ємів.

Джерела живлення компанії MEAN WELL, розглянуті в цій статті, вирізняються таким специфічним набором характеристик, який дуже рідко трапляється (або не трапляється зовсім) в інших відомих світових виробників приладів подібного класу. Поєднання великої вихідної потужності (від 3 кВт) з високовольтною напругою на виході та широкими можливостями віддаленого керування і контролю, зокрема й за допомогою цифрових інтерфейсів, робить ці прилади дійсно унікальними серед усіх джерел живлення, які випускає світова промисловість. Водночас ці джерела живлення вирізняються дуже високою надійністю, про що свідчать і великі цифри середнього часу напрацювання на відмову, отримані під час випробувань за двома стандартами (зокрема й за військовим). Термін гарантії, який дає компанія MEAN WELL на джерела серій CSP-3000, DPU-3200, PHP-3500 і PHP-3500-HV, становить 5 років, що також трапляється вкрай рідко в галузі джерел живлення (зазвичай термін гарантії не перевищує 3 років). Все це свідчить про високий ступінь надійності продукції MEAN WELL. Українські споживачі вже встигли переконатися в цьому на власному досвіді за більш ніж 20-річний термін, протягом якого компанія успішно поставляє свої вироби в Україну.

СН



**Рис. 34.** Схема фільтра 30DPGS5C для придушення електромагнітних завад, що встановлюється на вході джерел живлення сімейства PHP-3500

Таблиця 11. Розташування виводів інтерфейсів PMBus і CANBus у джерел живлення серій PHP-3500 і PHP-3500-HV			
Інтерфейс	Сигнал	Серія PHP-3500, контакти роз'єму CN55	Серія PHP-3500-HV, контакти роз'єму CN47
PMBus	SCL	19, 20	9, 10
	SDA	21, 22	7, 8
CANBus	CANL	19, 20	9, 10
	CANH	21, 22	7, 8

# Високоєфективні трифазні джерела живлення потужністю 30 кВт



## SHP-30K-HV



- Трифазний вхід з широким діапазоном живлення 340...530 В AC
- Номінали вихідних напруг: 55, 115, 230, 380 В DC
- Високий ККД до 97%
- Програмування вихідного струму (1-100%) та напруги (50-120%)
- CANBus протокол обміну даними (опціонально - PMBus/MODBus)
- Паралельне підключення до 12 модулів – система потужністю до 285 кВт!
- Захист від перенапруги, перевантаження, короткого замикання
- Розміри 540 × 424 × 83.5 мм
- Вбудований DC-ОК, сигналізація перегріву, несправності вентилятора і втрати живлення на вході
- 5 років 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

# Проектування трансформатора для 15-Вт зворотного перетворювача з кількома виходами

Сучетан Сваруп Вайдьянатх (Suchethan Swaroop Vaidyanath),  
Джон Дороса (John Dorosa)  
Переклад: Володимир Рентюк

Серед джерел вторинного електроживлення малої та середньої потужності, зокрема зарядних пристроїв, найкращим схематехнічним рішенням є використання топології зворотного дового (flyback) перетворювача. В результаті можна отримати просте, компактне і відносно недороге рішення. У цій статті, представлений у вигляді перекладу технічного документа [1], увагу приділено методиці розрахунку трансформатора для зворотного квазірезонансного AC/DC-перетворювача з кількома ізольованими вторинними обмотками та обговоренню його конструктивних особливостей. Як приклад наведено серійний трансформатор компанії Würth Elektronik, що використовується в демонстраційній платі зворотного AC/DC-перетворювача компанії Texas Instruments з трьома вихідними напругами.

## ВСТУП

Зарядні пристрої нового покоління, що використовуються в промислових пристроях, наприклад електроінструментах, часто вимагають ізольованих AC/DC-джерел живлення з кількома вихідними напругами. Ці джерела повинні мати високу ефективність, низький профіль та мінімальні габарити, а також малу власну споживану потужність у режимі очікування.

Щоб відповідати цим вимогам можна використати перспективне рішення від компанії Texas Instruments [2] на базі контролера зворотного дового перетворювача UCC28711. Особливістю цієї мікросхеми є можливість забезпечення ізоляції виходів без застосування оптронної гальванічної розв'язки, що раніше була традиційним рішенням для забезпечення зворотного зв'язку по вихідній напрузі. Використання контролера UCC28711 дозволяє зменшити кількість компонентів на платі та зменшити її розміри. Для точного регулювання вихідної напруги і струму, контролер використовує інформацію, отриману з допоміжної обмотки зворотного дового трансформатора, а квазірезонансний режим дозволяє знизити втрати на перемикач (комутаційні втрати).

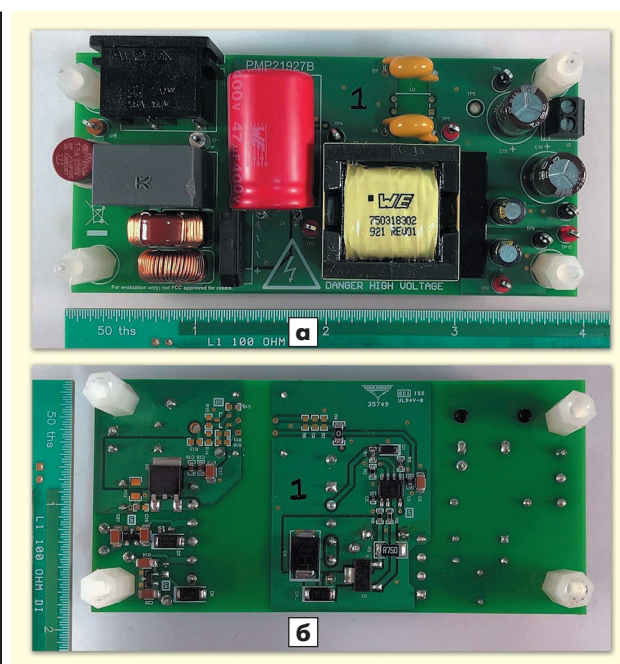


Рис. 1. Базова плата зворотного дового перетворювача PMP21927: вид зверху (а); вид знизу (б)

Зважаючи на те, що у промислових пристроях можуть знадобитися кілька вихідних напруг, запропоновано проект зворотного дового перетворювача PMP21927 [3] від компанії Texas Instruments (рис. 1), в якому застосовано нетрадиційні схематехнічні рішення. Він має універсальний діапазон вхідної напруги змінного струму та три ізольованих виходи з напругою по 15 В і різним струмом навантаженням.

Основний вихід може витримувати до 1 А і забезпечує ККД понад 86%. Два інших ізольованих виходи можуть віддавати в навантаження до 50 мА кожен. Для забезпечення стабільності вихідної напруги на рівні  $\pm 5\%$ , що зазвичай вважається достатнім для регулювання на первинній стороні, використовуються лінійні LDO-стабілізатори з малим падінням напруги на регулюючому елементі (*Low DropOut*).

Не дивлячись на те, що схематехніка зворотного дового перетворювача з регулюванням на первинній стороні є добре знаною, конструктивне виконання може викликати деякі труд-



нощі. Основною з них є трансформатор, проектування якого зазвичай вимагає ітеративного процесу, іноді з багатьма ітераціями, з метою забезпечення високої ефективності, а також мінімально можливих габаритів, що є важливим фактором для пристроїв силової електроніки, зокрема для електроінструментів. В рамках цієї статті, ми розглянемо конструкцію зворотного трансформатора з кількома ізольованими виходами, який був використаний в базовому проекті PMP21927 компанії Texas Instruments, і обговоримо його особливості, які забезпечили досягнення високої ефективності при збереженні низького профілю. В результаті розрахунків був обраний трансформатор 750318302 від компанії Würth Elektronik GmbH&Co. KG для використання на платі PMP21927.

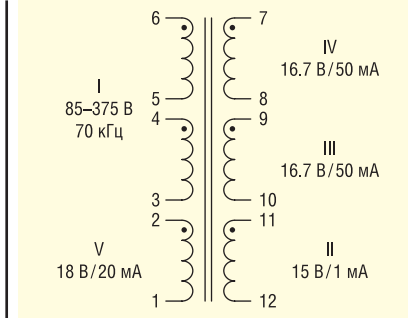
### ПОЧАТКОВІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ТРАНСФОРМАТОРА НА ТРИ НАПРУГИ ДЛЯ ЗВОТНОХОДОВОГО КВАЗІРЕЗОНАНСНОГО АС/ДС-ПЕРЕТВОРЮВАЧА ПОТУЖНІСТЮ 15 ВТ

Початкові дані для проектування трансформатора:

- діапазон вхідної напруги: 85–265 В змінного струму;
- вихід 1: 15 В/1 А;
- виходи 2 і 3: 15 В після стабілізації (16.7 В до стабілізації)/50 мА;
- допоміжний (контрольний) вихід: 18 В/20 мА;
- робоча частота перетворювача: 70–80 кГц;
- вимоги безпеки: за UL60950-1<sup>1</sup> з посиленою ізоляцією.

Схема обмоток трансформатора представлена на рисунку 2.

Максимальний доступний робочий цикл  $D_{max}$  ґрунтується на режимі переривчастого струму (*Discontinuous Conduction Mode, DCM*), часі резонансу  $t_R = 2$  мкс, основній частоті перемикавання за максимального навантаження  $F_{max} = 80$  кГц і робочому циклі розмагнічування  $D_{magcc}$ . Робочий цикл розмагнічування — це робочий цикл провідності вторинного діода в режимі обмеження струму, і для контролерів сімейства UCC2871х конструктивно встановле-



**Рис. 2. Схема обмоток трансформатора 750318302 компанії Würth Elektronik**

ний рівним 0.425. Усі рівняння взято із загальної специфікації на мікросхеми контролерів UCC2871х компанії Texas Instruments [4].

Рівняння для максимального робочого циклу має вигляд:

$$D_{max} = 1 - \left( \frac{t_R}{2} \times F_{max} \right) - D_{magcc}$$

Підставляючи значення, маємо:

$$D_{max} = 1 - \left( \frac{2 \times 10^{-6}}{2} \times 80\,000 \right) - 0.425 = 0.495$$

Схема електрична принципова зворотного перетворювача PMP21927 наведена на рисунку 3.

### РОЗРАХУНОК ВІДНОШЕННЯ ЧИСЛА ВИТКІВ ПЕРВИННОЇ І ВТОРИННОЇ ОБМОТКИ

Оскільки пристрій має три виходи, то для розрахунку коефіцієнтів трансформації (тобто відношення кількості витків первинної та вторинної обмоток) за основу береться максимально навантажений вихід, а саме обмотка II, яка, згідно з початковими умовами, має бути розрахована на напругу 15 В і забезпечувати струм 1 А.

Оскільки задіяно кілька обмоток, процес розрахунків може бути ітеративним. Максимальне співвідношення витків первинної та вторинної обмоток,  $N_{PS1}$ , розраховується за максимальної частоти при повному навантаженні разом із розрахунковим часом резонансу DCM, мінімальній напрузі на конденсаторі  $V_{bulkmin}$  основною стабілізованою вихідною напругою  $V_{OCV} = 15$  В, прямим падінням напруги на діоді випрямляча вторинного кола  $V_f = 0.5$  В при струмі, близьким до нуля, і заданою напругою компенсації падіння напруги на дротах та вихідних клемх  $V_{ocbc} = 0$ :

$$N_{PS1max} = \frac{D_{max} \times V_{bulkmin}}{D_{magcc} \times (V_{OCV} + V_f + V_{ocbc})}$$

У результаті розрахунку отримуємо:

$$N_{PS1max} = \frac{0.495 \times (85 \times 1.414 \times 0.7)}{0.425 \times (15 + 0.5 + 0)} = 6.3$$

Округлимо значення  $N_{PS1max}$  до цілого і приймемо його рівним 6.

### РОЗРАХУНОК СПІВВІДНОШЕННЯ ВИТКІВ ІНШИХ ВТОРИННИХ ОБМОТКИ

Співвідношення витків додаткових вторинних обмоток ґрунтується на значенні коефіцієнта трансформації, прийнятому для основної вторинної обмотки, і може бути розраховане з використанням простого співвідношення:

$$N_{S2S1} = (V_{outs2} + V_f) / (V_{outs1} + V_f)$$

У результаті розрахунку отримуємо:

$$N_{S2S1} = (16.7 + 0.5) / (15 + 0.5) = 1.11$$

Співвідношення витків вторинної обмотки IV таке саме, як і вторинної обмотки III, але з округленням фактичної кількості витків у більший бік.

### РОЗРАХУНОК СПІВВІДНОШЕННЯ ВИТКІВ ДОПОМІЖНОЇ ТА ВТОРИННОЇ ОБМОТКИ

Допоміжна обмотка використовується для вимірювання напруги та живлення мікросхеми контролера в усталеному режимі (у момент увімкнення вона живиться від високої напруги первинної сторони). Отже, обмотка залишається на тій самій стороні каркасу трансформатора, що і його первинна обмотка. Коефіцієнт трансформації  $N_{AS1}$  розраховується з використанням напруги вимкнення за рівнем блокування живлення за зниженої напруги (*Under Voltage Lockout, UVLO*)  $VDD_{off} = 7.35$  В, що є одним із важливих параметрів контролера пристрою, прямого падіння напруги на випрямному діоді  $V_{fa} = 0.7$  В, мінімальної бажаної вихідної напруги в режимі обмеження струму (*Constant Current Mode, CCM*), що дорівнює  $V_{OCC} = 6.09$  В і враховує пряме падіння напруги вихідного випрямного діода  $V_f = 0.5$  В:

$$N_{AS1} = (VDD_{off} + V_{fa}) / (V_{OCC} + V_f)$$

Отже, ми маємо:

$$N_{AS1} = (7.35 + 0.7) / (6.09 + 0.5) = 1.22$$

<sup>1</sup> Цей стандарт у редакції 2013 року ідентичний ДСТУ EN 60950-1:2015 Обладнання інформаційних технологій. Безпека. Частина 1. Загальні вимоги (EN 60950-1:2006; A11:2009; A1:2010; A12:2011; AС:2011; A2:2013, IDT).

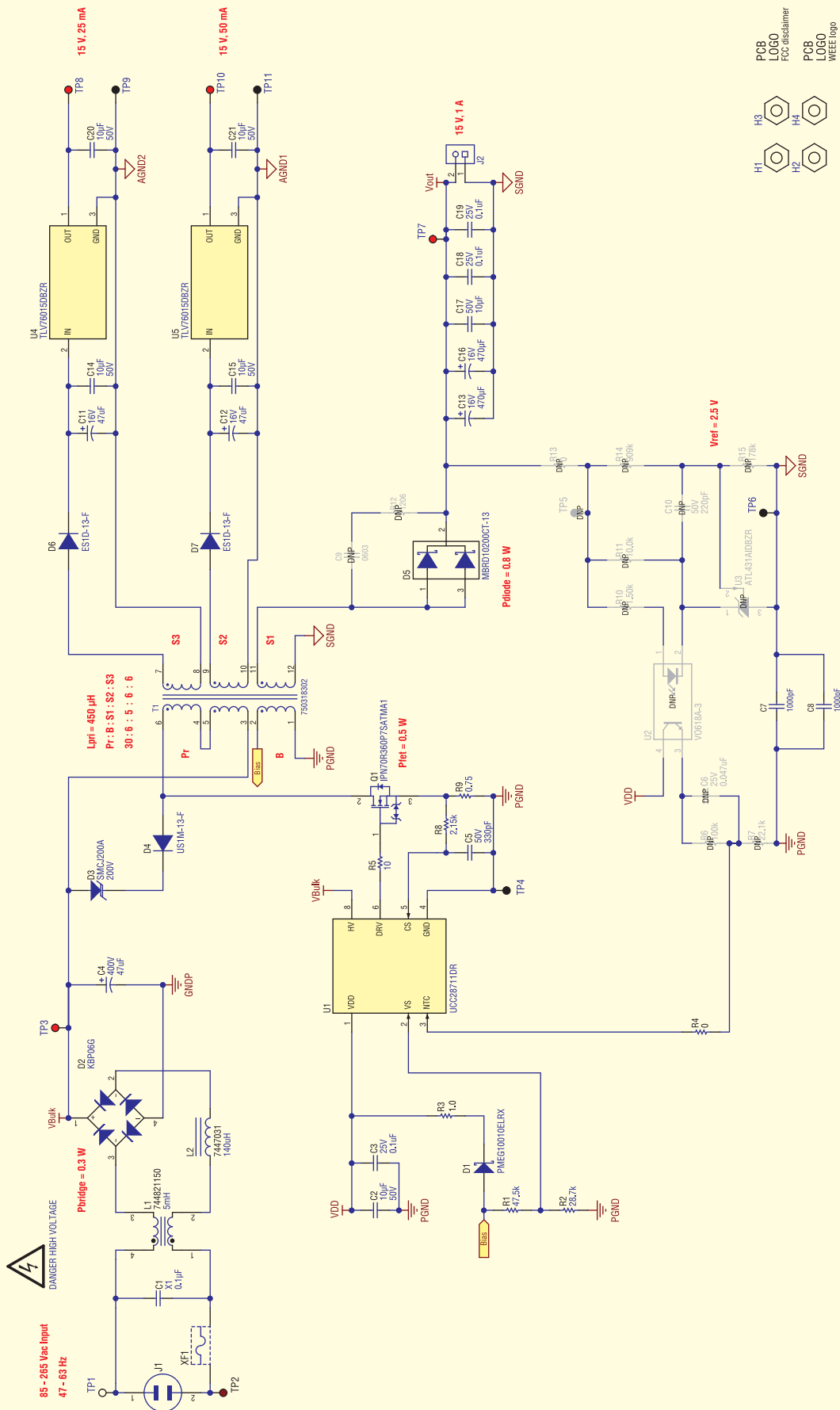


Рис. 3. Схема електрична принципова базової плати 15-Вт зворотногоходового АС/ДС-перетворювача з кількома вихідними напругами

Оскільки на вхід живлення VDD контролера поступає ще й додаткова енергія від індуктивності розсіювання трансформатора, це в багатьох конструкціях трансформаторів дає змогу використовувати менше відношення витків.

## РОЗРАХУНОК НОМІНАЛУ РЕЗИСТОРА СТРУМОВОГО СЕНСОРА

Фактичне значення резистора струмового сенсора, вибране для заданого струму  $I_{occ} = 1.3$  А, визначає коефіцієнт трансформації трансформатора відносно первинної та основної вторинної обмотки (був раніше прийнятий рівним 6) і регулюючи напругу постійного струму UC2871x, що позначається як  $V_{cc}$  (дорівнює 343 мВ). Оскільки не вся енергія, що накопичена в трансформаторі, передається у вторинну обмотку, у розрахунок має бути включений коефіцієнт корисної дії трансформатора. На етапі проектування ми, для загального коефіцієнта корисної дії трансформатора  $\eta = 0.9$  або 90%, припускаємо, що індуктивність розсіювання дорівнюватиме 3.5% від індуктивності первинної обмотки, втрати в осерді та обмотці дорівнюватимуть 5%, а втрати потужності на живлення контролера — 1.5%.

Враховуючи все перераховане вище, отримуємо:

$$R_{CS} = V_{cc} \times N_{PS1} \times \frac{\sqrt{\eta}}{2I_{occ}} = 0.343 \times 6 \times \frac{\sqrt{0.9}}{2 \times 1.3} = 0.75 \text{ Ом}$$

Опір резистора датчика струму обираємо з ряду стандартних значень, відповідно  $R_{CS} = 0.75$  Ом.

## РОЗРАХУНОК ПІКОВИХ СТРУМІВ В ПЕРВИННІЙ І ВТОРИННИХ ОБМОТКАХ

Пікові струми важливі під час розрахунку необхідної індуктивності первинної обмотки трансформатора. Піковий струм первинної обмотки — це максимальний поріг зчитування струму на контролері  $V_{csmmax} = 0.773$  В, поділений на опір датчика струму  $R_{CS}$ :

$$I_{ppmax} = V_{csmmax} / R_{CS} = 0.773 / 0.75 = 1.0307 \text{ А.}$$

Піковий струм вторинної обмотки  $I_{spmax}$  — це піковий струм первинної обмотки  $I_{ppmax}$ , помножений на коефіцієнт трансформації  $N_{PS1}$  трансформатора:

$$I_{spmax} = I_{ppmax} \times N_{PS1} = 1.0307 \times 6 = 6.184 \text{ А.}$$

Піковий струм вторинної обмотки III можна розрахувати за допомогою рівняння:

$$L_{S2} = LP / N_{PS2}^2 = 450 / 5.42 = 15.432 \text{ мкГн,}$$

де  $N_{PS2} = N_{PS1} / NS_{S1}^2 = 6 / 1.11 = 5.4$ , а  $L_p = 450$  мкГн — це значення індуктивності первинної обмотки, яке буде розраховано в наступному розділі.

При  $P_{02} = P_{03} = 16.7 \text{ В} \times 50 \text{ А} = 0.835 \text{ Вт}$ , отримуємо:

$$I_{pkS2} = \sqrt{\frac{P_{02}}{F_{max} \times L_{S2}}} = \sqrt{\frac{0.835}{80000 \times 15.432 \times 10^{-6}}} = 0.82 \text{ А.}$$

## РОЗРАХУНОК ІНДУКТИВНОСТІ ПЕРВИННОЇ ОБМОТКИ ТРАНСФОРМАТОРА

Індуктивність первинної обмотки трансформатора  $L_p$  розраховується з використанням стандартного рівняння накопи-

чення енергії для котушок індуктивно сті  $E = 0.5L \times I^2$ . Необхідні для подальшого розрахунку параметри — це піковий струм первинної обмотки  $I_{pp}$ , максимальна частота перемикавання  $F_{max}$ , загальна потужність  $P_{out} = (15 \text{ В} \times 1 \text{ А}) + 2(16.7 \text{ В} \times 50 \text{ А}) + (18 \text{ В} \times 20 \text{ мА}) = 17.03 \text{ Вт}$  і ККД трансформатора  $\eta$ :

$$L_p = \frac{2P_{out}}{\eta \times I_{ppmax}^2 \times F_{max}} = \frac{2 \times 17.03}{0.9 \times (1.03)^2 \times 80000} = 445.9 \text{ мкГн.}$$

Виберемо  $L_p = 450$  мкГн з урахуванням допуску  $\pm 10\%$ .

## РОЗРАХУНОК СЕРЕДЬОКВАДРАТИЧНИХ ПЕРВИННИХ І ВТОРИННИХ СТРУМІВ

Середньоквадратичні струми первинної та вторинної обмоток важливі для коректного вибору перерізу дротів у обмотці трансформатора. Середньоквадратичний струм в первинній обмотці  $I_{rmspri}$  залежить від пікового струму  $I_{pp}$  і максимального робочого циклу  $D_{max}$ :

$$I_{rmspri} = I_{ppmax} \sqrt{\frac{D_{max}}{3}} = 1.0307 \sqrt{\frac{0.495}{3}} = 0.42 \text{ А.}$$

Середньоквадратичний струм вторинної обмотки  $I_{rmssec}$  залежить від пікового струму  $I_{spmax}$  у вторинній обмотці і робочого циклу розмагнічування  $D_{magcc}$ :

$$I_{rmssec1} = I_{spmax} \sqrt{\frac{D_{magcc}}{3}} = 6.184 \sqrt{\frac{0.425}{3}} = 2.33 \text{ А.}$$

Середньоквадратичні струми у вторинних обмотках III і IV можна розрахувати за допомогою рівнянь:

$$I_{dc} = I_{pk} \times (D/2) \text{ і } I_{rms} = I_{pk} \sqrt{D/3}.$$

$I_{S2}$  і  $I_{S3}$  — це максимальні вихідні струми після випрямлення, а  $D_{offS2}$  — це розрахунковий робочий цикл часу вимкнення для вторинних обмоток III і IV, який визначається як:

$$D_{offS2} = (2I_{S2}) / I_{pkS2} = (2 \times 50) / 1.16 = 8.62\%.$$

Оскільки тепер ми знаємо піковий струм і робочий цикл, то можемо розрахувати загальний середньоквадратичний струм для обмоток III і IV:

$$I_{rmssec2} = I_{pkS2} \sqrt{D_{offS2}/3} = 0.82 \sqrt{0.086/3} = 0.14 \text{ А.}$$

## ВИБІР ТИПУ ОСЕРДЯ І КОНСТРУКЦІЇ КАРКАСУ ТРАНСФОРМАТОРА

Для силових застосувань із частотами перетворення, що не перевищують 500 кГц, кращим для осердь є марганцево-цинковий (Mn-Zn) ферит. Це пов'язано з тим, що він має прийнятні характеристики при відносній магнітній проникності  $\mu_r$  2000-2500. У цій конструкції для осердя використовується матеріал TP4A. Для нього густина магнітного потоку насичення  $B_{sat}$  становить 390 мТл при +100 °С. Наразі комерційно доступно безліч форм осердь із цього матеріалу, таких як EE, EFD, EP, RM, PQ, ETD тощо.

Під час вибору осердя і каркасу потрібно враховувати наступні параметри:

- необхідний об'єм осердя;
- необхідність дотримуватися стандартів безпеки;



- обмеження за розміром, як-от низький профіль або обмеження щодо займаної площі;
- вимоги до ізоляції (функціональної або посиленої);
- потужність, з якою осердя може працювати на заданій частоті;
- тип монтажу: у наскрізний отвір або поверхневий монтаж;
- вертикальний або горизонтальний каркас;
- кількість виводів на каркасі.

Для початку виконаємо розрахунок загальної потужності  $P_{in}$ :

$$P_{in} = P_{out}/\eta = 17.03/0.9 = 18.92 \text{ Вт.}$$

Для визначення необхідного ефективного об'єму осердя  $V_e$  ми будемо використовувати наведене нижче рівняння, узятє з книги «Switching Power Supplies A-Z» [5]:

$$V_e = \frac{31.4 \times P_{in} \times \mu_r}{z \times f \times B_{sat}^2} \times \left[ r \times \left( \frac{2}{r} + 1 \right) \right]^2.$$

Відносна магнітна проникність  $\mu_r$  матеріалу осердя прийнята за 2000, а максимальна густина магнітного потоку  $B_{sat}$  для забезпечення технологічного запасу, дорівнює 300 мТл. Одна з найважливіших умов під час проектування трансформатора для зворотногоходових перетворювачів - не допускати насичення трансформатора. З цією метою такий трансформатор виконується з певним повітряним (немагнітним) зазором. Коефіцієнт повітряного зазору осердя  $z$ , що визначається як співвідношення  $AL_{\text{погод}}/AL_{\text{гаперд}}$  прийнято рівним 10, а необхідний для подальшого розрахунку коефіцієнт пульсацій струму  $r = \Delta I/I$  обрано рівним 0.4. У результаті отримуємо:

$$V_e = \frac{31.4 \times 18.92 \times 2000}{10 \times 0.08 \times 3000^2} \times \left[ 0.4 \times \left( \frac{2}{0.4} + 1 \right) \right]^2 = 2.37 \text{ см}^3.$$

Згідно з каталогом компанії Würth Elektronik [6], об'єм осердя EFD25 становить 3.3 см<sup>3</sup>, а найближчого до нього, меншого за розмірами осердя EFD20 — 1.46 см<sup>3</sup>. Отже, для наших цілей ми виберемо EFD25, оскільки він відповідає критеріям за об'ємом, дещо перевищуючи розрахункові 2.37 см<sup>3</sup>, та іншим вимогам, як-от низька висота профілю, подовжена конструкція, що дасть змогу виконати вимоги щодо відповідності стандартам безпеки, та наявність 12 контактів, потрібних нам для організації виходів.

## РОЗРАХУНОК ДРОТІВ ТРАНСФОРМАТОРА І КОНСТРУКТИВНОГО ВИКОНАННЯ ТРАНСФОРМАТОРА

Грунтуючись на теплових міркуваннях, обираємо густину струму  $J = 10 \text{ А/мм}^2$ , як це рекомендується в [7] і низці інших публікацій (з досвіду автора перекладу для зниження температури обмотки та зменшення нагріву трансформатора переріз дротів усе ж таки краще обирати в межах 4.5–5 мм<sup>2</sup>). Відповідно, переріз дротів для первинної обмотки обирають таким чином:

$$I_{rms\ pri}/J = 0.42/10 = 0.042 \text{ мм}^2$$

з еквівалентним мінімальним діаметром 0.23 мм.

Для вторинної обмотки маємо:

$$I_{rms\ sec}/J = 2.33/10 = 0.233 \text{ мм}^2$$

з еквівалентним мінімальним діаметром 0.54 мм.

Половина первинної обмотки	
Допоміжна обмотка	
16.7 В/50 мА	16.7 В/50 мА
15 В/1 А основна вторинна	
Половина первинної обмотки	
Осердя	

**Рис. 4. Схема розміщення обмоток трансформатора виконання 750318302 компанії Würth Elektronik**

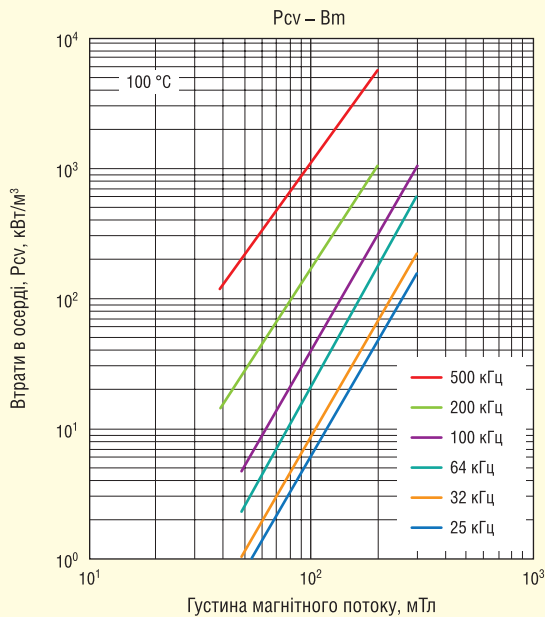
Для ефективного використання міді нам потрібно вибрати діаметр дроту менший, ніж подвійна глибина скін-ефекту. Глибину скін-шару при +100 °С у міліметрах можна розрахувати як:

$$\text{Глибина скін-шару} = \frac{76}{\sqrt{f}} = \frac{76}{\sqrt{80000}} = 0.269 \text{ мм.}$$

Діаметр дроту має бути не більшим за подвійну товщину скін-шару або 0.538 мм. Беручи до уваги всі ці параметри, для первинної (I) і допоміжної (V) обмоток обираємо дріт діаметром 0.32 мм (28 AWG). Для вторинної обмотки (II) обрано дріт діаметром 0.53 мм (23.5 AWG). Більш товстий дріт кращий, оскільки забезпечує менший опір. Для слабкострумових вторинних обмоток III і IV обрано дріт діаметром 0.10 мм (38 AWG).

Оскільки в первинній обмотці більше витків, первинна обмотка розділена, що дає змогу поліпшити індуктивний зв'язок і зменшити загальну індуктивність розсіювання. Спочатку намотується половина первинної обмотки (I), потім вторинна обмотка (II), розрахована на 15 В/1 А, і обидві слабкострумові вторинні обмотки (III і IV) на 16.7 В/50 мА. Далі намотується допоміжна обмотка (V) і, нарешті, друга половина первинної обмотки (I). Кожна обмотка розділена шарами ізолюючої стрічки. Крім того, на трьох вторинних обмотках використовується дріт із потрібною ізоляцією, а стандартний обмотувальний дріт передбачений тільки на первинній і допоміжній обмотках. Конструктивне рішення розміщення обмоток представлено на рисунку 4.

Такий варіант розміщення і діаметри дротів обрано з двох причин. По-перше, це дає змогу знизити витрати, оскільки мідний дріт із потрібною ізоляцією, у технічній літературі та у постачальників часто званий TIW (Triple Insulated Wire), дорожчий, ніж обмотувальний дріт, і на вторинних обмотках менше витків, тож вони ляжуть в один шар. Друга причина — зниження загальної заповнюваності вікна каркусу. Шляхи витоку і зазори відповідають вимогам стандарту UL60950-1 для посиленої ізоляції при робочій напрузі 265 В середньоквадратичного значення, категорії перенапруги II і ступеня забруднення навколишнього середовища 2. Лак використовується для закріплення осердя й обмоток на місці та запобігання потрапляння вологи у трансформатор. Лак також покращує теплопровідність, сприяючи передачі тепла від обмоток назовні, і допомагає підтримувати діелектричні властивості (зважаючи на власний досвід проектування трансформаторів для зворотногоходових перетворювачів, може зауважити, що вторинні сильнотокові обмотки доцільно виконувати не товстим одножилним дротом, а звитим дротом з ізолюваних тонких провідників або літцендратом. Таку обмотку значно легше намотувати та паяти. Крім того, для зменшення рівня випромінюваних електромагнітних завод поверх зібраного трансформатора доцільно встановити замкнений екран з мідної або латунної фольги, підключивши



**Рис. 5.** Густина магнітного потоку залежно від втрат у осерді для матеріалу TP4A. Зверніть увагу, що одиниці втрат у осерді для того, щоб привести їх до мВт/см<sup>3</sup>, потрібно масштабувати на 10<sup>-6</sup>

його до заземлення на друкованій платі. Однак тут, щоб не порушити вимоги з безпеки, необхідно проявляти певну обережність. — Прим. пер.)

**ОЦІНКА ВТРАТ**

Втрати в осерді можна оцінити за допомогою рисунку 5. Оскільки в цьому додатку використовується однополярний сигнал, а діаграма, наведена на рисунку 5, може бути застосована до біполярних сигналів з  $V_{max}$  як розмахом від піку до піку, то для того, щоб використовувати графіки, ми повинні розділити густину магнітного потоку навпіл.

Раніше ми обрали максимальну густину магнітного потоку для осердя 300 мТл. Розділивши це значення навпіл, отримаємо 150 мТл. З використанням кривої для 100 кГц на рисунку 5 за 150 мТл приблизні втрати в осерді на одиницю об'єму становлять 150 мВт/см<sup>3</sup> (мВт/см<sup>3</sup> — це те саме, що й кВт/м<sup>3</sup> у масштабі 10<sup>-6</sup>. — Прим. пер.). Помноживши це значення на об'єм осердя EFD25, що дорівнює 3.306 см<sup>3</sup>, отримаємо приблизні втрати в осерді:

$$P_{core} = 150 \times 3.306 = 496 \text{ мВт.}$$

Резистивні втрати в міді можна оцінити за допомогою простої формули  $I_{rms}^2 \times DCR$ . Середньоквадратичні струми розраховували раніше, а значення DCR (цей параметр більш відомий як RDC — опір за постійним струмом) розраховують на основі середньої довжини витка, площі перерізу і питомого опору дроту  $\rho$  за робочої температури, але оскільки для міді та невеликої довжини дроту обмотки можна брати табличне значення при температурі +25 °С, а саме  $\rho = 0.0175 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ . Крім того, можна використовувати дані щодо конкретного типу дроту, для якого дається його погонний опір. Отже, маємо:

$$P_{CU} = P_{pri1} + P_{pri2} + P_{sec1} + P_{sec2} + P_{sec3} + P_{AUX}$$

де  $P_{CU}$  — це повні втрати в дротах обмоток;  $P_{pri1}$  — втрати в першій половині первинної обмотки;  $P_{pri2}$  — втрати в другій половині первинної обмотки;  $P_{sec1}$  — втрати у вторинній обмотці II;  $P_{sec2}$  — втрати у вторинній обмотці III;  $P_{sec3}$  — втрати у вторинній обмотці IV;  $P_{AUX}$  — втрати в допоміжній обмотці V.

У підсумку маємо:

$$P_{CU} = (0.422 \times 0.29) + (0.422 \times 0.29) + (2.332 \times 0.031) + 2 \times (0.22 \times 1.038) + (0.0312 \times 0.017) = 381 \text{ мВт.}$$

При цьому загальні втрати в трансформаторі складуть  $P_{losses} = P_{core} + P_{CU} = 887 \text{ мВт}$ . Відповідно, ККД трансформатора можна розрахувати як:

$$\eta = 1 - (0.877/17.03) = 94.85 \%$$

**НАГРІВАННЯ ТРАНСФОРМАТОРА**

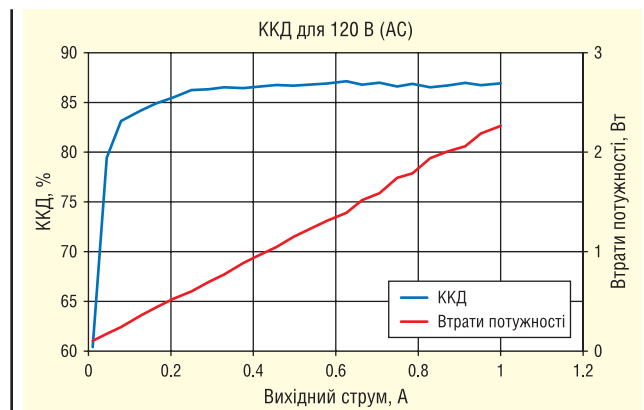
Просту і швидку оцінку підвищення температури трансформатора можна зробити, подивившись значення  $R_{th}$  осердя, яке представляє підвищення температури при втратах на 1 Вт. Для осердя EFD25  $R_{th} = 30 \text{ К/Вт}$ . Множення на загальні втрати дає перевищення температури навколишнього середовища:

$$T_{rise} = R_{th} \times P_{losses} = 30 \times 0.877 = 26.31 \text{ °С.}$$

**ТЕСТУВАННЯ ТА ГРАФІКИ ЕФЕКТИВНОСТІ**

Загальну ефективність базової плати вимірювали за повного навантаження на основний вихід 15 В. Два інші виходи 15 В із навантаженням до 50 мА стабілізували за напругою за допомогою LDO-стабілізаторів TLV76015DBZR. Дані щодо ККД плати для входу 120 В змінного струму наведено в таблиці 1, а графіки загальної ефективності подано на рисунку 6. Дані щодо ККД плати для входу 230 В змінного

Потужність по входу $P_{IN}$ Вт	Вихідна напруга $V_{OUT}$ В	Вихідний струм $I_{OUT}$ А	Потужність по виходу $P_{OUT}$ Вт	ККД	Втрати потужності $P_{LOSS}$ Вт
0.843	15.0487	0.0445	0.6697	79.44	0.1733
4.3555	15.024	0.25	3.756	86.24	0.5995
8.6366	15.0336	0.498	7.4867	86.69	1.1499
13	15.0309	0.749	11.2581	86.6	1.7419
17.3	15.0361	1	15.0361	86.91	2.264



**Рис. 6.** Графік загальної ефективності плати при вхідній напрузі 120 В змінного струму

Таблиця 2. Дані щодо ККД для входу 230 В змінного струму

Потужність по входу $P_{in}$ Вт	Вихідна напруга $V_{out}$ В	Вихідний струм $I_{out}$ А	Потужність по виходу $P_{out}$ Вт	ККД	Втрати потужності $P_{loss}$ Вт
0.916	15.041	0.0451	0.6784	74.06	0.2376
4.4599	15.0265	0.25	3.7566	84.23	0.7033
8.6973	15.0237	0.498	7.4818	86.02	1.2155
13	15.0385	0.748	11.2488	86.53	1.7512
17.3	15.0427	0.999	15.0276	86.87	2.2724

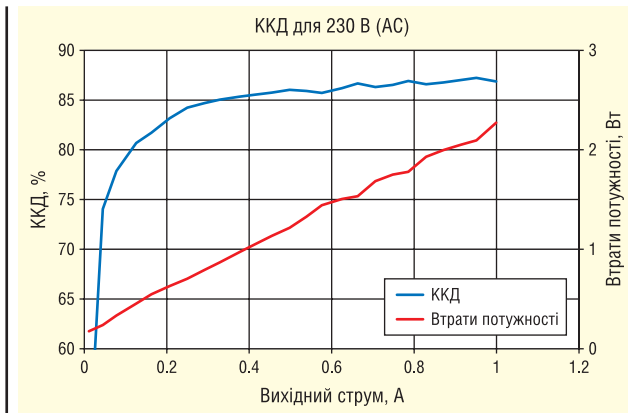


Рис. 7. Графік загальної ефективності плати при входній напрузі 230 В змінного струму

струму наведено в таблиці 2, а графіки загальної ефективності подано на рисунку 7.

## ВИСНОВОК

Спочатку, під час розрахунків конструкції, з огляду на втрати індуктивності розсіювання 3.5%, втрати в осерді й обмотці 5% і втрати потужності зміщення 1.5%, ми припускали, що ККД трансформатора становитиме 90%. За розрахунками було отримано 5.15% втрат у осерді й обмотках на постійному струмі. На практиці в осерді та обмотці було отримано 6.5% втрат, включно з втратами в обмотці за змінним струмом, які ми не розраховували. Тож покладений в основу

на етапі проектування під час розрахунку для трансформатора зворотногоходового перетворювача з трьома виходами ККД = 90% — це коректний підхід, який дав прийнятний результат. Проте все ж слід враховувати втрати за змінним струмом і коефіцієнт заповнення вікна каркасу.

Як згадувалося раніше, створення такого трансформатора — ітеративний процес, але наведені в статті рекомендації мають зменшити кількість ітерацій і дати оптимальне рішення приблизно за два проходи. На системному рівні ця конструкція трансформатора для зворотногоходового AC/DC-перетворювача з кількома виходами та потужністю 15 Вт з урахуванням втрат перемикачів та втрат на інших компонентах, наприклад, на вхідному випрямлячі та доріжках друкованої плати, дала змогу досягти загального ККД понад 86%. Повний аналіз наведено в документі компанії Texas Instruments [8], доступному з [3], з неї ж можна завантажити і файли для проектування, що допоможе створювати свої варіанти блока живлення.

## Література:

- Vaidyanath S. S., Dorosa J. 15W Multi Output Offline Flyback Transformer. <https://www.we-online.com/catalog/media/o183213v410%20ANP094a%2015W%20Multi%20Output%20Offline%20Flyback%20Transformer.pdf>
- UCC28711 Constant-voltage, constant-current PWM with PSR, valley switching, NTC option, and 0-mV cable comp. [www.ti.com/product/UCC28711](http://www.ti.com/product/UCC28711)
- 15-W multi-output off-line flyback reference design PMP21927. [www.ti.com/tool/PMP21927#technicaldocuments](http://www.ti.com/tool/PMP21927#technicaldocuments)
- UCC2871x Constant-Voltage, Constant-Current Controller With Primary-Side Regulation. NOVEMBER 2012 — REVISED JUNE 2017. [www.ti.com/lit/ds/symlink/ucc28710.pdf](http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ucc28710.pdf)
- Maniktala S. Switching Power Supplies A-Z. 2nd ed. Oxford, Newnes, 2012.
- Würth Elektronik, Custom Capabilities Catalog. <https://www.we-online.com/en/components/products/MID-OLTI>
- Sha Z. et al. Optimal design of switching power supply. Singapore, Wiley, 2015
- Test Report: PMP21927. 15-W Multi-Output Off-Line Flyback Reference Design. Texas Instruments Incorporated, 2019. **СН**

## ОДИН КОМПОНЕНТ, ДВА ЗАСТОСУВАННЯ

Компанія **Würth Elektronik** анонсувала котушки індуктивності WE-RFI типорозмірів 0402 і 0603, які можна використовувати як котушки індуктивності для ВЧ-пристроїв або як феритові котушки для придушення завад. Таким чином виробник реагує на тенденцію до мініатюризації та доповнює вже наявні типорозміри 0805 і 1008. Компоненти підходять як фільтри нижніх частот (для фільтрації високочастотного шуму), фільтри ліній передачі даних, розв'язки напруги живлення, низькочастотні радіопристрої та RFID.

Як дротяні ферити, котушки індуктивності WE-RFI досягають вищого імпедансу, ніж звичайні ферити, навіть на високих частотах і в ширшій смузі пропускання. На відміну від багатошарових феритів, вони не демонструють зміщення по постійному струму. Як високочастотні котушки індуктивності вони забезпечують високі значення індуктивності від 20 нГн до 47 мкГн. Вони характеризуються низьким RDC і, відповідно, високим номінальним струмом до 1.91 А при  $\Delta T = 40$  К. Для цієї групи компонентів доступний конструкторський набір, який Würth Elektronik завжди безкоштовно поповнює.

## БЕЗ ТЕРМІЧНОГО СТАРІННЯ

Компанія **Würth Elektronik** представила WE-LHCA (Low Profile High Current Automotive Inductor) — особливо плоский і термостійкий індуктор у чотирьох розмірах з різними значеннями індуктивності.

Силкові котушки індуктивності розраховані на розширений температурний діапазон від  $-55$  до  $+155$  °С і сконструйовані таким чином, щоб уникнути теплової деградації. Індуктор, сертифікований AEC-Q200, підходить для таких застосувань, як сильноточові джерела живлення, системи «старт-стоп», модулі розподілу електроенергії, бортові зарядні пристрої, інформаційно-розважальні системи або системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

Сімейство котушок індуктивності WE-LHCA складається з наступних типорозмірів: 7030 ( $L = 0.47-22$  мкГн), 1040 ( $L = 1-68$  мкГн), 1365 ( $L = 1-47$  мкГн) і 1770 ( $L = 4.7-82$  мкГн). Ці компоненти мають низькопрофільну екрановану конструкцію з розподіленим повітряним проміжком у порошку залізного сплаву.

[www.we-online.com](http://www.we-online.com)



# MORNSUN®



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

IGBT Driver · LED Driver · EMC Auxiliary Device

## MORNSUN®

MORE THAN RELIABILITY

Офіційні поставки в Україні від компанії «НВП ЄВРОКОМ КОМПОНЕНТС»



# EUROCOM COMPONENTS

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

# Електроживлення домашнього медичного обладнання

Стів Робертс (Steve Roberts)

**Медичні пристрої, призначені для догляду вдома, повинні витримувати більш жорсткі та менш контрольовані умови експлуатації, ніж обладнання в медичних установах. У статті розглядаються стандарти безпеки електронного обладнання, специфічні вимоги та шляхи реалізації за допомогою готових модулів.**

## ВСТУП

Статистика стверджує, що тривалість нашого життя в середньому збільшилася, а найкращі показники спостерігаються в Японії — останні дослідження стверджують, що тривалість життя жінок у цій країні досягає 87 років. За іронією долі одночасно з цим ми ведемо менш здоровий спосіб життя, зі зростаючими показниками щодо ожиріння та кількості хронічних захворювань, таких як діабет і хвороби серцево-судинної системи. Внаслідок цього збільшується кількість людей похилого віку та тих, хто потребує догляду, яким потрібна постійна медична терапія, що створює додаткове навантаження на систему охорони здоров'я. Для полегшення такого навантаження і покращення якості життя з'явилася тенденція проводити більше медичних процедур вдома. Цей підхід став значно ефективнішим із розвитком нових технологій, що полегшують використання складного портативного обладнання, зокрема за допомогою телемедицини з дистанційним електронним відстеженням медичних показників. Це вже досить великий бізнес, а в майбутньому, до 2028 року, його обсяг за різними оцінками перевищить \$500 млрд.

## МЕДИЧНІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ ДОГЛЯДУ ВДОМА ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ В НЕБЕЗПЕЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Найчастіше ми сприймаємо роботу в промисловому та професійному

медичному середовищі, де до обладнання застосовуються чіткі стандарти щодо забруднень і безпеки, як «жорсткі умови експлуатації». Під час експлуатації апаратури вдома розробнику необхідно передбачити безліч додаткових факторів і оцінити ризики, які можуть вплинути на роботу медичного обладнання. Крім очевидних коливань температури та вологості, обладнання може некоректно використовуватися особами, які не мають належної освіти, а також перебувати в середовищі, де є діти та тварини. Також можуть бути присутніми залишки їжі, побутові забруднення, пролита рідина, шерсть тварин і медичні відходи. Джерело електроживлення може мати неякісне заземлення, а в мережі присутні провали і стрибки напруги. До того ж, випромінювані та наведені завади від іншого обладнання здатні впливати на роботу, а керування сучасним медичним пристроєм може бути складним і неоднозначним для літніх і хворих людей.

Для вирішення цих завдань медичне обладнання для домашнього догляду повинно задовольняти певним стандартам з безпеки, продуктивності та ЕМС. Основним стандартом для медичного обладнання з безпеки та продуктивності є ДСТУ EN 60601-1:2019 «Вироби медичні електричні. Частина 1. Загальні вимоги щодо безпеки та основних робочих характеристик. Зі Зміною № 1:2019» (EN 60601-1:2006/A1:2013, IDT; IEC 60601-1:2005/A1:2012, IDT) і додатковий ДСТУ EN 60601-1-11:2019 «Вироби медичні електричні. Частина 1-11. Загальні вимоги щодо безпеки та основних робочих характеристик. Додат-

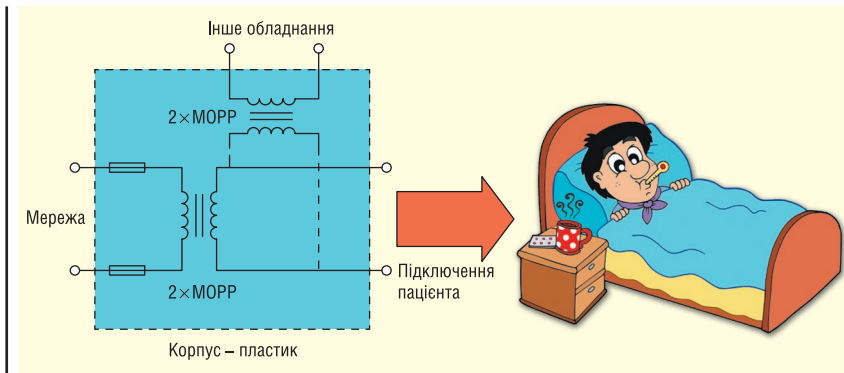
ковий стандарт. Вимоги до медичного електричного обладнання та медичних електричних систем, призначених для надання медичної допомоги в домашніх умовах» (EN 60601-1-11:2015/A1:2021, IDT; IEC 60601-1-11:2015/A1:2020, IDT). Стандарт датований 2019 роком із Зміною № 1:2022.

Порівняно з професійним обладнанням додатковими вимогами ДСТУ IEC EN 60601-1-11:2019 є робота в разі зниження напруги на 15%, а для систем життєзабезпечення та реанімації на 20% від номіналу. Повинен бути передбачений механізм підтримання працездатності («достатня кількість часу») у разі втрати електроживлення та аварійна сигналізація небезпечної ситуації. На практиці це означає наявність резервного акумулятора з системою контролю стану та сигналізацією. При живленні від постійної напруги додаткові вимоги визначають роботу протягом 30 с за відсутності живлення.

## ПОРТАТИВНІ МЕДИЧНІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ ДОГЛЯДУ ВДОМА МАЮТЬ ВІДПОВІДАТИ КЛАСУ II

Більш жорсткою вимогою вважається необхідність відповідності класу II при мережевому живленні без наявності заземлення. Це означає наявність подвійного ізоляційного бар'єра (рис. 1). Стандарт все ще допускає клас I для медичного обладнання для догляду вдома, з металевим корпусом і захисним заземленням, але тільки як частину стаціонарної установки. У цьому випадку діють суворі правила щодо перевірки якості заземлення та додаткового маркування навченим персоналом.

У лікарні, якщо одночасно через зарядний пристрій обладнання під'єднують до пацієнта і до мережі, зазвичай потрібен подвійний ізоляційний бар'єр 2xMOPP (*Measures of Patient Protection* — «міра захисту пацієнта»)



**Рис. 1. Характеристика ізоляції медичного джерела живлення класу II**

для захисту від ураження електричним струмом. Для обладнання класу II це досягається збільшеними відстанями між струмопровідними елементами і шляхом струму витoku та/або суцільною або багатопарною ізоляцією. Кількісна міра ізоляції залежить від напруги мережі, ступеня забруднення і навіть висоти над рівнем моря. Будь-яке підключення до пацієнта, наприклад за допомогою дротового датчика, має задовольняти або перевершувати критерій BF (*Body Floating*), що визначає максимальний допустимий струм витoku.

Якщо медичне обладнання, що контактує з пацієнтом, також під'єднується до інших пристроїв, зазвичай через USB- або LAN-порт для відстеження та реєстрації показників, то цей порт теж має задовольняти критерію 2xMOPP. Це зроблено для того, щоб у разі відмови обладнання уникнути протікання струму через пацієнта. Як і в госпітальному обладнанні, елементи з критеріями BF мають бути ізольовані від будь-якого можливого заземлення, що може бути присутнім, — наприклад, через екранування в кабелі, підключеному до іншого обладнання.

### КЛАС В З ЕМС ДЛЯ НАВЕДЕНИХ І ВИПРОМІНЮВАНИХ ЗАВАД Є ОБОВ'ЯЗКОВИМ

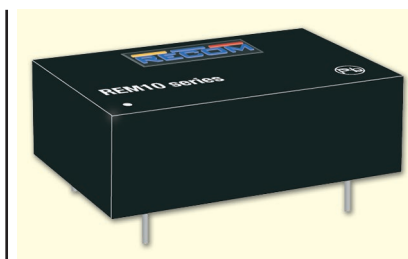
Для того, щоб розв'язати можливу проблему з наведеними та випромінюваними завадами при домашній експлуатації, ДСТУ EN 60601-1-11:2019 вимагає відповідності CISPR 11 (останньої версії 2015/AMD2:2019) класу В. Клас А, що передбачає менш жорсткі вимоги, допустимий для використання у лікарнях. Крім цього, стійкість до зовнішнього високочастотного випромінювання має бути підвищено з 3 до 10 В/м, оскільки під час домашньої експлуатації більш імовірний вплив від іншого елек-

тронного обладнання. До того ж новий норматив визначає збереження працездатності, безпеки та характеристик за вказаних рівнів завод.

У ДСТУ EN 60601-1-11:2019 міститься безліч інших вимог, включно з регламентами, що стосуються навколишнього середовища, механічної міцності та доступності, можливості проникнення води та твердих частинок, до обслуговування, маркування, документації тощо. Як завжди, виробник обладнання повинен детально вивчити вимоги стандартів, ступінь ризику і врахувати всі фактори на етапі проектування.

### АС/ДС-ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ Є ВАЖЛИВИМ ЕЛЕМЕНТОМ БЕЗПЕКИ

Будь-яке вбудоване АС/ДС-джерело живлення, природно, стає основним елементом електробезпеки. Найчастіше пристрої догляду вдома є компактними і портативними, тому популярні модульні АС/ДС-джерела живлення для встановлення на друковану плату. Широкий спектр модулів RECOM потужністю 18, 30 і 40 Вт сертифікований за 2xMOPP (240 В АС), має клас II без заземлення і принаймні рейтинг BF за струмом витoku пацієнта. Вхідний діапазон усіх модулів починається від 90 В АС для роботи в мережах 115 В АС з падінням напруги на 20%.



**Рис. 2. 40-Вт АС/ДС-джерело живлення RACM40-K**

Наприклад, RACM40-K (рис. 2) — це інкапсульоване АС/ДС-джерело живлення розмірами всього 1.8x3.2x1.2". Діапазон робочих температур становить -40...+85 °С зі зниженням характеристик у діапазоні високих температур, а вихідну напругу обирають із низки значень 5–48 В DC. Поряд із медичною сертифікацією 2xMOPP на висотах до 5000 м, RACM40-K сертифікований за стандартами безпеки в інформаційних технологіях, мультимедіа, побути та промисловості, а також може експлуатуватися в середовищі з категорією III за перенапругами.

Для стаціонарних систем домашнього медичного догляду доступні версії у відкритому виконанні або з кожухом, що мають потужність 60–1200 Вт і медичну сертифікацію.

Для ізольованих зовнішніх інтерфейсів медичних домашніх пристроїв часто потрібні шини живлення, організацію яких найпростіше реалізувати за допомогою DC/DC-конвертерів, які також випускаються компанією RECOM у діапазоні 1–30 Вт. Ці пристрої мають ізоляцію 2xMOPP і широкий вибір вхідної та вихідної напруги. Наприклад, серія REM10, виконана в компактному корпусі DIP24, має потужність 10 Вт, широкий вхідний діапазон 4:1 і струм витoku пацієнта всього 2 мА. У режимі енергозбереження опціональний вхід вимкнення переводить конвертер у знижене споживання менше як 12.5 мВт.

DC/DC-конвертери, сертифіковані за 2xMOPP, також можуть використовуватися в комбінації з потужними АС/ДС для забезпечення ізоляції між каналами багатопараметричного обладнання, під'єданого до пацієнта, щоб забезпечити вищі характеристики міцності ізоляції або зниження струму витoku.

### ВИСНОВОК

У пристроях домашнього медичного догляду потрібні вбудовані неізольовані конвертери для створення внутрішніх шин електроживлення. Хоча медичні стандарти і не стосуються цих перетворювачів, при батарейному живленні для звичайного або резервного функціонування необхідно максимізувати термін їхньої служби. Тому будь-який DC/DC-конвертер повинен мати якомога вищий ККД. Відповідне рішення можна знайти в широкому спектрі неізольованих конвертерів компанії RECOM, реалізованих у різних форм-факторах, що мають різні рівні потужності. **СН**



# Інерціальні модулі компанії Xsens

## Математичні алгоритми разом із сучасними MEMS-технологіями як надійне розв'язання задач орієнтації та навігації

**Інерціальні датчики та системи на їхній базі є ключовим елементом під час розв'язання задач керування, стабілізації, навігації та відстеження руху повітряних, наземних, морських і підземних об'єктів. Безплатформна інерціальна навігаційна система, або система орієнтації, складається з інерціального вимірювального блоку (IMU, Inertial Measurement Unit), що надає первинні дані про кутову швидкість і лінійне прискорення, та блоку обробки інформації з датчиків, де відбувається інтегрування, перетворення та обробка даних з подальшою видачею інформації про кути орієнтації, швидкість чи положення, що вимагаються для побудови системи керування рухомих об'єктом.**

Розв'язання зазначених завдань ускладнюється неідеальністю датчиків і системи загалом, що призводить до виникнення помилок, які мають різний характер, зокрема помилок, спричинених зовнішніми впливами — вібраціями через двигуни та виконавчі механізми або через взаємодію з навколишнім середовищем, змінами температури, тривалими прискореннями та магнітними збуреннями.

Останні досягнення в галузі технології мікроелектромеханічних систем (Micro-Electromechanical Systems, MEMS) дають змогу розробити недорогі (<\$1–100 за вісь) і компактні (від <0.02–0.2 см<sup>3</sup>) акселерометри та гіроскопи. Помилки, притаманні цим компонентам, істотно ускладнюють побудову навігаційних систем з використанням IMU тільки на основі MEMS-датчиків для згаданих застосувань. Для збільшення точності та надійності оцінки відстеження надзвичайно важливо, щоб сигнали IMU на основі MEMS комбінувалися з вимірами від допоміжних датчиків, таких як магнітометр, барометричний висотомір і глобальна супутникова навігаційна система (*Global Navigation Satellite System, GNSS*), а також з моделями руху, специфічними для конкретних рухомих об'єктів. Компанія Xsens, що має багаторічний досвід роз-

роблення алгоритмів, створила алгоритм злиття датчиків Xsens estimation engine (XEE), який дає змогу використовувати переваги різних допоміжних вимірів датчиків і оптимально поєднувати їх для отримання надійних оцінок відстеження.

Інерціальні модулі Xsens мають назву MTi та задовольняють вимоги, що діють у різних галузях застосування. На рисунку 1 зображено лінійку моду-

лів MTi, а в таблиці 1 подано перелік моделей у кожній із лінійок із зазначенням функціоналу. Основою модуля є інерціальний вимірювальний блок IMU на основі MEMS-датчиків, об'єднаний із триадою магнітометрів у легкому (11 г для OEM-версії) мініатюрному (<15 см<sup>3</sup>) корпусі з енергоспоживанням 480–650 мВт (для MTi 100-ї серії). Конструкція модуля і датчиків у поєднанні з алгоритмами оброблення сигналів забезпечує стійкість до вібрацій у діапазоні щонайменше до 400 Гц (для MTi 100-ї серії), а також видавання даних із високою частотою (2 кГц) і низькою затримкою передавання даних (<2 мс). Серію продуктів MTi розроблено з урахуванням вимог, що диктуються наявними застосуваннями.

У рамках кожної серії MTi компанія Xsens пропонує кілька варіантів продукції. Кожен варіант надає різні функціональні можливості. На рисунку 2 та в таблиці 1 пояснено класифікацію модулів MTi за функціоналом.



Рис. 1. Лінійка модулів MTi

Таблиця 1. Перелік моделей у кожній з лінійок модулів MTi із зазначенням функціоналу				
Модель	MTi 1-series	MTi 600-series	MTi 10-series	MTi 100-series
IMU	MTi-1 IMU	MTi-610 IMU	MTi-10 IMU	MTi-100 IMU
VRU	MTi-2 VRU	MTi-620 VRU	MTi-20 VRU	MTi-200 VRU
AHRS	MTi-3 AHRS	MTi-630 AHRS MTi-630R AHRS	MTi-30 AHRS	MTi-300 AHRS
GNSS/INS	MTi-7 GNSS/INS	MTi-670 GNSS/INS MTi-670G GNSS/INS	–	MTi-G-710 GNSS/INS
GNSS/INS (RTK)	–	MTi-680 RTK GNSS/INS MTi-680G RTK GNSS/INS	–	–

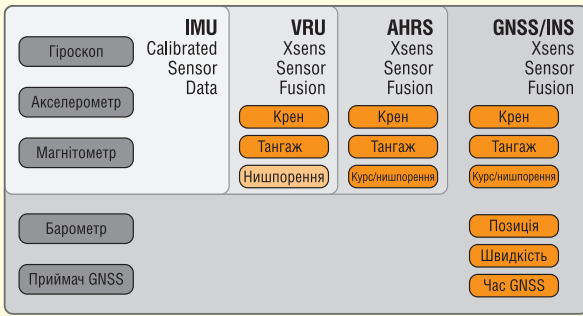


Рис. 2. Пояснення класифікації модулів MTi

Блок чутливих елементів IMU є інерційним вимірювальним блоком, який видає калібровану інформацію про лінійні прискорення, кутові швидкості повороту, дані про величину магнітного поля за трьома осями та барометричний тиск (для деяких варіантів модулів). IMU не надає функцію злиття даних від датчиків для отримання оцінок за кутами орієнтації, але має можливість виведення даних у вигляді приростів за кутами Δq і приростів за швидкістю Δv.

Гірогоризонт (*Vertical Reference Unit, VRU*) дає змогу застосовувати алгоритми, які використовують напрямок вектора прискорення вільного падіння як джерело додаткової інформації для розрахунку і корекції кутів крену і тангажу. По суті, він надає ті самі дані, що й курсовертикаль (*Attitude and Heading Reference System, AHRS*), за винятком кута нишпорення. Оцінка кута нишпорення в гірогоризонті не має прив'язки до напрямку на Північ, що означає, що кут обчислюється без будь-якого географічного/магнітного прив'язування та коригування, а лише завдяки інтегруванню показів

**Таблиця 2. Основні характеристики точності модулів MTi**

Модуль	Крен/Тангаж стат. динам.		Курс	Алгоритми обробки	Координати та швидкість
	Крен	Тангаж			
<b>MTi 1-series (1-а серія)</b>					
MTi-1 IMU	–	–	–	–	–
MTi-2 VRU	0.5°	0.8°	AHS	XKF	–
MTi-3 AHRS	0.5°	0.8°	2°	XKF	–
MTi-7 GNSS/INS	0.5°	0.5°	1.5°	XKF	1 м; 0.05 м/с
<b>MTi600-series (600-а серія)</b>					
MTi-610 IMU	–	–	–	–	–
MTi-620 VRU	0.2°	0.25°	AHS	XKF	–
MTi-630 AHRS	0.2°	0.25°	1°	XKF	–
MTi-630R AHRS	0.2°	0.25°	1°	XKF	–
MTi-670 GNSS/INS	0.2°	0.25°	0.8°	XKF	1 м; 0.05 м/с
MTi-670G GNSS/INS	0.2°	0.25°	0.8°	XKF	1 м; 0.05 м/с
MTi-680 RTK-GNSS/INS	0.2°	0.25°	0.5°	XKF	1 см; 0.05 м/с
MTi-680G RTK-GNSS/INS	0.2°	0.25°	0.5°	XKF	1 см; 0.05 м/с
<b>MTi 10-series (10-а серія)</b>					
MTi-30 AHRS	0.2°	0.5°	1°	XKF	–
<b>MTi 100-series (100-а серія)</b>					
MTi-100 IMU	–	–	–	–	–
MTi-200 VRU	0.2°	0.3°	AHS	XEE	–
MTi-300 AHRS	0.2°	0.3°	1°	XEE	–
MTi-G-710 GNSS/INS	0.2°	0.3°	0.8°	XEE	1 м; 0.05 м/с

**Примітка.** AHS — Active Heading Stabilization (активна стабілізація курсу).

із гіроскопів із можливістю використання функції активної стабілізації за курсом для зменшення його дрейфу. Для VRU доступний весь функціонал IMU.

За функціоналом курсовертикаль схожа з гірогоризонтом і видає кути крену, тангажу і нишпорення з прив'язкою до напрямку на Північ завдяки використанню магнітометрів.

Таблиця 3. Масові та геометричні характеристики модулів MTi

MTi 1-series	MTi 600-series		MTi 10/100-series		MTi-G-710	
Без корпусу, OEM	Пластиковий корпус, OEM	MTi-6xxR, корпусований	MTi-6xxG, корпусований	Корпусований	OEM	Корпусований
12.1×12.1×2.55 мм	31.5×28×13 мм	56.5×40.9×24.75 мм, 75 г	56.5×40.9×36.75 мм, 98 г	57×42×23.5 мм, 52 г	37×33×12 мм, 11 г	57×42×23.5 мм, 55 г
Під пайку	16-контактний роз'єм	12-контактний роз'єм	12-контактний роз'єм, 4-контактний роз'єм	9-контактний роз'єм	16-контактний роз'єм	9-контактний роз'єм
<b>Налагоджувальний набір</b>	<b>Налагоджувальний набір</b>		<b>Налагоджувальний набір</b>			
Склад*: модуль MTi на налагоджувальній платі, приймач і антена, USB-кабель, ПЗ	Склад*: модуль MTi, налагоджувальна плата, приймач і антена, кабель з USB-перехідником, шлейф, ПЗ		Склад*: модуль MTi, антена, USB-кабель CA-USB-MTi, ПЗ			

**Примітка.** \*Склад налагоджувального набору визначається типом модуля.

Таблиця 4. Технічні характеристики гіроскопів і акселерометрів, що входять до складу модулів MTi

Характеристики	MTi 1-series		MTi600-series		MTi 10-series		MTi 100-series	
	Гіроскопи	Акселерометри	Гіроскопи	Акселерометри	Гіроскопи	Акселерометри	Гіроскопи	Акселерометри
Діапазон вимірювань*	2000 °/с	160 м/с <sup>2</sup>	2000 °/с	100 м/с <sup>2</sup>	450 °/с	200 м/с <sup>2</sup>	450 °/с	200 м/с <sup>2</sup>
Зміщення нуля	–	–	–	–	0.2 °/с	0.05 м/с <sup>2</sup>	0.2 °/с	0.05 м/с <sup>2</sup>
Стабільність нуля в запуску	10 °/ч	30 мкг	8 °/ч	10 мкг	18 °/ч	15 мкг	10 °/ч	15 мкг
Смуга пропускання (3 дБ)	230 Гц	230 Гц	520 Гц	500 Гц	415 Гц	375 Гц	415 Гц	375 Гц
Густина шуму	0.003 °/с/√Гц	70 мкг/√Гц	0.007 °/с/√Гц	60 мкг/√Гц	0.03 °/с/√Гц	60 мкг/√Гц	0.01 °/с/√Гц	60 мкг/√Гц
Похибка від g (з калібруванням)	0.001 °/с/g	–	0.001 °/с/g	–	0.006 °/с/g	–	0.003 °/с/g	–
Неортогональність	0.05°	0.05°	0.05°	0.05°	0.05°	0.05°	0.05°	0.05°
Нелінійність (від повного діапазону)	0.1%	0.5%	0.1%	0.1%	0.03%	0.1%	0.01%	0.1%

Примітка. \*Можливі нестандартні діапазони, за запитом.

Таблиця 5. Технічні характеристики магнітометрів і барометрів, що входять до складу модулів MTi

Характеристики	MTi 1-series	MTi600-series		MTi 10-series	MTi 100-series	
	Магнітометр	Магнітометр	Барометр	Магнітометр	Магнітометр	Барометр
Діапазон вимірювань	±8 Гс	±8 Гс	300–1100 гПа	±8 Гс	±8 Гс	300–1100 гПа
Шум (з.к.з.)	0.5 мГс	1 мГс	1.2 Па	0.5 мГс	0.5 мГс	3.6 Па
Нелінійність (від повного діапазону)	0.2%	0.2%	–	0.2%	0.2%	–
Роздільна здатність	0.25 мГс	0.25 мГс	5 Па	0.25 мГс	0.25 мГс	8 см (на рівні моря, +15 °С)

Для AHRS доступний весь функціонал VRU та IMU.

Інерціальна навігаційна система комплексована з інформацією від супутникової навігаційної системи (GNSS/INS), зокрема з підтримкою кінематики в реальному часі (*Real Time Kinematic, RTK*) для отримання сантиметрової точності визначення координат. Такі варіанти модулів мають барометр і приймач сигналів GNSS і поправок з базових станцій для збільшення точності методом кінематики в реальному часі (RTK). Вони видають інформацію про кути крену, тангажу і нишпорення з прив'язкою до напрямку на Північ, а також інформацію про лінійне положення об'єкта і його лінійну швидкість. Ці модулі надають доступ до функціоналу IMU, VRU та AHRS.

Кожна із серій модулів MTi відрізняється одна від одної такими характеристиками, як точність наданої інформації про кути орієнтації та координати,

Таблиця 6. Технічні характеристики GNSS-приймачів, що входять до складу модулів MTi

Приймач GNSS	MTi-G-710 GNSS	MTi-680(G) RTK-GNSS/INS MTi-670(G) GNSS/INS
Тип приймача	72 channel, GPS/QZSS L1 C/A, GLONASS L10F, BeiDou B1, SBAS L1 C/A : WAAS, EGNOS, MSAS	184 channel GPS L1C/A L2C, GLO L10F L20F, GAL E1B/C E5b, BDS B1I B2I, QZSS L1C/A L2C
Датум	WGS84	WGS84
Частота оновлення	4 Гц	4 Гц
Похибка визначення координат у горизонті	Autonomous: 2.5 м CEP SBAS: 2 CEP	PVT: 1.5 м CEP RTK: 1 см CEP
Похибка за швидкістю	0.05 м/с	0.05 м/с
Час готовності (холодний старт)	26 с	24 с

габаритами, варіантом виконання, набором доступних інтерфейсів та іншими експлуатаційними параметрами. У таблиці 2 наведено дані за всіма варіантами інерціальних модулів з основними характеристиками точності, у таблиці 3 наведено масові та геометричні характеристики модулів MTi, у таблицях 4–6 зведено дані про характеристики гіроскопів, акселерометрів, барометрів, магнітометрів, які входять до

складу модулів, а також характеристики GNSS-приймачів, у таблиці 7 наведено експлуатаційні характеристики модулів.

Модулі серії MTi 1-series — це найменші (12.1 × 12.1 мм), найлегші (< 1 г) і найекономічніші варіанти модулів Xsens у форм-факторі для поверхневого монтажу (*Surface Mounted Device, SMD*), сумісні зі стандартом JEDEC PLCC-28, які випускаються великими партіями для різних застосувань.

Таблиця 7. Експлуатаційні характеристики модулів MTi

Характеристики	MTi 1-series	MTi600-series	MTi600-series (6xxR/G)	MTi 10-series	MTi 100-series
Напруга живлення	2.19–3.6 В	4.5–24 В	4.5–24 В	4.5–34 В або 3.3 В	4.5–34 В або 3.3 В
Споживана потужність	<100 мВт за 3 В	<1 Вт (тип.)	<1 Вт (тип.)	550 мВт (тип., при (за) 5 В)	660 мВт (тип., при (за) 5 В)
Клас захисту IP	IP00	IP51	IP68	IP67 (для корпусованої версії)	IP67 (для корпусованої версії)
Діапазон робочих температур	–40...+85 °С	–40...+85 °С	–40...+85 °С	–40...+85 °С	–40...+85 °С
Вібрація та удари	–	–	–	–	MIL-STD-202-201A/204C/214A
Матеріал корпусу	немає	PC-ABS	анодований алюміній	анодований алюміній	анодований алюміній
Частота видавання інформації	до 800 Гц	1 кГц, 400 Гц SDI	2 кГц, 400 Гц SDI	до 2 кГц	до 2 кГц
Запізнювання	–	–	–	< 2 мс	< 2 мс
Інтерфейси	I <sup>2</sup> C/SPI/UART	CAN/RS232/UART	CAN/RS232	RS232/RS422/RS485/UART/USB	RS232/RS422/RS485/UART/USB
Опції синхронізації	Syncln, PPS	Syncln, SyncOut, Clock sync	Syncln, SyncOut, Clock sync	Syncln, SyncOut, Clock sync	Syncln, SyncOut, Clock sync
Протоколи	Xbus, NMEAin	XBus, ASCII (NMEA), CAN	XBus, ASCII (NMEA), CAN	XBus або ASCII (NMEA)	XBus або ASCII (NMEA)



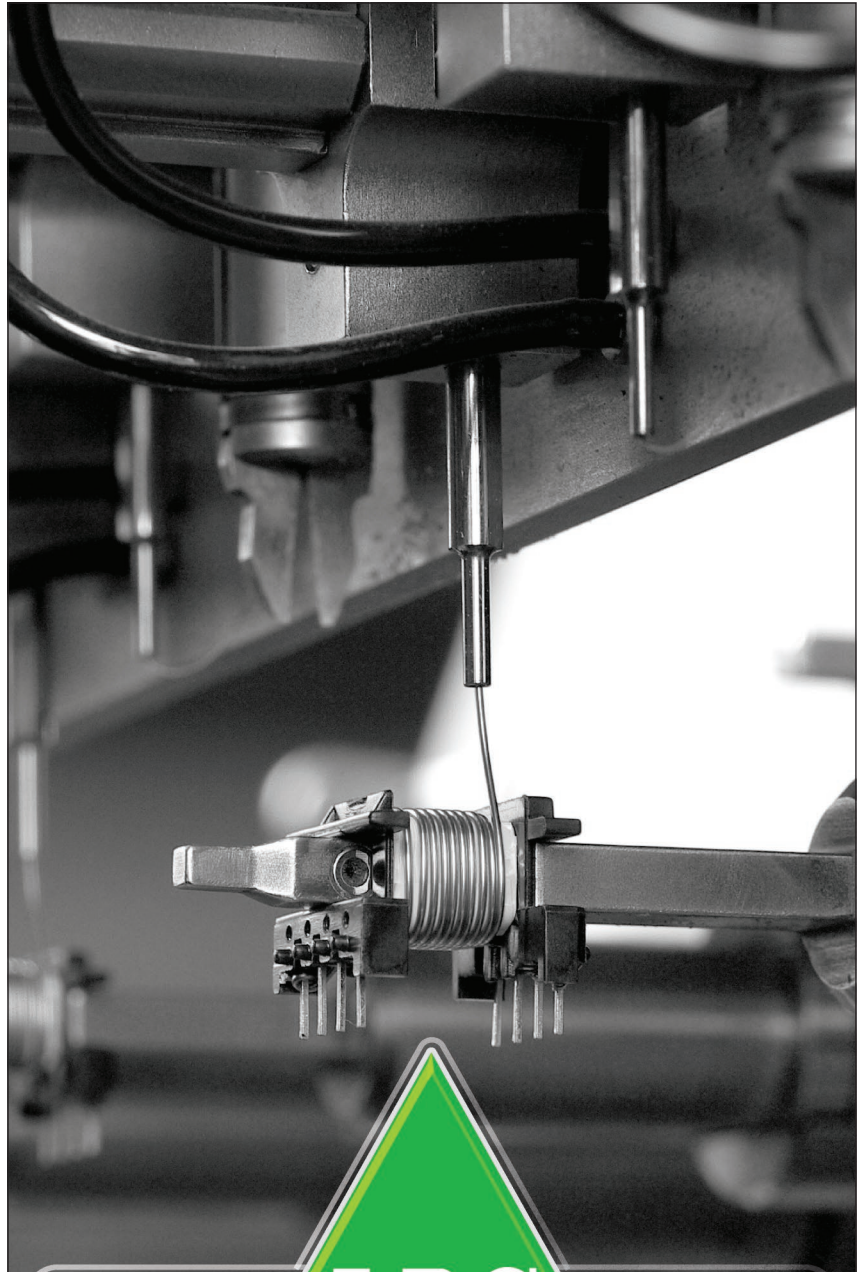
Модулі серії MTi 600-series з класом пиловологозахисту IP51 спроектовані як економічний і простий в інтеграції OEM-компонент з малою масою і габаритами. Модуль можна встановлювати двома способами: або догори ногами безпосередньо до відповідного роз'єму на друкованій платі, або встановити окремо, приєднавши шлейфом до відповідного роз'єму на друкованій платі. Варіанти модулів MTi-630R, MTi-670G і MTi-680G з класом пиловологозахисту IP68 мають міцний алюмінієвий корпус, а моделі MTi-670G і MTi-680G оснащені вбудованим приймачем GNSS. Ще одна особливість всієї серії MTi 600-series — наявність інтерфейсу CAN.

Модулі серії MTi 10-series є варіантом інерціального модуля за доступною ціною. Він оснащений міцним корпусом з анодованого алюмінію і міцними та надійними роз'ємами Push-Pull. Серію MTi-10 легко впізнати за алюмінієвою сріблястою основою.

Модулі серії MTi 100-series — топовий варіант модулів MTi — виконані в міцних алюмінієвих корпусах, точність яких перевершує звичайні модулі на базі MEMS-датчиків завдяки використанню високоточних гіроскопів і унікального оптимізаційного фільтра, чії можливості виходять за рамки стандартних розширених реалізацій фільтра Калмана. Крім того, проводиться більш точне заводське калібрування, з високою відтворюваністю і надійністю. MTi 100-ї серії можна впізнати за темно-сірою або чорною основою і невеликими отворами для барометра на бічній стороні корпусу. MTi-G-710 оснащений додатковим роз'ємом SMA для підключення антени GNSS.

Усі серії модулів MTi постачаються з налагоджувальним програмним забезпеченням MT Software Suite, що містить спеціально розроблений і простий у застосуванні графічний користувацький інтерфейс, а також драйвери для різних операційних систем і дає змогу швидко розпочати роботу з модулем. Крім цього, ПЗ пропонує безліч інших корисних інструментів, приклади вихідного коду і документацію.

На завершення опису модулів Xsens хотілося б трохи детальніше торкнутися сфер застосування цих пристроїв (рис. 3–6), оскільки їхня кількість зростає з кожним роком. Зараз проводиться багато досліджень і розробок у сфері автономних наземних транспортних засобів і систем допомоги водієві. До того ж список застосувань великий:



**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**



**Рис. 3.** Варіант застосування модулів Xsens у безпілотній сільськогосподарській техніці



**Рис. 5.** Варіант застосування модулів Xsens у морській тематиці



**Рис. 4.** Варіант застосування модулів Xsens у безпілотних літальних апаратах



**Рис. 6.** Варіант застосування модулів Xsens для підводних апаратів

починаючи від автономних вантажівок і легкових автомобілів і поїздів до мобільних роботів і автоматизованих систем для 3D-знімання. Особливо слід виділити рішення для складських приміщень і логістики, в яких узятю курс на максимальну автоматизацію і перехід до «Індустрії 4.0», де відстеження руху відіграє важливу роль. Уже зараз тут використовується робототехніка, автономні транспортні засоби, сенсорні технології та «Інтернет речей» (IoT). Пристрої, пропонувані компанією Xsens, можуть бути використані в будь-якій із цих галузей, оскільки задовольняють усім специфічним вимогам під час розв'язання завдань орієнтації та навігації для об'єктів поза і всередині приміщення, а також під землею. Наприклад, гірогоризонт (VRU) забезпечує виведення даних за креном, тангажем і курсом без прив'язки до магнітного поля Землі, що робить його оптимальним рішенням для використання в умовах із високими магнітними збуреннями в закритих приміщеннях і підземних складах. Або, наприклад, модулі MTi 600-ї серії, що підтримують інтерфейс CAN, а також оснащені приймачем GNSS, що робить їх незамінними для використання в автомобільних системах.

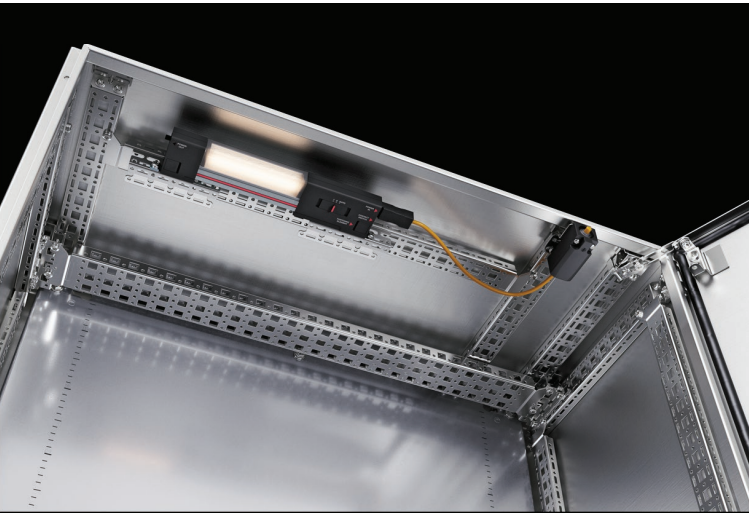
Класичними варіантами є авіаційні та морські застосування. Авіаційні застосування включають системи керування безпілотними дронами, наприклад, для обстеження території або переміщення вантажів, а також системи стабілізації камер, зокрема для кіноіндустрії. У морських застосуваннях базовими є завдання, пов'язані з керуванням рухом морських суден і безпілотних дронів, причому на території портів це стає особливо складним завданням через необхідність враховувати велику кількість різних чинників, включно з сильно мінливим рухом води та повітря. Перелік завдань для мор-

ських застосувань, де потрібно отримувати дані про кути орієнтації і координати об'єкта, досить великий і не обмежується зазначеними прикладами: сюди можна віднести і керування автономними підводними апаратами, і розв'язання задачі підтримання положення судна в умовах течії, і задачу стабілізації кутового положення платформи для камер або антен, і визначення напрямку течії на поверхні та на глибині, і картографування морського дна з високим ступенем деталізації, і системи спостереження в порту і на суднах. Для всіх зазначених завдань надійність і точність мають першорядне значення, але крім цього, як правило, існують вимоги щодо низького енергоспоживання, високошвидкісного опрацювання і видачі інформації, малої маси та габаритів. Надійне апаратне і програмне забезпечення модулів MTi поряд з фільтрами, що забезпечують захист від магнітних спотворень, і широкий вибір варіантів модулів за експлуатаційними характеристиками робить рішення від Xsens більш ніж придатними для зазначених застосувань. На додаток до згаданих застосувань, де можуть експлуатуватися інерціальні модулі компанії Xsens, слід згадати такі сфери, як сільське і лісове господарство, автомобільні випробування, ведення і видобуток корисних копалин, цифрове картографування і геодезія.

Завдяки багатому функціоналу різних серій модулів MTi, їхнім характеристикам точності та експлуатаційним характеристикам, рішення компанії Xsens перебивають велику кількість вимог у тій чи іншій галузі застосування. А наявність зручного програмного забезпечення та кваліфікована технічна підтримка дають змогу інженерам-розробникам отримати надійне рішення з мінімальними витратами часу та ресурсів на інтеграцію модулів MTi в систему, що розробляється. **CN**



# Компактні та розподільчі шафи AX та KX з нержавіючої сталі



**Швидкий внутрішній монтаж** без механічної обробки за допомогою системних аксесуарів



**Широкий асортимент аксесуарів** з нашої модульної системи



**Високий ступінь захисту** (до IP 66/IK 10) завдяки тому, що кромка корпусу має плоску конструкцію країв згину



**Цифрова "кишеня" електромонтажних схем Rittal ePOCKET** для доступу до постійно оновлюваної документації машин і устаткування

Щоб дізнатись більше про цей продукт, тисніть кнопку та переходьте за посиланням

[rittal.com.ua](http://rittal.com.ua)



наші контакти: [office@rittal.com.ua](mailto:office@rittal.com.ua) ▪ 044 536 99 44

ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES

FRIEDHELM LOH GROUP





# Гіроскопи в прецизійних навігаційних системах: яку технологію обрати?

**Кріс Гудалл (Chris Goodall), Сара Кармайкл (Sarah Carmichael), Боб Цаннелл (Bob Scannell)**

**У волоконно-оптичних гіроскопів (ВОГ), які раніше були недорогими аналогами гіроскопів інших типів, зокрема кільцевих лазерних гіроскопів (КЛГ), з'явився новий конкурент — гіроскопи на основі мікроелектромеханічних систем (МЕМС), які поступово забирають частку ринку у традиційних ВОГ. Сьогодні полем битви між МЕМС-гіроскопами і ВОГ стали такі сфери застосування, як системи стабілізації антенних решіток, системи управління сільськогосподарськими машинами, а також системи навігації цивільних транспортних засобів.**

**Для того, щоб виявити схожі риси між обома технологіями під час їхньої експлуатації в навігаційних системах, було виконано порівняння високоякісних МЕМС-гіроскопів із бюджетними ВОГ. Навігаційне програмне забезпечення та відповідні випробування дали змогу отримати результати, які дали змогу провести аналіз і з'ясувати, чи справді МЕМС-гіроскопи можна встановлювати в навігаційних системах тактичного рівня.**

## ВСТУП

В останні кілька років у сфері розроблення навігаційних систем спостерігається зростання популярності МЕМС-гіроскопів завдяки їхній меншій похибці вимірювання, високій стабільності характеристик за умови зміни умов довкілля, ширшій смузі, нижчій чутливості до лінійного прискорення (g-чутливості) і вбудованим обчислювальним функціям, за допомогою яких можна реалізувати алгоритми узагальнення даних і моделювання помилок датчиків.

Сьогодні дедалі більше розширюється сфера застосування прецизійних точних інерціальних навігаційних систем (ІНС), при цьому МЕМС-пристрої також успішно захоплюють ринки, на яких раніше домінували ВОГ. У сфері систем стабілізації антенних решіток перехід від технології ВОГ до технології МЕМС стає найбільш очевидним.

Застосування МЕМС-гіроскопів у системах керування машинами та механізмами також може дати низку

переваг. Традиційно користувачі надавали перевагу навігаційним системам на основі ВОГ або КЛГ вартістю понад \$30 000, оскільки такі рішення були у 20 разів точнішими та надійнішими, ніж стандартні навігаційні системи на основі МЕМС-гіроскопів вартістю \$1 000. Системи точного землеробства, а також різні системи наземного і повітряного безпілотного транспорту — дві показові галузі, де застосування навігаційних систем на основі недорогих МЕМС-гіроскопів дасть значні переваги.

## НАВИГАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ, ЩО ПРАЦЮЄ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

Систему навігації, що описується в цьому матеріалі, було розроблено з метою отримання даних про просторове положення з високою швидкістю, що передаються в електропривод, який зі свого боку стабілізував встановлену на даху транспортного засобу антенну

решітку. Завданням антенної решітки було підтримання зв'язку з геостаціонарним супутником.

Цю навігаційну систему використовували як безплатформний навігатор на основі ІНС/GNSS, що забезпечує швидке передавання інформації про положення і швидкість. Відомості, отримані від інерціального вимірювального модуля, надходили в навігаційний фільтр із частотою 1 000 Гц, і ці пакети даних призначалися для прогнозування місця розташування, швидкості та просторової орієнтації. Дані від приймача GNSS про координати, швидкість і напрямок, отримані від здвоєних антен, використовували як оновлювані значення для навігаційного фільтра. Коли дані від приймача GNSS не були доступні, для визначення курсу (напрямку руху) застосовували магнітометр, а для визначення висоти — барометр.

Паралельно з роботою навігаційного фільтра виконувалися спеціальні процедури калібрування. За допомогою цих процедур здійснювалося калібрування магнітометра, калібрування зсуву положення здвоєної антени, калібрування зсуву положення інерціального вимірювального модуля і калібрування рівня вібрації транспортного засобу з метою визначення статичного періоду.

Система була створена для роботи з двома варіантами апаратної реалізації. Перша реалізація складалася з двох ВОГ (для визначення тангажу і курсу), одного МЕМС-гіроскопа (для визначення крену), тривісного МЕМС-акселерометра, тривісного МЕМС-магнітометра і МЕМС-барометра, водночас загальна вартість сенсорного обладнання становила приблизно \$8 000.

Друга реалізація містила три МЕМС-гіроскопи (для визначення всіх кутів просторової орієнтації), а також тривісний МЕМС-акселерометр, тривіс-

ний MEMC-магнітометр і MEMC-барометр, передбачені і в попередній реалізації, при цьому загальна вартість обладнання становила близько \$1 000. Ціни на ці системи можуть коливатися залежно від ринкових умов і обсягів закупівель, але, як правило, системи на основі BOG у 8–10 разів дорожчі, ніж системи на основі MEMC.

MEMC-гіроскопи та MEMC-акселерометри, які використовуються в цій системі, відрізняються дуже високою стабільністю зміщення, ортогональністю, низькою чутливістю до лінійного прискорення та широкою смугою пропускання в межах свого цінового сегмента. Основне обмеження цієї системи — вимога до забезпечення широкої смуги пропускання. Багато MEMC-акселерометрів мають широку смугу пропускання, але у MEMC-гіроскопів, як правило, смуга пропускання становить 100 Гц або менше. Такі показники оптимальні для застосування в стандартному автомобільному навігаційному обладнанні, але обладнання, для якого було розроблено цю систему, повинно керувати антенною решіткою з високою швидкістю. Крім того, деякі MEMC-гіроскопи забезпечують хорошу стабільність зміщення, але мають вузьку смугу пропускання або високий рівень шуму. MEMC-гіроскопи, що використовуються в цій системі, мають збалансоване співвідношення між шириною смуги пропускання і робочими характеристиками. Фактичні характеристики обраного MEMC-пристрою наведено в таблиці 1.

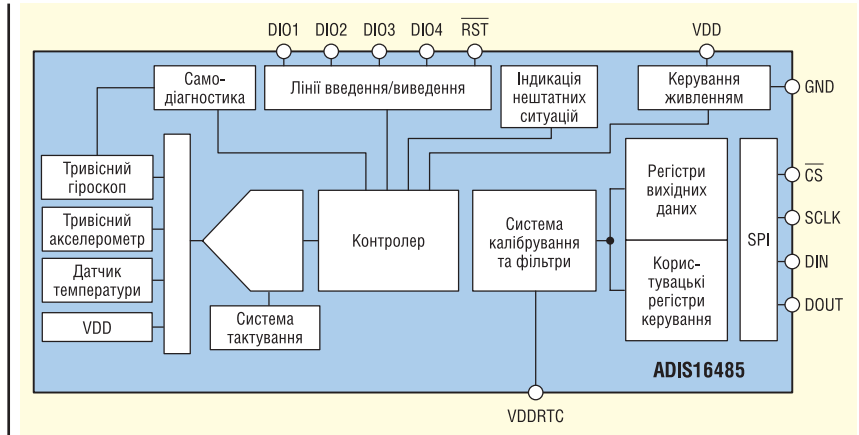
Швидкість поширення інерційних MEMC-пристроїв неухильно зростає. У результаті в розвиток цієї технології було вкладено значні кошти.

В основі MEMC-гіроскопів, що використовуються в такій системі, лежить багатоядерна архітектура, що забезпечує оптимізований баланс між стабільністю, шумовими характеристиками, лінійністю та чутливістю до лінійного прискорення. Ця архітектура поєднує повністю диференціальні зчетверені резонатори з вбудованою високоякісною схемою узгодження сигналів, унаслідок чого потрібний діапазон відгуку резонатора лежить в ділянці, яка характеризується високою лінійністю, водночас також забезпечується високий ступінь придушення вібрацій.

У багатовісних інерціальних вимірювальних модулях (рис. 1) із вбудованими MEMC-гіроскопами та MEMC-акселерометрами потенційно домінантним джерелом помилок стає ортогональ-

**Таблиця 1. Характеристики інерціального вимірювального модуля на основі MEMC (ADIS16485)**

	Параметр	Значення
Гіроскопи	Смуга пропускання	330 Гц
	Нестабільність зміщення	6.25°/год
	Випадкове блукання кутової швидкості	0.3°/√год
	Чутливість до лінійного прискорення	0.009°/c/g
Акселерометри	Смуга пропускання	330 Гц
	Нестабільність зміщення	32 мкг
	Випадкове блукання швидкості	0.023 м/с/√год



**Рис. 1. Блок-схема інерціального вимірювального модуля (ADIS16485)**

ність датчиків за осями X, Y, Z. Зазвичай цей параметр позначається або як чутливість за поперечною віссю, або як кутове відхилення. Досить часто в технічній документації на різні MEMC-компоненти можна побачити значення чутливості за поперечною віссю, що дорівнює ±2%. Інерціальний вимірювальний модуль, який використовується в цій системі, має чутливість за поперечною віссю, що дорівнює 0.087% (ортогональність 0.05°). Що ще більш важливо, ця характеристика залишається постійною при зміні температури завдяки спеціальному калібруванню пристрою, що виконується на фабриці. Для заданої швидкості обертання, наприклад за віссю нишпорення, швидкість за ортогональними осями має визначатися як добуток чутливості за поперечною віссю на швидкість за віссю нишпорення, навіть коли немає обертання за осями крену і тангажу. За похибки за поперечною віссю, що дорівнює 2%, як правило, сумарний позаосьовий шум на порядок перевищує власний шум гіроскопа, але чутливість інерціального вимірювального модуля, що становить 0.087%, у цьому

разі оптимально збалансовано з власним рівнем шуму гіроскопа.

У багатоосьових пристроях не менш важливими є такі параметри, як доступна смуга пропускання і пов'язана з нею можливість узгодження фаз за всіма. Деякі гіроскопи мають обмежену смугу пропускання, зумовлену необхідністю придушення сумарного шуму, в той час як інші мають обмежену смугу пропускання (зазвичай нижче 100 Гц) через вбудовані схеми оброблення сигналів, що використовуються в контурі зворотного зв'язку. Це може призвести до появи додаткових фазових помилок, що виникають у тракці проходження сигналу, особливо у фільтрі Калмана. Використовуваний у цьому разі інерціальний вимірювальний модуль, що має смугу пропускання 330 Гц і настроювану систему фільтрації, дає змогу мінімізувати вплив джерел помилок і оптимізувати системні помилки за допомогою вбудованих функцій фільтрації навіть у польових умовах.

Основні датчики, передбачені в такому інерціальному вимірювальному модулі, характеризуються високою якістю придушення сигналів вібрації та

**Таблиця 2. Характеристики BOG (uFors-6U)**

	Параметр	Значення
Гіроскопи	Ширина смуги пропускання	1 000 Гц
	Нестабільність зміщення	3°/год
	Випадкове блукання кутової швидкості	0.1°/√год

високою лінійністю, що робить їх не тільки придатними для застосування у високодинамічних системах, а й високонадійними та передбачуваними під час роботи в екстремальних умовах навколишнього середовища.

ВОГ, що використовуються в цій системі, були обрані на основі поєднання ціни, робочих характеристик і розмірів. Смуга пропускання, стабільність зсуву і рівень шуму цих ВОГ стали визначальними факторами при остаточному виборі датчиків. Їхні основні характеристики наведено в таблиці 2. У ВОГ порівняно з МЕМС-гіроскопом менша нестабільність зсуву і менша величина випадкового блукання кутової швидкості.

### НАВІГАЦІЙНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Програмне забезпечення для навігації в реальному часі обробляло дані системи з частотою 1000 Гц і функціонувало на основі класичного механізму безплатформної інерціальної навігаційної системи (БІНС) з оновленнями значень вимірювань. Оновлені значення вимірювань надходили від різних джерел, і до цих оновлюваних параметрів належать:

- дані про положення і швидкість, отримані від приймача GNSS;
- оновлені дані про напрямок руху, отримані від здвоєної антени;
- оновлені дані про напрямок руху, отримані від магнетометра;
- оновлені дані про висоту, отримані від барометра;
- додаткові оновлені дані про швидкість, отримані від системи діагностики автомобіля OBDII.

Кожне оновлене значення використовувалося для корекції відхилення траєкторії рішення на основі ІНС, але передача самих оновлюваних значень могла перериватися, або вони могли бути неточними.

Оновлені дані про напрямок від здвоєної антени характеризуються високою точністю, але схильні до впливу багатопроменевого поширення. Таким чином, оновлені дані про напрямок від здвоєної антени можуть бути надійними тільки під час роботи системи на відкритому просторі. Те ж саме справедливо і для даних про положення і швидкість, одержуваних від приймача GNSS, що використовує систему диференціальної корекції.

Дані про напрямок, що надходять від магнітометра, можуть бути неточ-

ними через великі кути нахилу, що виникають через погану вертикальну видимість під час калібрування.

Точність магнітометрів також може погіршуватися під час роботи поблизу інших металевих об'єктів — наприклад, під час руху поруч з іншими транспортними засобами. Таким чином, магнітометр використовувався для того, щоб надавати дані системі в ті моменти, коли дані від приймача GNSS були недоступні, або для того, щоб зменшити відхилення від дійсної траєкторії під час дуже тривалих періодів простою приймача GNSS (наприклад, протягом 20 хв).

Для визначення висоти у випадках, коли дані від приймача GNSS були недоступні або неточні, використовувався барометр. Щоб не допустити відхилення за швидкістю за відсутності оновлених даних від GNSS, особливо під час прямого руху вперед, використовували оновлені значення швидкості, які також підвищили точність визначення положення цього рішення, що, своєю чергою, дало змогу відмітати неточні оновлені дані про місцезнаходження від приймача GNSS. Це навігаційне програмне забезпечення було створено для забезпечення точних результатів у будь-яких умовах роботи приймача GNSS.

### ВИПРОБУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Для порівняння обох реалізацій навігаційної системи було розроблено три методи випробувань на рівні системи:

- Випробування на відкритому просторі з хорошим сигналом GNSS для оцінювання точності даних за всіяма крену і тангажу, а також даних про курс.
- Випробування, за якого можливе багатопроменеве поширення сигналів GNSS, наприклад, в умовах щільної забудови в центрі міста, де приймач GNSS може видавати неточні дані через високі будівлі. Мета цього випробування — порівняння відфільтрованих даних про положення, які також надають інформацію про похибки вимірювання кутового просторового положення і швидкості.
- Випробування роботи тільки ІНС для оцінки дрейфу цієї системи під час визначення положення, що також дасть інформацію про швидкість і кутове просторове положення.

Таблиця 3. Результати випробування на відкритому просторі

Середн. кв. похибка вимірювання	ВОГ	МЕМС
Крену	0.08°	0.1°
Тангажу	0.08°	0.1°
Курсу	0.13°	0.14°

### РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАННЯ НА ВІДКРИТОМУ ПРОСТОРІ

За умови доступності даних GPS і прямої видимості системою кількох супутників результати позиціонування та вимірювання швидкості були порівнянними між обома системами. Параметри кутового просторового положення — крен, тангаж і курс — були основними параметрами для аналізу якості функціонування навігаційної системи, оскільки вони значною мірою визначаються робочими характеристиками гіроскопа (табл. 3).

### ПОГІРШЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ ВІД GNSS

Наступне випробування було призначене для порівняння якості роботи двох систем при багатопроменевому поширенні сигналів GNSS. Автомобіль переміщався центром Калгарі, де було кілька дуже вузьких провулків, при цьому автомобіль рухався повільно в потоці машин і в оточенні високих будівель.

Тепер до основних параметрів для аналізу якості роботи навігаційної системи відносяться і результати визначення місцезнаходження, оскільки гіроскопи можуть істотно коригувати дані про місцезнаходження за відсутності якісних даних від приймача GNSS. Результати випробування показують, що дві системи видають більш-менш однакові показники, хоча система на основі ВОГ була приблизно на 20–30% точнішою.

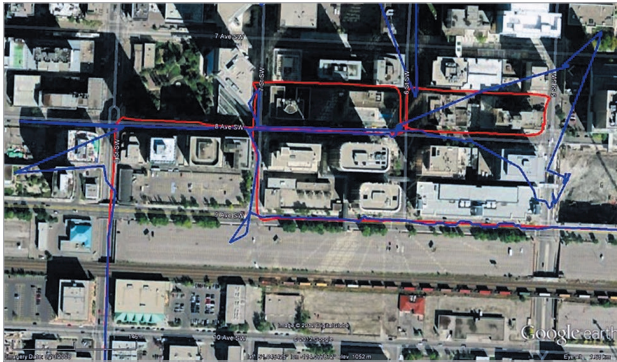
На рисунку 2 показано траєкторію руху системи тільки з використанням даних від GPS. На роботу високоточного приймача GPS, що застосовувався в рамках цього випробування, впливали численні відбиті сигнали під час руху в щільній міській забудові в центрі міста. Рішення на основі GPS мало похибку визначення місцезнаходження до 100 м.

Траєкторія руху рішення з інтегрованим ВОГ, показана червоним кольором (рис. 3), чітко відображає шлях, пройдений автомобілем у центрі міста, з точністю до 10 м або вище.

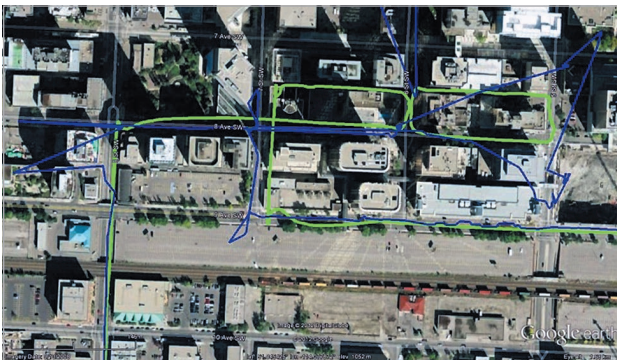




**Рис. 2.** Результати визначення місцезнаходження, що надаються рішенням на основі GPS з багатопроменевим поширенням



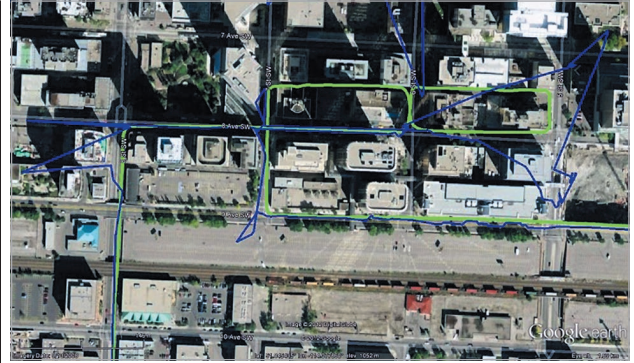
**Рис. 3.** Траєкторія руху рішення на основі BOG і GPS (червоним кольором показано траєкторію з працюючими BOG і приймачем GPS, синім кольором — тільки з працюючим приймачем GPS)



**Рис. 4.** Траєкторія руху рішення на основі MEMS і GPS (зеленим кольором показано траєкторію з працюючими MEMS і приймачем GPS, синім кольором — тільки з працюючим приймачем GPS)

Точність позиціонування рішення на основі MEMS-компонентів із траєкторією, показаною на рисунку 4 зеленим кольором, завжди перебуває в межах 15 м. Формування результатів вимірювань цього рішення було більш «затягнутим» через неточні оновлені дані про місцезнаходження від GNSS внаслідок меншої значущості прогнозних значень, які надходили від ІНС.

Щоб допомогти рішенням на основі MEMS у роботі з неточними оновлюваними даними від приймача GPS, було використано додаткові датчики. На рисунку 5 показано траєкторію із застосуванням додаткових даних від діагностичної системи автомобіля OBDII, яка дає змогу визначати швидкість автомобіля.



**Рис. 5.** Траєкторія руху рішення на основі MEMS, GPS і OBDII (зеленим кольором показано траєкторію з працюючими MEMS, приймачем GPS і системою OBDII, синім кольором — тільки з працюючим приймачем GPS)



**Рис. 6.** Траєкторія системи на основі MEMS з OBDII (показана зеленим кольором), траєкторія системи на основі BOG без OBDII (показана червоним кольором) і траєкторія системи тільки з працюючим приймачем GPS (показана синім кольором)

Точність рішення на основі MEMS завжди перебуває в межах 10 м і може бути навіть трохи вищою за точність системи на основі BOG без використання OBDII, як показано у збільшеному масштабі на рисунку 6.

## РЕЗУЛЬТАТИ, ЩО НАДАЮТЬСЯ РІШЕННЯМ ТІЛЬКИ З ПРАЦЮЮЧОЮ ІНС: ПРИКЛАД І КОНТРОЛЬНІ ПОКАЗНИКИ

Останнє випробування — порівняння якості дії двох рішень тільки з працюючими ІНС. При цьому також використовувалися оновлювані дані від приймача GNSS під час роботи на відкритому просторі. Під час випробування антени, що приймає дані від супутників, було вимкнено в обох випадках на 4.5 хв, унаслідок чого було отримано зміщені траєкторії руху, за якими можна судити про якість роботи навігаційної системи. Пройдена відстань за цей час становила приблизно 5 500 м.

На рисунку 7 показано всю траєкторію. Дивлячись на пряму синю лінію, можна зрозуміти, коли було вимкнено приймач GPS (у правому нижньому кутку) і коли його було знову ввімкнено (у лівому верхньому кутку).

Як видно на рисунку 8, у цей період із вимкненим приймачем GNSS система на основі BOG працювала дуже добре і максимальне відхилення траєкторії становило 7 м. Типове відхилення системи на основі BOG після 5 хв роботи стано-



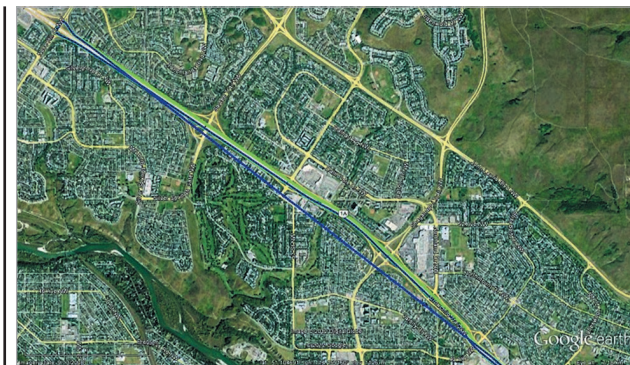


Рис. 7. Траєкторія під час роботи однієї лише ІНС



Рис. 9. Відхилення траєкторії системи на основі MEMС

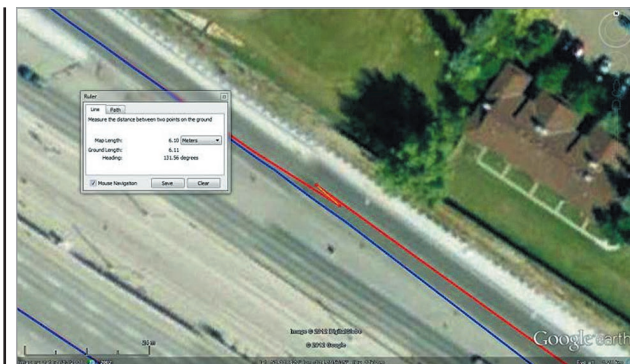


Рис. 8. Відхилення траєкторії системи на основі ВОГ



Рис. 10. Відхилення траєкторії системи на основі MEMС з OBDII

вило 25 м, тому конкретний «відхід» від дійсного місця розташування був трохи кращим, ніж типове відхилення.

Відхилення для системи на основі MEMС становило 75 м після 4.5 хв без надходження оновлених даних від GNSS (рис. 9). Здебільшого таке відхилення зумовлюється лінійним відхиленням від курсу, яке проявляється під час роботи акселерометрів. Після 5 хв без надходження оновлених даних від GNSS відхилення для системи на основі MEMС становило 75 м, що приблизно в 3 рази більше, ніж у випадку з системою на основі ВОГ.

Для підвищення точності системи на основі MEMС було під'єднано діагностичну систему OBDII, водночас відхилення від дійсної траєкторії становило менше ніж 10 м, що еквівалентно точності рішення на основі ВОГ. Типове відхилення для системи на основі MEMС з OBDII становило приблизно 30 м після 5 хв без надходження оновлених даних від GNSS (рис. 10), що також еквівалентно результатам, отриманим під час випробування системи на основі ВОГ.

ми ведеться дуже напружено, особливо зараз, коли характеристики MEMС-пристроїв наближаються до характеристик волоконно-оптичних гіроскопів тактичного рівня. ВОГ все ще мають вищу точність, але вони в 10 разів дорожчі, ніж MEMС-пристрої.

У випадках, коли доступні дані від GNSS і система повинна працювати на відкритому просторі, MEMС-гіроскопи можуть замінити деякі бюджетні волоконно-оптичні гіроскопи. У випадках, коли дані від приймача GNSS є неточними і періодичними, то MEMС-пристроями також можна замінити деякі ВОГ, якщо припустимо зниження точності на 20–30%.

Під час автономної роботи інерціальної навігаційної системи ВОГ все ще характеризуються вищою точністю, але якщо до системи надходять також оновлені значення швидкості транспортного засобу або платформи, то система на основі MEMС може працювати приблизно з тією самою точністю, що й автономна система на основі ВОГ.

Якщо враховувати послідовний розвиток технології MEMС, конкурентоспроможні ціни та можливість використання додаткових датчиків (наприклад, датчиків системи OBDII), то можна припустити, що вже в найближчому майбутньому велика кількість волокон-

но-оптичних гіроскопів буде замінена MEMС-пристроями.

#### Література:

1. Gelb A. *Applied Optimal Estimation*. The M.I.T. Press. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, Massachusetts, USA, 1974.
2. Grewal M. S. Weill L. R. Andrews A. P. *Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration*. John Wiley and Sons, Inc., USA, 2001.
3. Groves P.D. *Principles of GPS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems*. Artech House, 2008, Boston, USA.
4. Meditch J. S. *Stochastic Optimal Linear Estimation and Control*. McGraw-Hill, Inc., USA, 1969.
5. Niu X., Nassar S., Syed Z., Goodall C., El-Sheimy N. *The Development of an Accurate MEMS-Based*. 2006.
6. *Inertial/GPS System for Land-Vehicle Navigation Applications*. Proceedings of the ION GNSS 2006. Fort Worth, Texas, USA, September 26–29, 2006.
7. Schmidt G.T. *INS/GPS Technology Trends*. NATO RTO Lecture Series, RTOEN-SET. Massachusetts, USA, 2010.
8. Skog I. *Low-Cost Navigation Systems — A Study of Four Problems*. Doctoral Thesis in Signal Processing. KTH Electrical Engineering. Stockholm, Sweden, 2009.

#### ВИСНОВОК

Боротьба між MEMС-гіроскопами і волоконно-оптичними гіроскопа-

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

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

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



**MASTEK**

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

Авторизований дистриб'ютор  
WeEn в Україні

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



# ToF сьогодні. Отримання 3D-зображення: необхідне чи надмірне

Олександр Шведов

**Ще кілька років тому технологія отримання об'ємного зображення досліджуваного об'єкта — Time of Flight, або ToF, — була на слуху тільки в малої групи професіоналів, які знайшли її для себе корисною. В інших випадках, нерідко під час численних виставок, ми чули про часопрольотні виміри, здебільшого індустріального спрямування, де щоразу демонстрували безліч умовно унікальних алгоритмів і сфер застосування, які найчастіше не мають майже нічого спільного з реалізацією практичних завдань.**

Сьогодні ж, разом із безперервною мініатюризацією і зростанням функціоналу напівпровідників, ми бачимо, як ще недавно фантазійні технології знаходять своє місце серед звичних для нас приладів. ToF-сенсор у смартфоні (рис. 1) тепер повинен встановити кожен виробник, який поважає себе, і саме на відсутність датчика вкажуть усі, кому доведеться написати огляд про мобільну новинку. Але чи так він необхідний і, взагалі, навіщо потрібен цей ToF-сенсор?

Сама по собі часопрольотна технологія існує доволі давно, її, ймовірно, запозичили в кажанів, які вимірюють відстань до об'єкта за часом, необхідним для повернення випромінюваного ними ж ультразвукового сигналу. Схожий принцип використовується у всім відомій медичній процедурі МРТ, де картинку отримують за допомогою ана-

лізу відбитого сигналу різної частоти. Отримувати відеосигнал аналогічним способом навчилися недавно, відтоді намагаючись знайти для нової технології достойні застосування. Їх до наших днів набралось чимало.

Абсолютна увага сьогодні належить флагманським смартфонам, де для збереження репутації вже ніяк не можна обійтися без ToF-сенсора. До тієї ж категорії можна віднести і різні побутові прилади, на кшталт ігрових приставок і домашніх ПК. Не виключено, що, як і Wi-Fi, часопрольотні камери незабаром будуть встановлені навіть у чайнику. Поки що технологія застосовують, наприклад, для розпізнавання обличчя власника пристрою Face-ID, створення доповненої реальності (рис. 2), безконтактної взаємодії користувача з контентом (рис. 3), метрології. Простіше кажучи,

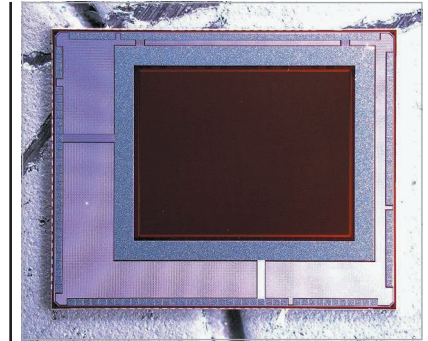


Рис. 1. ToF-сенсор Gpixel GTOF0503

останні функції дають змогу розставити меблі у квартирі, в реальному часі домальовуючи диван або кухонний гарнітур на екрані смартфона, при цьому вимірюючи реальні розміри предметів із неабиякою точністю. І можна замовити пару нових кросівок з онлайн-магазину, примірявши їх і розглянувши з усіх боків — хіба це не зручно?

«Боке» — це слово, напевно, знає сьогодні кожен. Художній ефект, що дає змогу виділити об'єкт фотографування шляхом розмиття фону, досягається зазвичай завдяки властивостям сенсора й оптики, об'єктива камери, а саме певної фокусної відстані та світлосили, і визначається одержуваною глибиною різкості. Необхідних значень параметрів оптики для отримання такого ефекту за



Рис. 2. Приклад створення доповненої реальності (джерело: Sony Depth Sensing website)



Рис. 3. Приклад безконтактної взаємодії користувача з контентом (ігровий контролер Kinect)

допомогою камери мобільного телефону досягти не вдається. І сьогодні боке в камері мобільного телефону формується програмним способом, зокрема комбінацією інформації, отриманої з декількох камер одночасно. Причому найбільшої точності вдалося домогтися саме за допомогою тривимірної карти об'єкта, що знімається, для його виділення і подальшого розмиття фону. Саме ці, мобільні застосування і дали істотний поштовх розвитку ToF-технології отримання об'ємного зображення досліджуваного об'єкта в реальному часі. Що ж до інших соціально значущих завдань, вирішити які мають ToF-камера і ToF-сенсор, серед них варто особливо відзначити автомобільні допоміжні системи. Адже саме вони сьогодні все частіше стають незамінними помічниками водіїв і покликані скоротити кількість нещасних випадків на дорогах. Це і системи автономного водіння (рис. 4), що розробляються по всьому світу, і системи автономного паркування автомобіля, навігації дронів, і системи контролю наближення пішоходів, а також інших транспортних засобів. Важливий і внутрішній комфорт водія, поведінку якого також контролюють модулі, засновані на побудові його тривимірної моделі. Вони допомагають стежити за станом і поведінкою водія (рис. 5), дають змогу змінювати натяг ременя безпеки відповідно до статури, кількості одягу та рухів водія, налаштувати положення і форму крісла і навіть розпізнавати власника транспортного засобу для поліпшення контролю доступу до функціоналу автомобіля. Усе це доповнює ергономічні вдосконалення, адже за допомогою аналізу рухів тривимірної моделі водія з'являється можливість безконтактного керування жестами.

Однак слід пам'ятати, що саме індустрії ми завдячуємо розвитком TOF-технології. Адже в промисловості ці прилади давно застосовують, і в багатьох галузях вони сьогодні незамінні, зокрема під час вимірювання та контролю заповнення об'єму, що нерідко можна спостерігати в автоматизованих, а тим паче в автоматичних системах, наприклад для автоматичного нанесення логотипу на поверхню упаковки, незалежно від форми та розміру об'єкта.

На рисунку 6 показано роботу автоматичного складу, де дві камери навантажувача дають змогу без участі оператора керувати машиною і виконувати навантаження. У цьому прикладі при створенні камери використовувався новітній iToF-сенсор Gpixel GTOF0503.

У наведеній автоматичній складській системі верхня камера навантажувача дає змогу визначити загальну обстановку, виявити перешкоди й уникнути зіткнень. Фронтальна камера проводить вимірювання та ідентифікацію об'єктів, розташованих перед нею. Таке поєднання допомагає точно



Рис. 4. Автомобіль із системою автономного водіння (джерело: Sony Depth Sensing website)



Рис. 5. Приклад розпізнавання жестів водія (джерело: Sony Depth Sensing website)

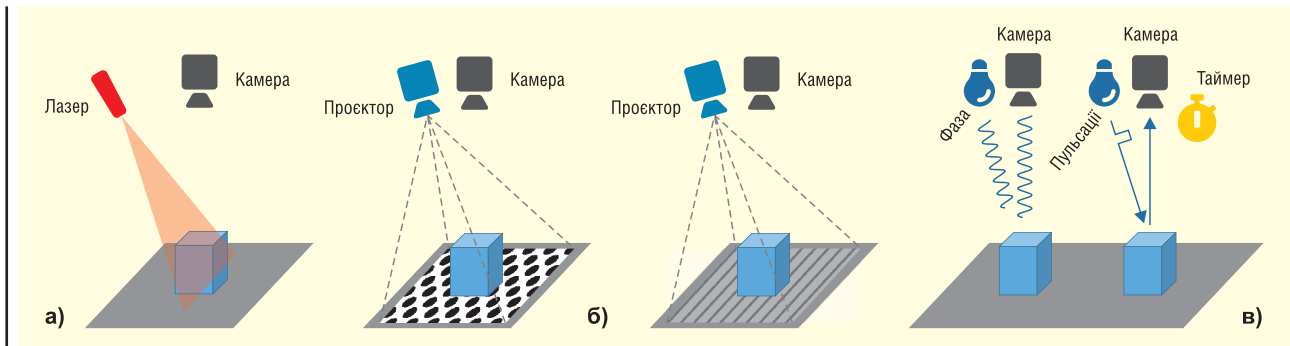
й ефективно керувати навантажувачем, повністю контролюючи простір навколо нього. Похідних у такого застосування може бути безліч, і що стосується керування безпілотними пристроями, тут переоцінити ToF- і 3D-вимірювання неможливо — без них сьогодні було б дійсно складно отримати гідний результат.

Але давайте абстрагуємось від практичних застосувань і звернемося до самої технології та її основи — сенсорів зображення, без яких ні про яке 3D не могло б бути й мови.

На рисунку 7 схематично показано принципи роботи основних індустріальних систем побудови 3D-зображення, що широко застосовуються сьогодні. Серед них (зліва напра-



Рис. 6. Кадри випробувань автоматичного керування навантажувачем на основі двох iToF-камер на базі сенсора Gpixel GTOF0503



**Рис. 7. Приклади основних методів отримання та аналізу 3D-зображення (джерело: ZIVID AS): лазерна триангуляція (а); системи на основі структурованого світла (б); часопролітна система (в)**

во) лазерна триангуляція, системи на основі структурованого світла і часопролітні системи, про які йшлося на початку статті. Поговоримо коротко про кожну з них.

### ЛАЗЕРНА ТРИАНГУЛЯЦІЯ

Широко поширена лазерна триангуляція належить до найпростіших систем і ґрунтується на двох ключових компонентах: лазерному випромінювачі та камері, що приймає сигнал. Така система проста в реалізації як з погляду фізичних компонентів і їхнього узгодження, так і в написанні алгоритмів програмного забезпечення. Лазерна триангуляція — технологія сканувальна, вона якнайкраще підходить для поточкових виробничих і логістичних ліній, дорожнього та залізничного полотна. Однак для вивчення тривимірних об'єктів цей спосіб хоча і застосовний, але незручний через необхідність організації безлічі точних переміщень для сканування всієї поверхні досліджуваного об'єкта. До того ж з таким методом варто забути про інформацію про колір.

Які сенсори знадобляться для реалізації цього методу? Критичними параметрами стануть кадровий затвор (*Global Shutter*), роздільна здатність по горизонталі (роздільна здатність по вертикалі обмежена сканувальним видом отримання зображення) і співвідношення сигнал-шум (*Signal-to-Noise Ratio, SNR*), обумовлене величиною накопичуваного сигналу (розміром пікселя). Всі ці параметри відповідають за точність побудови підсумкового зображення. Важливою стане і висока кадрова частота. Як приклад наведемо два сенсори Gpixel: перший — індустріальний GMAX2509 з роздільною здатністю за горизонталлю 4 200 пікселів, кадровою частотою до 618 Гц при обмеженні в 1 000 рядків і SNR 38.3 дБ. Другий — представник надшвидкісної серії GSPRINT4510 з горизонтальною роздільною здатністю 4 608 пікселів, швидкістю зчитування 3886 Гц за обмеження в 1 000 рядків і SNR 44.8 дБ.

### СИСТЕМИ НА ОСНОВІ СТРУКТУРОВАНОГО СВІТЛА

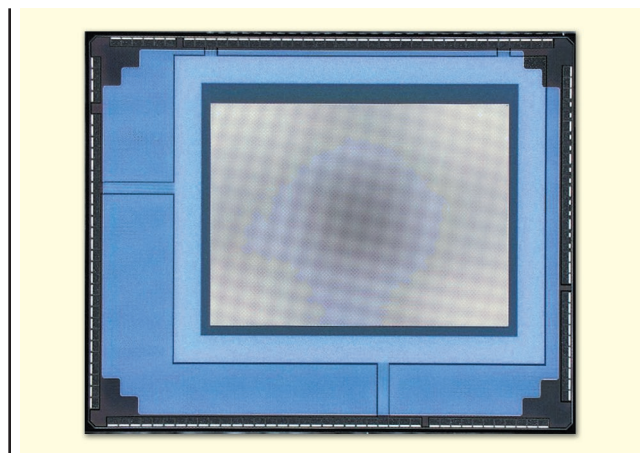
Системи на основі структурованого світла мають схожість із принципом лазерної триангуляції, але замість точкового лазерного випромінювання тут використовується підсвічування поля. Це називається методом повного поля, оскільки він забезпечує повне тривимірне зображення об'єкта з високим рівнем точності та роздільною здатністю. Метод широко поширений в AOI — автоматичній оптичній інспекції об'єктів для одномоментної, однокадрової побудови 3D-зображення об'єкта, що досліджується, що демонструє високу продук-

тивність і гнучкість. Однак такий метод вимагає статичності досліджуваного об'єкта і найчастіше використовується в лабораторно-виробничому обладнанні.

Сенсори для системи на основі структурованого світла також повинні вирізнятися кадровим затвором (*Global Shutter*), великою роздільною здатністю (В×Г) переважно у співвідношенні 1×1, хорошим SNR для забезпечення точності побудови 3D-об'єкта і режимом HDR. Всі ці характеристики відмінно представлені в сенсорах Gpixel індустріального GMAX і надшвидкісного сімейства GSPRINT з кадровим затвором. GMAX3265 з роздільною здатністю 9 344×7 000 (В×Г) з кадровою частотою до 71 Гц за повної роздільної здатності, SNR 40 дБ і черезрядковим HDR. GSPRINT4521 з роздільною здатністю 5 120×4 096 (В×Г) видає до 1 000 Гц за повної роздільної здатності з SNR 44.8 дБ і повнокадровим HDR-режимом завдяки одночасному зчитуванню кадру з різними коефіцієнтами посилення.

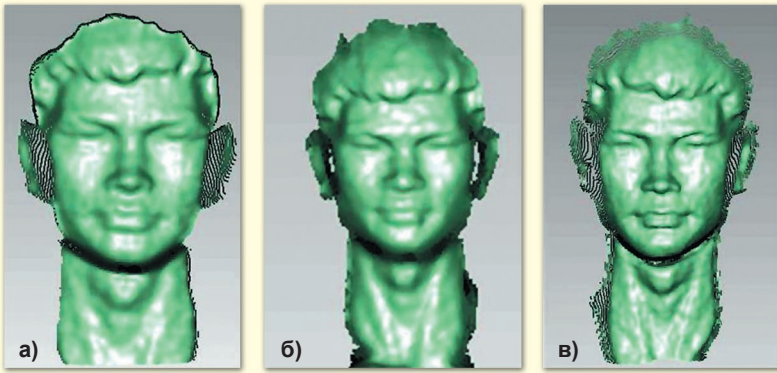
### ЧАСОПРОЛІТНІ СИСТЕМИ

Повертаючись до часопролітних систем (*Time of Flight*), уточнимо, що на відміну від просторових систем, вони ґрунтуються на вимірюванні періоду часу, необхідного для прольоту (проходження) світла від джерела до об'єкта та назад. Сам метод ділиться ще на два підвиди, прямий (*direct, dToF*) і непрямий (*indirect, iToF*), в яких час вимірюється безпосередньо і шляхом аналізу фазового співвідношення між випромінюваним і детектуємим світлом із синусоїдальною модуляцією інтенсивності відповідно. Розвитком другого ме-



**Рис. 8. ToF-сенсор Gpixel GTOF0503**





**Рис. 9.** Візуальне порівняння кадрів, отриманих в ідентичних умовах із застосуванням сенсора: Sony IMX516 (а); Gpixel GTOF0503 (б); Samsung (в)

тоду є імпульсний метод, у якому лазер випромінює дуже короткі світлові імпульси в поєднанні з синхронізованим сенсором зображення зі стробуванням. В останньому випадку для побудови 3D-зображення піксельно аналізується кількість накопиченого сигналу, що приймається пропорційно за дальність знаходження точки об'єкта.

## ВИСНОВОК

Зараз ToF-прилади інтенсивно використовуються в найрізноманітніших напрямках. Сьогодні ці пристрої стали справді ефективними і компактними, що ще більше розширило сфери їх застосування. Побудова та аналіз 3D-зображення об'єкта і його оточення з ToF можливий у реальному часі та на різній відстані. Втім, проєктувальникам ще є над чим попрацювати — мала роздільна здатність сенсорів і кінцевих систем. Але і це лише питання часу. Для досягнення максимальної результативності ToF-система сьогодні має бути заснована на сенсорі, що відповідає таким вимогам:

- Кадровий затвор (багатоступеневий, multi-tap Global Shutter) для максимально різкого зображення без розмиття.
- Зворотне засвічення (*Backside Illumination, BSI*), висока частота модуляції (час передавання <math>< 5 \text{ нс}</math>) і комплексна вбудована схема синхронізації на кристалі. Все це необхідно для отримання надійної точності одержуваного зображення в реальному часі.
- Висока частота кадрів для точної фіксації об'єкта в кожен момент часу.
- Вбудовані схеми захоплення і зчитування для забезпечення гнучкості системи.

Яскравим прикладом ToF-сенсора, що відповідає всім цим вимогам, слугує нова матриця Gpixel GTOF0503 (рис. 1, 8).

Цей BSI KMOH-сенсор створений за всебічної підтримки індустріальних партнерів, з урахуванням їхніх побажань і реально потрібних функцій. Роздільна здатність матриці  $640 \times 480$  пікселів розміром  $5 \text{ мкм}$  кожен, триступеневий кадровий затвор (*3-tap Global Shutter*, контраст демодуляції до 80% за 165 МГц, час передавання 3–5 с — всі ці параметри якнайкраще відповідають вимогам індустрії). Доповнений кадровою частотою до 60 Гц за повної роздільної здатності та широким операційним функціоналом на кшталт вбудованого бінінгу, відбиття по горизонталі та вертикалі, виділення областей інтересу (*Region of Interest, ROI*), безлічі режимів захоплення зображення, популярного інтерфейсу MIPI, датчик може претендувати на звання одного з найкращих представників ToF-сенсорів.

На закінчення наведемо візуальне порівняння кадрів, отриманих в ідентичних умовах із застосуванням сенсорів Sony IMX516, Gpixel GTOF0503 та Samsung (рис. 9).

Сенсори демонструють схожі параметри, ну а остаточне рішення, звісно ж, приймає споживач, відповідно до наявних вимог і поставлених завдань.

Однак слід зауважити, що сьогодні, поза всякими сумнівами, ToF-сенсори не тільки стали невіддільною частиною промисловості та автоіндустрії, а й міцно закріпилися в житті звичайних людей. Варто лише трохи заглибитися в технічне оснащення сучасної побутової електроніки, як на поверхні опиняться ToF-сенсори, що допомагають зробити життя людей ефективнішим і комфортнішим.

CN

# РАДІОМАГ

## МЕРЕЖА МАГАЗИНІВ РАДІОДЕТАЛЕЙ

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

# Що таке Wi-Fi 7 і чому він важливий?

**Дарсі Пулен (Darcy Poulin), Skyworks Solutions**  
**Переклад та редагування: Роман Горелков**

**Стандарт Wi-Fi 7 готовий здійснити революцію в бездротовому зв'язку завдяки збільшенню швидкості, пропускної здатності та низьким затримкам передачі даних при його використанні у багатьох галузях та сферах застосування.**

**М**и живемо у бездротовому світі. Щодня все більше пристроїв обмінюються більшим об'ємом даних у більшій кількості місць. Попит на них невинно зростає — аналітики Zion Market Research очікують, що до 2030 року ринок бездротового зв'язку сягне 219.86 мільярда доларів США, а середньорічний темп зростання становитиме понад 15%.

Цей сплеск зумовлений не лише збільшенням кількості пристроїв, але й новим класом надвидомгливих програм, таких як багатокористувачька доповнена реальність/віртуальна реальність (*Augmented Reality/Virtual Reality, AR/VR*), ігри з ефектом присутності (імерсивні ігри) та промисловий Інтернет речей (*Industrial Internet of Things, IIoT*) тощо. Вони висувають абсолютно нові вимоги до продуктивності, які значно перевищують можливості технологій Wi-Fi, що існують сьогодні. Підтримка цих програм у процесі їх масового поширення вимагає радикального переосмислення в цілому технології Wi-Fi. Результатом цього став Wi-Fi 7.

Порівняно з Wi-Fi 6E, новий стандарт Wi-Fi 7 пропонує:

- збільшення швидкості передачі даних;
- значне збільшення кількості одночасних з'єднань;
- наднизьку затримку;
- зменшення вразливості до завад;
- нижчу вартість

Стандарт Wi-Fi 7 був офіційно випущений у січні 2024 року, і продукти, сертифіковані за цим стандартом, вже з'явилися на ринку. За прогнозами Wi-Fi Alliance, у 2024 році буде розгорнуто понад 233 мільйони пристроїв Wi-Fi 7.

## WI-FI 7: КОРОТКИЙ ЕКСКУРС У МИНУЛЕ

**Р**адіочастотний (РЧ) спектр є найціннішим ресурсом бездротової мережі. Щоб бездротові пристрої могли незалежно взаємодіяти через бездротову мережу, кожному з них потрібно надсилати або отримувати дані у власній вузькій ділянці радіочастотного спектра, яка називається ресурсною одиницею (*Resource Unit, RU*). Чим більша частина спектра покривається мережею, тим більша кількість RU — і тим більшу кількість пристроїв мережа може підтримувати.

Перші покоління Wi-Fi працювали в діапазонах частот близько 2.4 ГГц і 5.5 ГГц. Уявіть їх як паралельні шосе, кожним з яких рухаються одномісні седани. Щоб розширити можливості підключення пристроїв, Wi-Fi 6E і Wi-Fi 7 додали ще один частотний діапазон з центром близько 6.5 ГГц. Це еквівалентно додаванню ще однієї паралельної магістралі, що одразу ж збільшує кількість пристроїв, які може підтримувати мережа. Ця нова «магістраль» має значно більшу пропускну здатність, ніж попередні дві магістралі разом узяті.

Основні частотні діапазони діляться на канали (або смуги в нашій аналогії з шосе), кожен з яких далі ділиться на точки доступу (RU). У традиційному Wi-Fi пристрій монополізує весь канал на час своєї сесії — жоден інший пристрій не може ним користуватися. Якщо ви коли-небудь були на переповненому стадіоні або на виставці й не могли під'єднатися до мережі, то, ймовірно, це сталося тому, що не вистачало каналів зв'язку для підтримки всіх пристроїв, що знаходяться в цій зоні. Це підводить нас до першого ключового оновлення Wi-Fi 7.

## WI-FI 7 РОЗШИРЮЄТЬСЯ ДО КАНАЛІВ 320 МГЦ

**Х**оча розширення стандарту Wi-Fi 6E до діапазону 6 ГГц збільшує пропускну здатність, цей стандарт обмежує ширину каналу до 160 МГц. Wi-Fi 7 розширює ширину каналу до 320 МГц, що дає нам вдвічі більше каналів у діапазоні 6 ГГц. Повертаючись до нашої аналогії з дорогою, ми фактично подвоїли кількість смуг, перетворивши її на супермагістраль з величезним збільшенням пропускної здатності. Wi-Fi 7 має й інші нюанси, які ще більше підвищують здатність мережі максимально ефективно використовувати спектр.

### Багатоканальна робота

Гнучке використання спектра — ще одна значна перевага Wi-Fi 7. Попередні покоління Wi-Fi обмежували використання пристроєм одного каналу за сеанс. Якщо канал не міг забезпечити необхідну продуктивність, рішення не існувало.

Багатоканальна робота (*Multi Link Operation, MLO*) у Wi-Fi 7 дозволяє мережі підключати пристрої одночасно через різні канали і навіть різні частотні діапазони під час одного сеансу. Ця технологія максимізує продуктивність і використання мережі. Це схоже на те, як автомобіль може змінювати смугу руху, перемикається на інше шосе або навіть використовувати службові дороги, щоб уникнути заторів.

MLO має й інші важливі переваги. У попередніх версіях Wi-Fi пристрій міг або передавати, або приймати, але не міг робити це одночасно. MLO дозволяє пристроєм Wi-Fi виконувати обидві функції одночасно.

Остаточним результатом використання MLO є значне збільшення пропускної здатності. MLO також оснащує Wi-Fi 7 підтримкою двох службових Mesh-мереж. Ці динамічні та самовідновлювальні мережі ефективні для таких застосувань, як автоматизовані склади, розумні заводи та медичні центри.

### Схема модуляції вищого порядку

Модуляція — це технологія кодування даних у бездротовому сигналі. Wi-Fi 7 використовує 4096 QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), що дозволяє пристроям Wi-Fi 7 передавати більше даних по одному каналу. Уявіть собі різницю між автомобілем з одним пасажиром, який їде по нашій смузі передачі даних, і автомобілем з 12 пасажирами. Використання 4096 QAM забезпечує збільшення пропускної здатності на 20% порівняно з Wi-Fi 6E, який використовує 1024 QAM.

### Зниження затримки — набагато нижче, ніж у Wi-Fi 6E

Затримка вноситься мережею під час передачі даних від пристрою-відправника до пристрою-одержувача. Завдяки таким технологіям, як MLO і 4096 QAM, Wi-Fi 7 забезпечує значно меншу затримку, ніж його попередники. Це особливо корисно для таких програм, як AR і VR, а також для інтерактивних ігор, які мають на меті імітувати час реакції людини.

### Пріоритетна мультимедійна служба

Wi-Fi 7 має кілька абсолютно нових функцій, найважливішою з яких є пріоритетна мультимедійна служба (*Multi-media Priority Service, MPS*). MPS дозволяє мережі Wi-Fi визначати пріоритетних користувачів і виділяти їм ресурси в першу чергу.

Прикладом може бути визначення пріоритетності зв'язку між рятувальниками та персоналом з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій під час стихійного лиха або іншої катастрофічної події. Сьогодні служби швидкого реагування мають такий самий пріоритет у доступі до мережі, як і всі інші користувачі. У надзвичайних ситуаціях мережа може бути перевантажена. MPS надає спосіб забезпечити доступ до мережі пріоритетним користувачам, таким як служби швидкого реагування.

### ПЕРЕВАГИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ WI-FI 7

Деякі з застосувань, які отримують вигоду від Wi-Fi 7, вже наближаються до масового використання, від потокового відео надвисокої чіткості до мереж Wi-Fi, що обслуговують численні пристрої в розумному будинку, включаючи відеоконференції для віддаленої роботи/електронного навчання. Деякі



# EUROCOM COMPONENTS

Офіційний представник  
в Україні



## ВАШ ПРОФЕСІЙНИЙ ПАРТНЕР

+38 (044) 334 45 75  
info@eurocom-c.com  
www.eurocom-c.com



з оновлень Wi-Fi 7 зосереджені на ширшому застосуванні цих технологій, але більшість орієнтовані на ресурсомісткі програми, які готуються стати популярними. Ось лише деякі з них.

### Промисловий Інтернет речей

Інтернет речей (*Internet of Things, IoT*) є домінуючим у таких сферах, як будинки, офіси та роздрібна торгівля, але ринкові прогнози показують, що промисловий IoT (IIoT, Industrial Internet of Things) витіснить його на другий план. Сучасне промислове середовище, від заводів до комунальних служб, логістики та транспорту, все більше залежить від мережевих пристроїв. Датчики та інтелектуальні компоненти передають потоки даних для забезпечення прогнозованого обслуговування та аналітики, в той час як контролери мережевого обладнання підтримують віддалене усунення несправностей та функціонування.

Використання Wi-Fi підвищує гнучкість (уявіть собі фабрику зі здатністю реконфігурації) при значно менших капітальних витратах, у порівнянні з дротовими системами. На додаток до високої пропускної здатності та покриття, ці застосування вимагають надійності п'ятого класу (безвідмовна робота протягом 99.999% часу), надійного захисту та детермінованого зв'язку, щоб гарантувати, що всі дані та команди досягають місця призначення без будь-яких затримок або завад.

Wi-Fi 7 ідеально відповідає цим вимогам разом зі значним підвищенням пропускної здатності, широкому покриттю та мінімальній затримці.

### Багатокористувацька AR/VR

Підтримка AR, VR або їхньої комбінації — розширеної реальності (*Extended Reality, XR*) вже вимагає високої продуктивності. Синхронізація передачі даних кільком користувачам з однієї точки доступу вимагає надвисокої пропускної здатності та надійності зв'язку при збереженні мінімальних затримок і придушенні завад. Спеціальні функції Wi-Fi 7, включаючи MLO і 4096 QAM, роблять цю технологію ідеальним рішенням для цієї нової сфери застосування.

### Імерсивні ігри та розваги

Технології доповненої та віртуальної реальності виводять ігри та розваги на новий рівень, забезпечуючи багатий, вражаючий досвід — але тільки якщо грати в мережі, налаштованій на їхню підтримку. Сьогоднішні виклики варіюються від ігор «у хмарі» до багато-

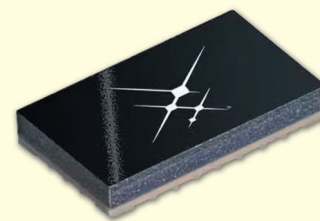
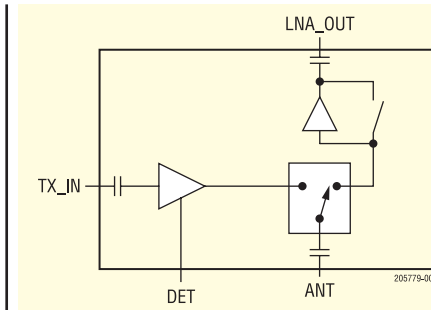


Рис. 1. Структурна схема та зовнішній вигляд модуля SKYY85787-11

користувачьких онлайн-ігор і масових багатокористувачьких заходів. Мережі повинні забезпечувати однаково високу пропускну здатність для чіткої деталізації ігор і широке покриття для підключення не лише гравців, але й глядачів та обладнання для трансляції.

Важливо, щоб ці програми мали мінімальну затримку для передачі рухів гравців на ігровому полі. Вища пропускну здатність Wi-Fi 7, ширина каналу 320 МГц і затримки в 1 мс не відстають від швидкості гри.

### Бездротовий зв'язок у медичних центрах

Великі медичні центри сьогодні є суперкористувачами бездротового зв'язку. Все починається з медичної телеметрії, яка надсилає потік критично важливих даних. Персонал використовує ноутбуки та планшети, щоб переглядати історії хвороб, результати аналізів або переглядати знімки. І не забувайте про пацієнтів та їхні сім'ї, які тримають свої телефони, планшети та ноутбуки під рукою.

Пікові навантаження непередбачувані, а мережа постійно переналаштовується. Надійність має першорядне значення — від доступу до мережі буквально залежить життя, а безпека стоїть на другому місці.

Ці вимоги відповідають сильним сторонам Wi-Fi 7. Він розроблений для ефективного використання діапазону частот, а функція MPS дає змогу надавати пріоритет доступу персоналу та передачі даних над усіма іншими користувачами в мережі, щоб забезпечити оптимальний догляд за пацієнтами.

### ПРОБЛЕМИ WI-FI 7

Про покращення продуктивності Wi-Fi 7 написано багато, але не обійшлося без певних проблем, що мали місце при проектуванні, починаючи з рівня плати й вище. Деякі з них стосу-

ються схем терморегуляції з метою мінімізації тепла, що виділяється електронікою. Прикладом високоінтегрованого рішення для Wi-Fi 7 може бути модуль SKYY85787-11 (див. рис. 1) — 5 ГГц FEM (*Front-End Module*), що містить 5-ГГц SPDT (*Single Pole Double Throw*) перемикач приймання/передавання, 5-ГГц підсилювач LNA (*Low Noise Amplifier*) з високим коефіцієнтом підсилення і низьким рівнем шуму з *bypass*-режимом і нелінійний підсилювач потужності PA (*Power Amplifier*), призначений для застосувань і систем Wi-Fi 6 великої потужності.

4096 QAM забезпечує значний приріст пропускної здатності, але його набагато складніше реалізувати, ніж 1024 QAM, що вимагає спеціальних високопродуктивних підсилювачів потужності. Використання 320-мегагерцових каналів робить це ще складнішим, а все вищезазначене знову ж таки генерує більше тепла. Крім того, потрібні спеціалізовані фільтри об'ємних акустичних хвиль (*Bulk Acoustic Wave, BAW*) для зменшення завад між частотними діапазонами, що використовуються в MLO. Промисловість, як завжди, впоралася з цим завданням, але якість продукції має значення.

### WI-FI 7 МОЖЕ ЗАДОВОЛЬНИТИ ПОТРЕБИ НОВИХ ГАЛУЗЕЙ ВИКОРИСТАННЯ

Коли у 2007 році був випущений iPhone, ніхто не очікував появи багатомільярдної економіки мобільних прикладних програм. Wi-Fi 7 орієнтований на потреби різних нових застосувань, але його можливості — вища пропускну здатність, значно розширена ємність, ефективність використання спектра, безпека, надійність і найнижча затримка — відкриють шлях для багатьох інших застосувань. Для забезпечення такого типу технологічного прогресу потрібна ціла екосистема. **СН**

# Багатоваріантний аналіз у LTspice

Валентин Володін

**Під час розроблення електронних пристроїв часто доводиться досліджувати вплив розкиду номіналів компонентів на параметри цих пристроїв. Або навпаки — необхідно визначити допустимий розкид номіналів компонентів, що забезпечує відповідність пристрою нормам ТУ.**

## ВСТУП

Крім розкиду номіналів, нерідко потрібно враховувати вплив і таких збурювальних факторів, як температура, старіння тощо. Завдання ускладнюється тим, що ці фактори діють одночасно та і мають комплексний вплив. І, при їхньому зростанні складність урахування взаємного впливу збільшується в геометричній прогресії. Тобто якщо факторів не багато, скажімо один або два, то рішення можна знайти за допомогою калькулятора, олівця та аркуша паперу. Однак при зростанні кількості факторів подібний інструментарій швидко стає марним. А отже, знадобиться щось більш серйозне. Наприклад, комп'ютерний симулятор електронних схем LTspice.

Як прикладне завдання визначимо можливий розкид вихідної напруги опорного джерела, спричинений відхиленнями параметрів компонентів, а також зміною температури навколишнього середовища. Електрична схема джерела опорної напруги (ДОН), зібраного на мікросхемі TL431, зображена на рисунку 1. Припустимо, за технічними умовами (ТУ) потрібно, щоб ДОН формувало вихідну напругу  $V_{OUT} = 5 \text{ В} \pm 1.5\%$ . Цей приклад є однією з багатьох типових задач, з необхідністю вирішення яких розробник електроніки стикається в процесі своєї діяльності.

У бібліотеці симулятора немає спеціальної моделі, що дає змогу імітувати якісь розкиди та температурні залежності мікросхеми TL431 (далі — мікросхема), тому підготуємо спеціальну тестову модель, схему якої зображено на рисунку 2.

Позиційні позначення навісних компонентів на рисунках 1 і 2 збігаються. Резистори R2 і R3 утворюють дільник, що задає вихідну напругу ДОН. Джерело струму I2 імітує опорний вхідний струм  $I_{ref}$  мікросхеми. Незалежне джерело напруги V1

імітує опорну вхідну напругу  $V_{ref}$  мікросхеми. ДСКН (джерело струму, керованого напругою) G1 імітує внутрішній операційний підсилювач мікросхеми. Джерело струму I1 імітує струм навантаження  $I_{LOAD}$ . ДОН живиться від незалежного джерела V2 напругою 9 В. Резистор R1 обмежує максимальний вихідний струм ДОН. Список факторів збурення і змінних параметрів наведено в таблиці 1.

Зміна температури (*temp*) призводить до того, що опір резисторів R2 і R3 змінюється відповідно до температурного коефіцієнта опору (*tk*s). Цей вплив спільно з допуском *dop* призводить до нестабільності значень опорів резисторів. У результаті опір резисторів *R* може мати будь-яке значення в діапазоні  $R_{min} - R_{max}$ :

$$R_{min} = R(1 - dop/100)(1 + (T_{min} - T_{nom})/tk_s) = R(1 - 0.1/100)(1 + 0 - 20) \times 25 \times 10^{-6} = R \times 0.9985,$$

$$R_{max} = R(1 + dop/100)(1 + (T_{max} - T_{nom})/tk_s) = R(1 + 0.1/100)(1 + (50 - 20) \times 25 \times 10^{-6}) = R \times 1.0017,$$

де  $T_{nom} = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

У цьому випадку R2 = R3 = 10 кОм. Отже, для обох резисторів мінімальний і максимальний опір будуть однаковими:  $R_{min} = 10 \times 0.9985 = 9.985 \text{ кОм}$ , а  $R_{max} = 10 \times 1.0017 = 10.017 \text{ кОм}$ .

## ОПТИМІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Чим більше будь-який з перерахованих факторів і параметрів відхиляється в більший або менший бік від свого

Таблиця 1. Список факторів збурення та параметрів

Назва	Мінімум	Максимум
Температура (T), $^\circ\text{C}$	0	50
Допуск опору (dop), %	-0.1	0.1
Температурний коефіцієнт опору (tk)s, $10^{-6} \times 1/^\circ\text{C}$ (ppm*)	-25	25
Вхідна напруга ( $V_{ref}$ ), В	2.475	2.515
Вхідний струм ( $I_{ref}$ ), мкА	1.1	2
Струм навантаження ( $I_{LOAD}$ ), мА	0	6

Примітка. \* ppm (parts per million) — мільйонна частка.

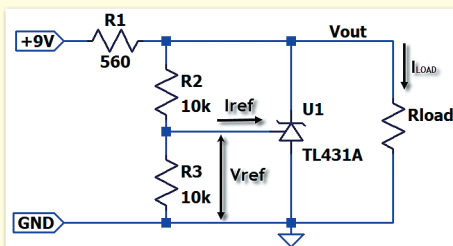


Рис. 1. Джерело опорної напруги

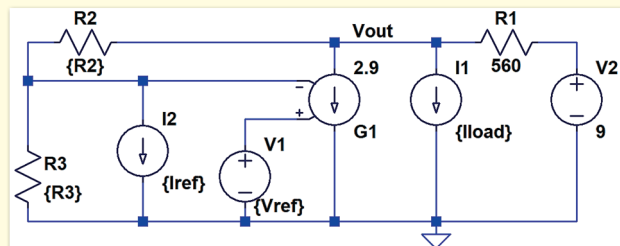


Рис. 2. Тестова модель джерела опорної напруги

номінального значення, тим більше відхиляється від свого номінального рівня вихідна напруга ДОН. Отже, для визначення максимального розкиду вихідної напруги достатньо врахувати тільки крайні відхилення факторів і параметрів збурення. Взявши на озброєння цей принцип, можна значно спростити завдання. У цьому разі завдання зводиться до того, щоб виміряти вихідну напругу для всіх можливих комбінацій зазначених вище факторів і параметрів, якщо ті набувають тільки двох значень: максимального та мінімального. Відповідно, загальне число комбінацій для  $k$  факторів і параметрів дорівнює аналогічному значенню двійкового коду:

$$N(k) = 2^k, \quad (1)$$

де  $k$  — кількість розрядів двійкового коду.

У таблиці 1 перераховано шість факторів і параметрів, що впливають на стабільність вихідної напруги ДОН. Однак трохи раніше зміну температури ( $T$ ), температурний коефіцієнт ( $tk_s$ ) і допуск ( $dop$ ) було перетворено на зміну опорів резисторів  $R2$  і  $R3$ . У результаті кількість змінних параметрів знизилася до п'яти. Загальну кількість всіляких комбінацій із цих параметрів можна знайти за формулою (1) як  $N = 2^5 = 32$ .

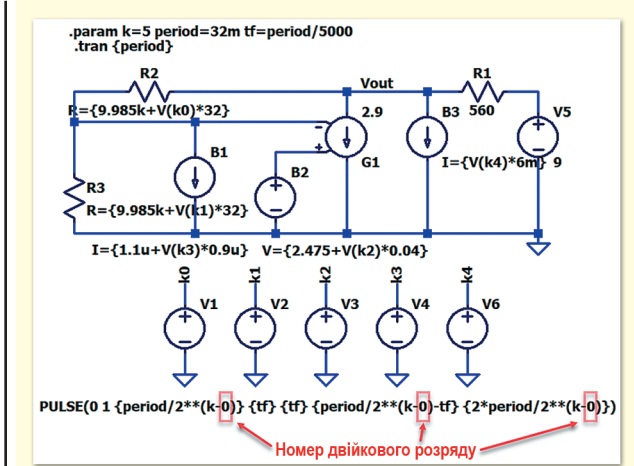
## ВИКОРИСТАННЯ ДИРЕКТИВИ .TRAN

Директива .TRAN призначена для дослідження перехідного процесу. Цей тип дослідження дає змогу моделювати поведінку ДОН після подачі напруги живлення. Необхідно лише організувати зміну номіналів і параметрів компонентів моделі відповідно до двійкового алгоритму.

Перебір комбінацій — у цьому режимі дослідження можна здійснити за допомогою генератора двійкових комбінацій. Такий генератор можна побудувати на двійкових лічильниках або на незалежних джерелах напруги. Попередньо необхідно встановити відповідність між варіюваними параметрами і двійковими розрядами. Варіант такої відповідності наведено в таблиці 2. Також у таблиці вказано мінімальні значення всіх параметрів і прирости. Коли двійковий розряд дорівнює 0, відповідний йому параметр має мінімальне значення. Коли двійковий розряд дорівнює 1, відповідний йому параметр дорівнює сумі мінімального значення і прирости.

**Таблиця 2. Відповідність між варіюваними параметрами та двійковими розрядами**

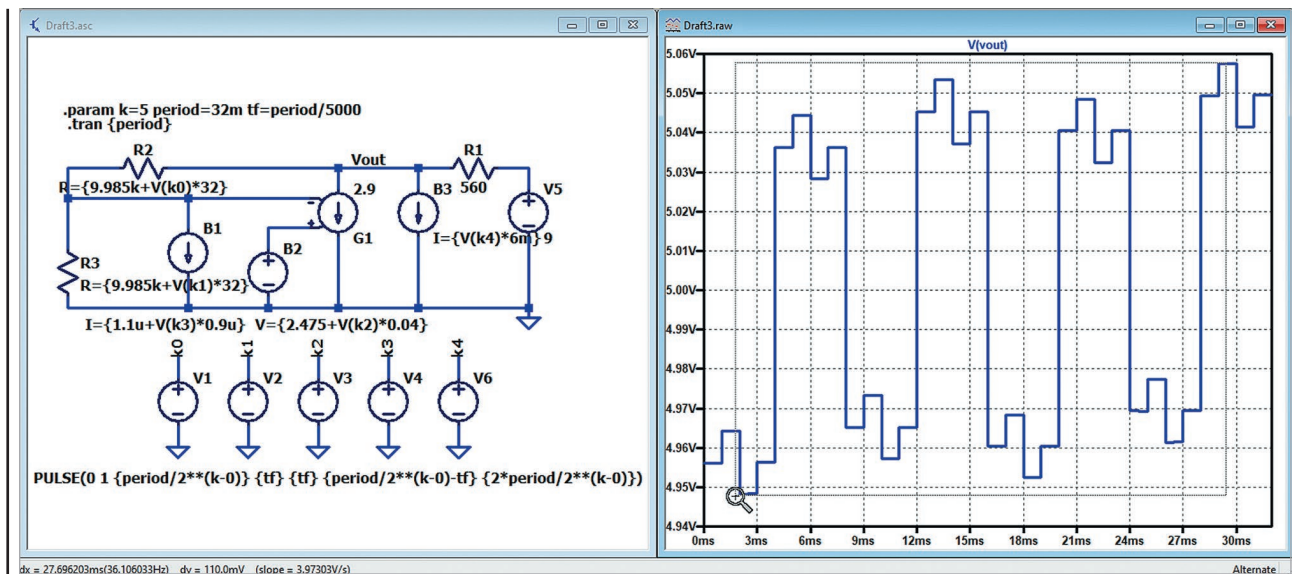
Назва параметра	Мінімум	Приріст	Двійковий розряд	Вага розряду
Опір резистора $R2$ , кОм	9.985	0.032	0	1
Опір резистора $R3$ , кОм	9.985	0.032	1	2
Вхідна напруга ( $V_{in}$ ), В	2.475	0.04	2	3
Вхідний струм ( $I_{in}$ ), мкА	1.1	0.9	3	4
Струм навантаження ( $I_{load}$ ), мА	0	6	4	16



**Рис. 3. Модель із генератором комбінацій на джерелах напруги**

Схема моделі з генератором комбінацій на джерелах напруги зображена на рисунку 3. Усі джерела напруги мають практично однакове налаштування. Необхідно лише вказати номер двійкового розряду, для якого дане джерело буде генерувати послідовність нулів і одиниць. Для прикладу, на рисунку 3 розкрито рядок налаштування джерела  $V1$ , що генерує послідовність нульового розряду. Налаштування джерела полягає в тому, щоб у зазначені на рисунку 1 позиції рядка вписати 0. Для першого розряду треба буде вписати 1, для другого 2 тощо. Список зв'язків моделі наведено в листингу 1.

Результат дослідження зображено на рисунку 4. Дослідження перехідного процесу показує, що за різних поєднань



dx = 27.696203ms/36.106033Hz dv = 110.0mV (slope = 3.97303V/s)

Alternate

**Рис. 4. Дослідження перехідного процесу моделі з варіацією параметрів**



Лістинг 1. Список зв'язків моделі з двійковим лічильником

```

R1 N002 Vout 560
G1 Vout 0 N003 N001 2.9
R3 N001 0 R={9.985k+V(k1)*32}
R2 Vout N001 R={9.985k+V(k0)*32}
V5 N002 0 9
B1 N001 0 I={1.1u+V(k3)*0.9u}
B2 N003 0 V={2.475+V(k2)*0.04}
B3 Vout 0 I={V(k4)*6m}
V1 k0 0 PULSE(0 1 {period/2**(k-0)} {tf} {tf} {period/2**(k-0)-tf} {2*period/2**(k-0)})
V2 k1 0 PULSE(0 1 {period/2**(k-1)} {tf} {tf} {period/2**(k-1)-tf} {2*period/2**(k-1)})
V3 k2 0 PULSE(0 1 {period/2**(k-2)} {tf} {tf} {period/2**(k-2)-tf} {2*period/2**(k-2)})
V4 k3 0 PULSE(0 1 {period/2**(k-3)} {tf} {tf} {period/2**(k-3)-tf} {2*period/2**(k-3)})
V6 k4 0 PULSE(0 1 {period/2**(k-4)} {tf} {tf} {period/2**(k-4)-tf} {2*period/2**(k-4)})
.tran {period}
.param k=5 period=32m tf=period/5000
.backanno
.end

```

варіації параметрів, перелічених у таблиці 2, напруга ДОН залишається в діапазоні 4.948–5.058 В. Розкид вихідної напруги становить  $5.058 - 4.948 = 110$  мВ. Відхилення вихідної напруги від номінального значення 5 В не перевищує  $\pm 1.1\%$ , що не гірше вимог ТУ.

Альтернативний генератор двійкових комбінацій можна побудувати з використанням директиви .FUNC, яка дозволяє створювати користувацькі функції. Один із варіантів генератора комбінацій може бути створений таким чином:

```

.param k=5 period=1
.func mod2(x) if(x>2*int(x/2),1,0)
.func ras(n) mod2(int(time/(period/2**(k-n))))

```

Тут за допомогою директиви .PARAM створюються змінні  $k$  і  $period$ . Змінна  $k$  визначає кількість двійкових розрядів генератора комбінацій, а змінна  $period$  визначає тривалість періоду моделювання. Функція  $mod2(x)$  визначає парність

Лістинг 2. Список зв'язків моделі з генератором двійкових комбінацій

```

R1 N002 Vout 560
G1 Vout 0 N003 N001 2.9
R3 N001 0 R={9.985k+ras(1)*32}
R2 Vout N001 R={9.985k+ras(0)*32}
V2 N002 0 9
B1 N001 0 I={1.1u+ras(3)*0.9u}
B2 N003 0 V={2.475+ras(2)*0.04}
B3 Vout 0 I={ras(4)*6m}
.tran 0 {period} 0 {1u*period}
.param k=5 period=1
.func mod2(x) if(x>2*int(x/2),1,0)
.func ras(n) mod2(int(time/(period/2**(k-n))))
.backanno
.end

```

```

.param k=5 period=1
.func mod2(x) if(x>2*int(x/2),1,0)
.func ras(n) mod2(int(time/(period/2**(k-n))))
.tran 0 {period} 0 {1u*period}

```

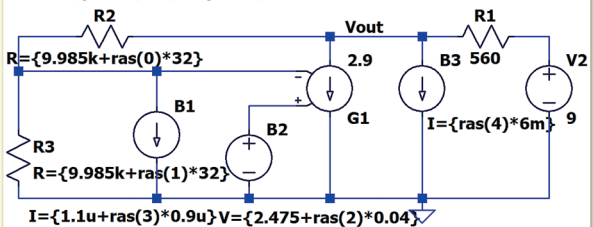


Рис. 5. Модель із генератором двійкових комбінацій

цілого числа  $x$ . Якщо число  $x$  парне, то функція повертає 0, якщо непарне, то 1. Функція  $ras(n)$  визначає стан двійкового розряду з номером  $n$ .

Модель із генератором двійкових комбінацій, створеним за допомогою директиви .FUNC, зображено на рисунку 5. Список зв'язків моделі наведено в лістингу 2.

Результат дослідження зображено на рисунку 6. Ці результати аналогічні отриманим раніше. Застосування користувацьких функцій дає змогу отримати більш компактний зовнішній вигляд моделі. Однак у швидкості отримана модель значно програє попередній.

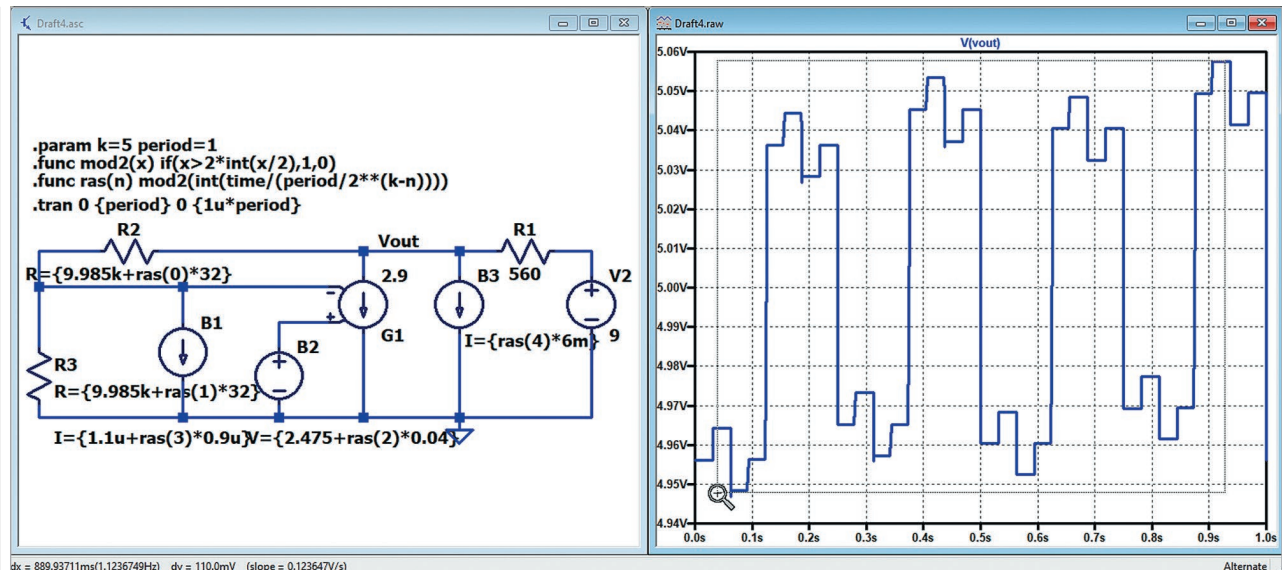


Рис. 6. Варіація параметрів за допомогою генератора двійкових комбінацій

## ВИКОРИСТАННЯ ДИРЕКТИВИ .STEP

Методика багатоваріантного аналізу, розглянута в попередньому розділі, досить проста та забезпечує дуже високу швидкість моделювання. Однак ця методика підходить тільки для тих досліджень, які можна проводити за допомогою директиви .TRAN. З її допомогою неможливо здійснити багатоваріантний аналіз за інших видів дослідження.

Зазначену проблему попередньої методики можна спробувати вирішити за допомогою директиви .STEP. Ця директива протягом одного сеансу моделювання дає змогу багаторазово запускати будь-який тип дослідження з варіацією одного параметра. І цього, на жаль, недостатньо, оскільки в нашому випадку потрібно одночасно змінювати п'ять параметрів, а не один. Проблема можна розв'язати введенням допоміжної змінної  $ns$  (ім'я змінної може бути довільним), яка виконуватиме роль своєрідного лічильника циклів. Саме ця змінна і буде варіюватися директивою .STEP. Зміна ж необхідних параметрів, своєю чергою, визначатиметься станом лічильника. При цьому кількість циклів моделювання знаходять за формулою (1) як:

$$ns = 2k = 25 = 32,$$

де  $k$  — число варіюваних параметрів.

Стан будь-якого з двійкових розрядів  $n$ , залежно від номера циклу моделювання  $ns$ , можна розрахувати за формулою:

$$q_{index} = \text{int}(ns/2^n) - 2\text{int}(ns/2^{n+1}), \quad (2)$$

Схема моделі багатоваріантного аналізу з використанням директиви .STEP зображена на рисунку 7. Список зв'язків моделі з директивою .STEP

результат дослідження зображено на рисунку 8. Результати моделювання аналогічні отриманим раніше. Дещо інший підхід продемонстровано в [1, 2], де обчислення ваги двійкового розряду здійснюється за допомогою користувачької функції:

```
.func binary_digit(ns,n) int(ns/2**n)-2*int(ns/2**(n+1))
```

Для визначення параметрів також застосовується користувачька функція ws. Якщо параметр задано у вигляді

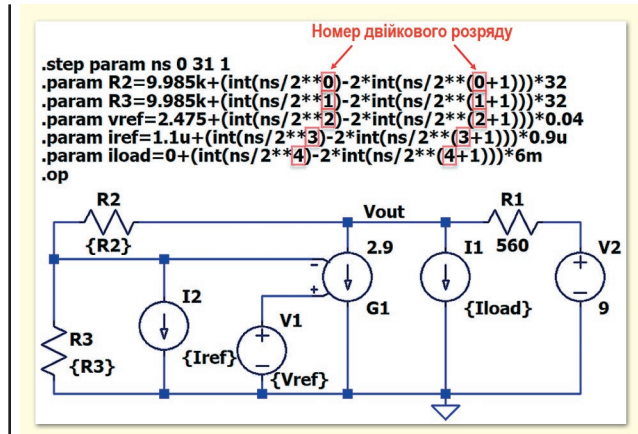


Рис. 7. Модель із директивою .STEP

Лістинг 3. Список зв'язків моделі з директивою .STEP

```
R1 N002 Vout 560
G1 Vout 0 N003 N001 2.9
V1 N003 0 {Vref}
R3 N001 0 {R3}
R2 Vout N001 {R2}
I1 Vout 0 {Iload}
V2 N002 0 9
I2 N001 0 {Iref}
.step param ns 0 31 1
.param R3=9.985k+(int(ns/2**1)-2*int(ns/2**(1+1)))*32
.param vref=2.475+(int(ns/2**2)-2*int(ns/2**(2+1)))*0.04
.param iref=1.1u+(int(ns/2**3)-2*int(ns/2**(3+1)))*0.9u
.param iload=0+(int(ns/2**4)-2*int(ns/2**(4+1)))*6m
.op
.param R2=9.985k+(int(ns/2**0)-2*int(ns/2**(0+1)))*32
.backanno
.end
```

мінімального значення  $min$  і приросту  $inc$ , використовується функція:

```
.func wc(min,inc,n) if(binary_digit(ns,n),min+inc,min)
```

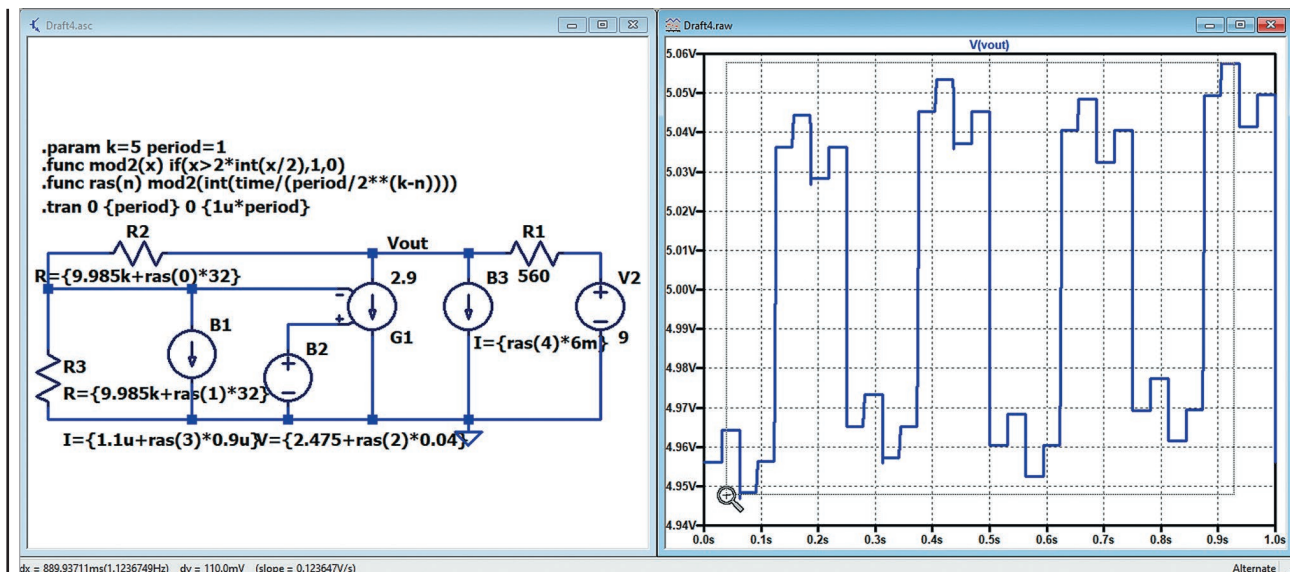


Рис. 6. Варіація параметрів за допомогою генератора двійкових комбінацій

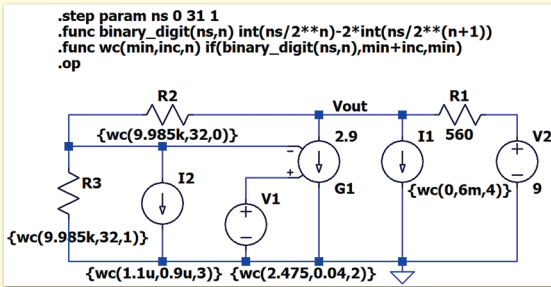


Рис. 9. Модель із директивою .STEP і користувацькими функціями

Якщо ж параметр задано у вигляді номінального значення  $nom$  і допуску  $dop$  ( $\gamma$  %), використовується функція:

```

.func wc(nom,dop,n) if(binary_digit(ns,n),nom*(1+dop/100),
nom*(1-dop/100))

```

Застосування користувацьких функцій дає змогу знизити кількість тексту в моделі та покращити її зручність читання. Однак час моделювання при цьому збільшується.

Схема моделі багатоваріантного аналізу з використанням директиви .STEP і користувацьких функцій показана на рисунку 9. Список зв'язків моделі наведено в лістингу 4.

Лістинг 4. Список зв'язків моделі з директивою .STEP і користувацькими функціями

```

R1 N002 Vout 560
G1 Vout 0 N003 N001 2.9
V1 N003 0 {wc(2.475,0.04,2)}
R3 N001 0 {wc(9.985k,32,1)}
R2 Vout N001 {wc(9.985k,32,0)}
I1 Vout 0 {wc(0,6m,4)}
V2 N002 0 9
I2 N001 0 {wc(1.1u,0.9u,3)}
.step param ns 0 31 1
.op
.func binary_digit(ns,n) int(ns/2**n)-2*int(ns/2**(n+1))
.func wc(min,inc,n) if(binary_digit(ns,n),min+inc,min)
.backanno
.end

```

Результат дослідження зображено на рисунку 10. Результати моделювання також аналогічні отриманим раніше.

Література:

1. Spencer J. *Getting the worst-case circuit analysis with a minimal number of LTspice simulation runs.* ANALOG DEVICES, 2017.
2. K6JCA: *Monte Carlo and Worst-Case Circuit Analysis using LTSpice, 2012 (Edited on 29 May 2020).*

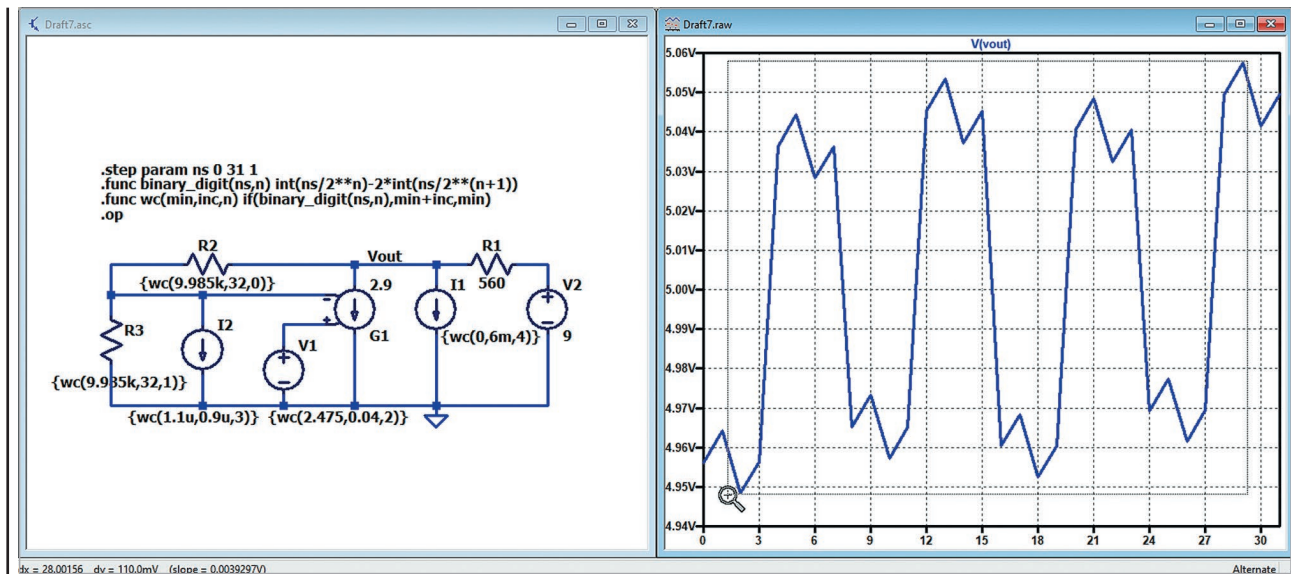


Рис. 10. Варіація багатьох параметрів з використанням директиви .STEP і користувацьких функцій

## СТРАТЕГІЧНЕ ПАРТНЕРСТВО ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ РОЗВИТКУ ПОВНІСТЮ ОЦИФРОВАНОГО БІОЛОГІЧНОГО СВІТУ

Компанії **Analog Devices** та **Flagship Pioneering** оголосили про створення стратегічного альянсу з метою прискорення розвитку повністю оцифрованого біологічного світу. Це партнерство об'єднує досвід ADI в галузі інжинірингу аналогових та цифрових напівпровідників з досвідом Flagship Pioneering в прикладній біології, що сприятиме відкриттю біологічних знань, нових та вдосконалих вимірювань, діагностики та нових втручань. Це партнерство дає можливість створювати проривні рішення для здоров'я та сталого розвитку людини.

Зокрема, партнерство використовуватиме унікальний інноваційний процес Flagship Pioneering та передові напівпровідникові

технології ADI, портфолію обробки сигналів та досвід у галузі фізичного світу, щоб розкрити глибоко проривні рішення та створити нові компанії у сфері цифрової біології. Початкові сфери діяльності включатимуть біоелектронні платформи, регенеративне сільське господарство, нові застосування ШІ/МЛ, а також превентивну медицину та охорону здоров'я. Потенційні досягнення можуть сприяти подальшому розвитку секвенування білків наступного покоління, мультимікроскопії, ранній діагностиці захворювань, перетворенню великих обсягів біологічної інформації в практичні цифрові дані, розробці та оптимізації ліків тощо.

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



# Мікроконтролери початкового рівня: RL78/G23 відповідають вимогам епохи Інтернету речей

**Томохіко Отсу (Tomohiko Ohtsu), Renesas Electronics Corp.**  
**Коджі Урусіма (Koji Urushima), Renesas Electronics Corp.**

**Мікроконтролер RL78/G23, випущений компанією Renesas Electronics, відображає потреби сьогодення і значно перевершує виробу серії RL78. Низькорівневі мікроконтролери RL78/G23 відповідають широким вимогам мікроконтролерів в епоху Інтернету речей. У них низьке енергоспоживання, інтелектуальні функції та зручне для користувача середовище розробки. У цій статті розглядається відповідність мікроконтролерів серії RL78/G23 згаданим актуальним вимогам.**

## ВСТУП

У доступному для огляду майбутньому очікуються стабільні ринкові умови використання 8/16-розрядних МК, інакше відомих як МК молодшого класу, у таких застосуваннях кінцевих користувачів як побутова техніка та IoT-пристрої. Сімейство мікроконтролерів початкового рівня Renesas RL78 використовували в безлічі пристроїв, які здобули популярність завдяки малому енергоспоживанню і широкому асортименту продукції. Тепер, коли починається розквіт епохи Інтернету речей, розширена і вдосконала лінійка мікроконтролерів RL78 компанії Renesas Electronics задовольняє найсучасніші потреби приладів для Інтернету речей. RL78/G23 — наступне покоління мікроконтролерів сімейства RL78, що забезпечує вищу енергоефективність при високій продуктивності та виконанні інтелектуальних функцій.

## МІКРОКОНТРОЛЕРИ RL78/G23 ДЛЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Епоху Інтернету речей, коли все під'єднано до мережі, компонентам кінцевих пристроїв дедалі частіше потрібні легкі та компактні батареї з низь-

ким енергоспоживанням для тривалого використання, а також надійний захист для безпечного та бездротового оновлення прошивки.

Підвищення ефективності програмного забезпечення необхідне для зниження навантаження на центральний процесор поряд із гострою потребою в інтерфейсі для користувача з безконтактними засобами керування, спричиненою нещодавною пандемією. Скорочення часу розроблення, що прискорює виведення продукції на ринок, залишається ключовим питанням.

Мікроконтролери RL78/G23 є вдосконаленими версіями звичайних мікроконтролерів RL78, що відображають всі перераховані вище потреби в рішеннях і відповідають попиту користувачів завдяки меншому енергоспоживанню, інтелектуальним функціям і більш дружньому середовищу розроблення. Ми розглянемо наступні особливості RL78/G23:

- покращені характеристики енергоспоживання для більш тривалого використання IoT-пристроїв з живленням від батарей:
  - зниження енергоспоживання завдяки новим розробкам;
  - зниження енерговитратних операцій процесора завдяки прискореному запуску;

- прискорення роботи процесора завдяки секвенсору в режимі відкладеного сигналу (*SNOOZE Mode Sequencer, SMS*);
- інтелектуальні функції для безпеки даних та ефективності роботи:
  - розширення функцій безпеки;
  - секвенсор режиму SNOOZE для опрацювання, аналізу та виконання периферійних функцій без допомоги процесора;
  - підтримка програмного/апаратного оновлення;
  - логічний контролер для зв'язку подій і логіки (AND, OR, EX-OR, D flip-flop тощо);
- скорочення часу розробки завдяки розширеним функціям середовища розробки:
  - «інтелектуальний» конфігуратор, що спрощує розробку завдяки налаштуванню графічного інтерфейсу для початкових налаштувань ПЗ, а також налаштувань драйверів, проміжного ПЗ і бібліотек;
  - простий у використанні та дружній інтерфейс інструменту;
  - наявність бібліотек Arduino;
- зниження витрат на собівартість завдяки вбудованим периферійним пристроям і сумісності з наявними сімействами мікроконтролерів, що забезпечують безперешкодну міграцію:
  - підтримка сумісності з наявними мікроконтролерами RL78 (призначення контактів, ядро процесора, периферійні функції);
  - зниження витрат на системну специфікацію (вбудовані периферійні функції);
- порт керування вихідним струмом;
- вихідний порт 40 мА;
- емнісні сенсорні датчики.

## ПОКРАЩЕНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ДЛЯ ІОТ-ПРИСТРОЇВ З БАТАРЕЙНИМ ЖИВЛЕННЯМ

Новий техпроцес дає змогу знизити споживану потужність виробів.

Для RL78/G23 MCU було модифіковано технологію напівпровідникового виробництва, яка використовується для звичайних МК RL78. Порівняння мікроконтролерів RL78/G13 і RL78/G23 показує, що споживання струму в режимі Run скоротилося на 30% (див. рис. 1).

## СКОРОЧЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРОЦЕСОРА ЗАВДЯКИ ПРИСКОРОМУ ЗАПУСКУ

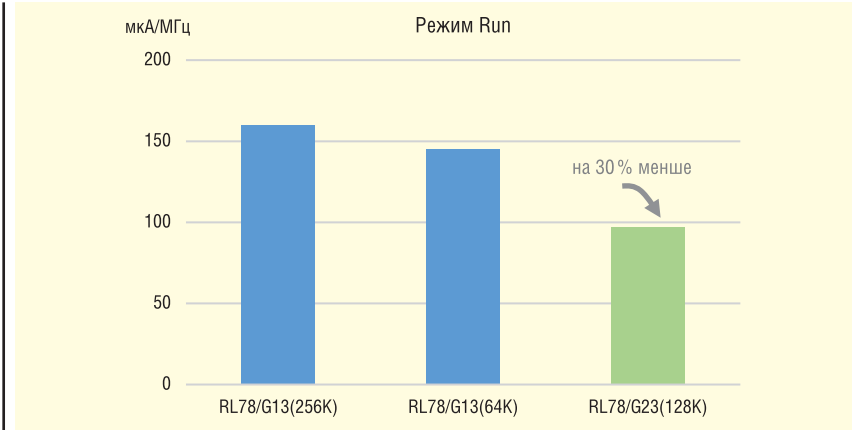
Порівняно з RL78/G13B, у мікроконтролерах RL78/G23 реалізовано вдосконалений механізм переходу операцій вбудованого тактового генератора з режиму очікування (режим STOP) у режим пробудження. Використання високошвидкісного вбудованого генератора в мікроконтролері RL78/G13 дає змогу скоротити час переходу 18–65 мкс між двома режимами до 1 мкс (див. рис. 2). Скорочення часу переходу між режимами не тільки зменшує тимчасові затримки, а й знижує загальне енергоспоживання завдяки збільшенню часу очікування в програмах із переривчастими операціями, що повторюються, у режимі очікування та робочому режимі. Завдяки новій інтелектуальній функції секвенсора режиму SNOOZE, описаній у наступному розділі, енергоспоживання знижується ще більше.

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ФУНКЦІЇ ДЛЯ ЗАХИСТУ ДАНИХ І ВИСОКОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

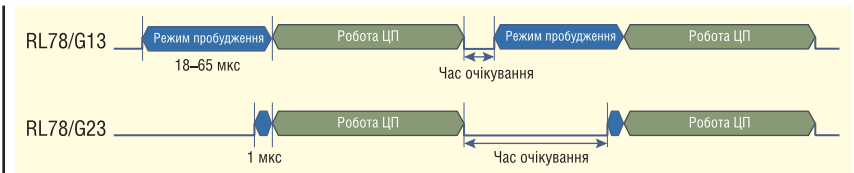
### Розширені функції безпеки

Можливі варіанти використання мікроконтролерів RL78/G23 передбачають під'єднання пристрою до мереж через інші мікросхеми, до головного контролера або до пристрою контролю датчиків (див. рис. 3). Розширені функції безпеки допомагають запобігти проблемам несанкціонованого доступу, характерним для подібних випадків, наприклад, витоку даних, забезпечуючи безпечно з'єднання.

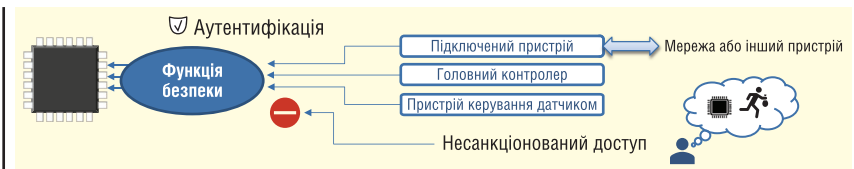
Мікроконтролери RL78/G23 мають систему безпеки, яку забезпечує генератор істинно випадкових чисел (TRNG), унікальний ідентифікатор, залежний від



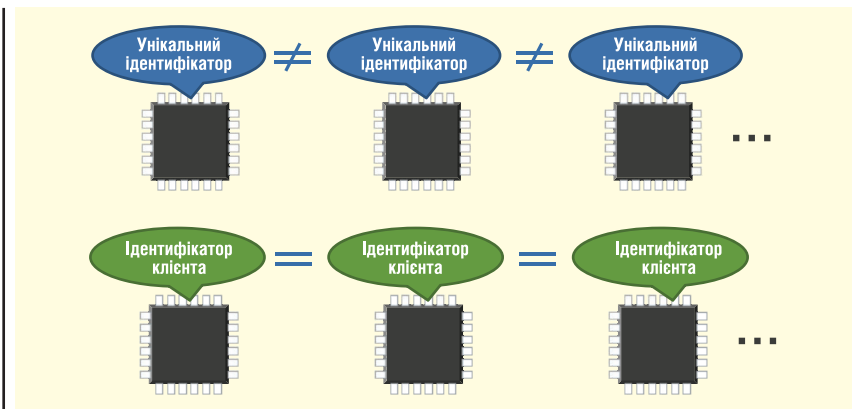
**Рис. 1.** Зниження енергоспоживання завдяки модифікації процесу напівпровідникового виробництва



**Рис. 2.** Зниження енергоспоживання завдяки скороченню часу запуску



**Рис. 3.** Приклади використання МК, що вимагають реалізації заходів безпеки



**Рис. 4.** Унікальний ідентифікатор та ідентифікатор клієнта

пристрою, який не може бути перезаписаний, і функцію ідентифікатора клієнта, що дає змогу клієнту встановити номер ідентифікатора (довільне значення, яке зберігається в області, яку не можна перезаписати). Унікальний ідентифікатор призначається випадковим чином і може використовуватися для відстеження виробу після впровадження (див. рис. 4). Ідентифікатор клієнта може застосовуватися як ключ шифрування для перевірки автентичності виробу або перевірки системи. Обидва ідентифікатори є цінними інструментами аутентифікації безпеки.

Крім того, мікроконтролери RL78/G23 працюють із програмною бібліотекою AES для шифрування переданих даних. Програмна бібліотека AES, оптимізована під асемблерний код сімейства RL78, забезпечує ефективне шифрування та дешифрування відповідно до стандарту AES. Програмна бібліотека також підтримує стандарт AES-GCM для використання в галузі інтелектуальних лічильників. Використання програмної бібліотеки шифрування також забезпечує безпечно завантаження та безпечні оновлення.



Рис. 5. Відмінності між мікроконтролерами RL78/G13 і RL78/G23

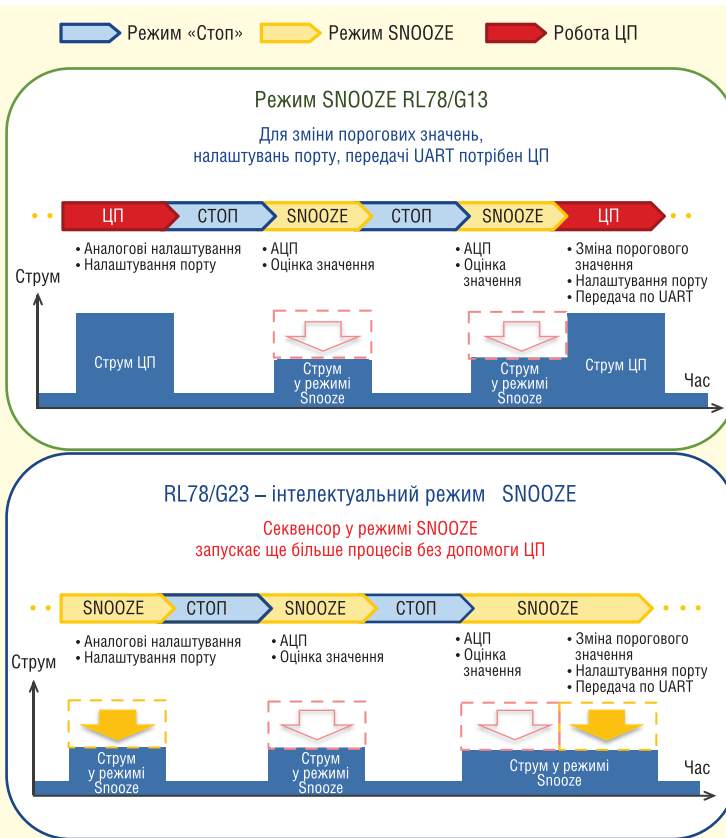


Рис. 6. Секвенсор режиму SNOOZE: операції з низьким енергоспоживанням в обхід ЦП

**Вбудований секвенсор у режимі SNOOZE (SMS)**

Робота в режимі SNOOZE у звичайних мікроконтролерах RL78 обмежувалася аналого-цифровим перетворенням і функцією приймання через послідовний порт (див. рис. 5).

Робота в режимі SNOOZE нового вбудованого в RL78/G23 секвенсора забезпечує виконання процесів і отримання доступу до периферійних пристроїв в обхід центрального процесора (ЦП). Внаслідок додаткового часу очікування ЦП знижується енергоспоживання. Секвенсор у режимі SNOOZE за зупиненого ЦП керує такими обчисленнями, оцінками та периферійними функціями:

- послідовне виконання 32 процесів, обраних із 21-го типу обробки;
- виконання процесу в режимі очікування ЦП;
- можливість пробудження ЦП у режимі очікування;
- прямий запуск контролера передачі даних (*Data Transfer Controller, DTC*);
- доступ до пам'яті RAM і SFR периферійних функцій;
- 16-біт операції додавання і віднімання;
- обробка розгалужень;
- тривалий стан очікування, що виникає завдяки автоматичному перемиканню тактової частоти обробки очікування на низькошвидкісний вбудований генератор.

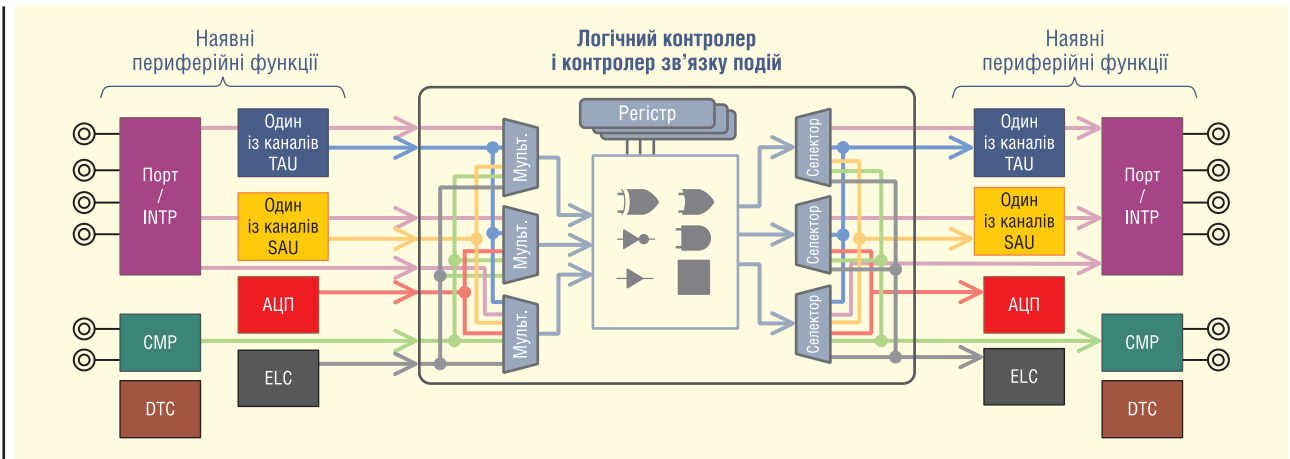
З рисунка 6 видно, що керування процесами обробки, оцінювання та периферійними функціями в обхід ЦП дає змогу виконувати ці операції в реальних умовах із низьким енергоспоживанням.

Додаткову інформацію про роботу в режимі SNOOZE див. у вказівках компанії Renesas щодо застосування, у яких описано такі функції, як моніторинг джерела живлення, виявлення тривалого/короткого натискання кнопки, керування ввімкненням/вимкненням кількох світлодіодів, виявлення пожежі та програми для розрахунку ковзної середньої функції.

**Оновлення програмного/паратного забезпечення**

Область завантаження флеш-пам'яті в мікроконтролерах RL78 містить завантажувальні кластери 0 і 1 і вмикає функцію підкачування завантаження. Коли через короточасне вимкнення живлення перезапис завантажувальної області з використанням самопрограмування завершується некоректно, функція підкачування після перезавантаження системи дає змогу замінити





**Рис. 7. Огляд контролера логіки та зв'язку подій**

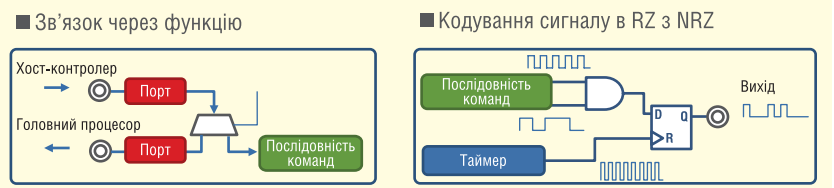
завантажувальну програму новою програмою і забезпечити успішний запис цієї програми.

У мікроконтролерах RL78/G23 область завантажувального кластера порівняно із завантаженням МК RL78/G13 збільшено з 4 до 16 Кбайт. Збільшення розміру завантажувального кластера дає змогу записувати в нього програми з великою кількістю функцій, що, зі свого боку, ще більше спрощує оновлення програмного забезпечення.

**Контролер логіки та зв'язку подій**

Мікроконтролери RL78/G23 додають логічну функцію до функції контролера зв'язку подій RL78/G14, що дає змогу безпосередньо пов'язувати події з периферійними функціями, міняючи ЦП (див. рис. 7).

Це доповнення дає змогу пов'язувати події та логіку (I, АБО, виключне АБО, D-тригер тощо). Вбудовування логіки усуває необхідність у зовнішній логіці, забезпечуючи пряме з'єднання між периферійними функціями без впливу на навантаження ЦП.



**Рис. 8. Приклади використання логічного контролера і контролера зв'язку подій**

На рисунку 8 показано приклад використання логічного контролера і контролера зв'язку подій: просте перемикання логічного сигналу і додавання схеми для кодування сигналу NRZ в сигнал RZ. Цей приклад також можна використовувати для вирішення конкретних запитів, як-от налаштування часу роботи таймера або виконання виведення відповідно до синхронізації переривання.

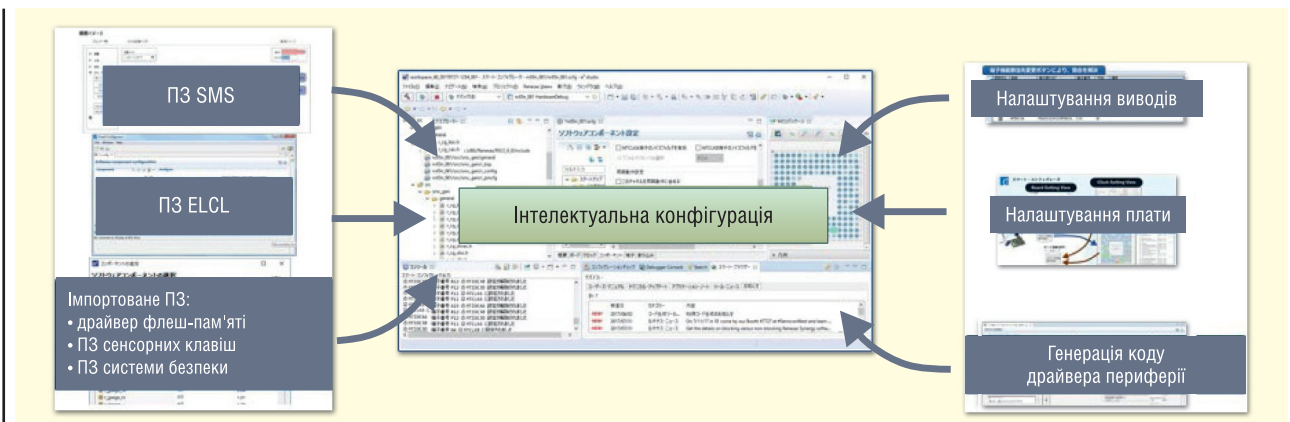
Компанія Renesas пропонує безліч практичних рекомендацій, що описують приклади застосувань контролера логіки та зв'язку подій, як-от контроль кількох параметрів, контакт вибору веденого пристрою (4-провідний інтерфейс SPI), схема захисту від брязкоту та точне виявлення фронтів.

**РОЗШИРЕНІ ФУНКЦІЇ СЕРЕДОВИЩА РОЗРОБКИ**

**Смарт-конфігуратор для спрощення розробки**

Мікроконтролер RL78/G23 постає з покращеним конфігуратором коду. Цей «інтелектуальний» конфігуратор із вільно програмованим інтерфейсом інструментів являє собою утиліту, засновану на принципах вільного ПЗ (див. рис. 9).

На додаток до початкових налаштувань програмного забезпечення графічний інтерфейс конфігуратора можна використовувати для налаштування проміжного ПЗ і бібліотек, включно з драйверами периферійних функцій, додатками touch key і програмними засо-



**Рис. 9. Огляд смарт-конфігуратора**

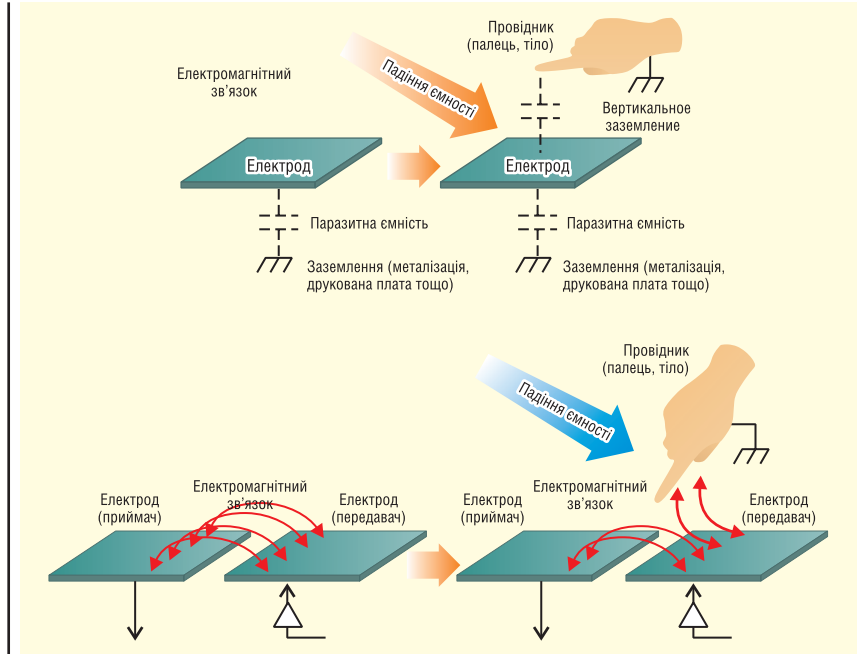
бами захисту даних. «Інтелектуальний» конфігуратор обробляє використання контактів МК, тактових сигналів, переривань, таймерів тощо, а також керує ресурсами для узгодження конфліктних процесів. Ці функції дають змогу створювати процедуру запуску і полегшують імпорту проміжного програмного забезпечення та інших прикладних програм. Крім того, індивідуальна інформація про плату може бути виведена на основі еталонної плати.

Графічний інтерфейс також підтримує налаштування, пов'язані з функцією сенсора режиму SNOOZE, наприклад, вибір тригера запуску і комбінацію функціональних блоків, які використовуються під час розроблення. Користувач налаштовує процес, встановлюючи і підтверджуючи ресурси (обирані з 32-х послідовних команд та інших параметрів), виводить результати в збірку і впроваджує в програму.

На сайті Renesas пропонується файл розширення для функцій контролера логіки та зв'язку подій. Пропонуємо завантажити та імпортувати файл до свого проєкту, щоб спростити розробку програмного забезпечення під час додавання нових периферійних функцій до мікроконтролера.

**Використання бібліотеки Arduino**

Компанія Renesas також підготувала бібліотеку Arduino, яка дає змогу спростити розробку за допомогою тестувальної плати розробника швидкого



**Рис. 10. Сенсорні методи визначення власної та взаємної ємностей**

**Таблиця 1. Порівняння методів вимірювання власної та взаємної ємностей у цільових застосуваннях**

	Метод власної ємності	Метод взаємної ємності
Схема	Проста	Обмежена
Водонепроникність	Слабка	Сильна
Матрична конфігурація	Обмежена	Доступна
Датчик наближення	Простий	Складніший, ніж у сенсорному методі власної ємності

прототипування RL78/G23. За допомогою середовища IDE, запущеного на комп'ютері, можна створювати, компілювати та налагоджувати програму,

використовуючи мову Arduino. Потім достатньо перенести прошивку на плату швидкого прототипування RL78/G23 і протестувати її.

**G23**

**Мікроконтролер RENESAS RL78/G23**

30–128 виводів, 96–768 Кбайт

Порівняння з RL78/G13

Нові функції

Покращені/розширені функції

**Технологічні можливості**

**Загальне призначення**

Робота на частоті до 32 МГц

Щільність флеш-пам'яті

- діапазон робочої температури: -40...+105 °C
- Ключові особливості:
  - мале споживання
  - інтелектуальний режим SNOOZE
  - емісійний сенсорний датчик
  - функція безпеки

**32-МГц ядро ЦП RL78-S3 G23**

<b>Пам'ять</b> Флеш-пам'ять (прогр.) (768 Кбайт) SRAM (48 Кбайт) Флеш-пам'ять EEPROM (8 Кбайт) Запис во флеш-пам'ять 1.6 В Boot Swap (16 Кбайт) Дзеркальна функція пам'яті	<b>Аналогова периферія</b> 12-біт АЦП на 26 кан. Внутр. ДОН Компаратор, 2 кан. 8-біт ЦАП, 2 кан. Датчик температури	<b>Таймінг і керування</b> Блок масиву таймерів (16-біт, 16 кан.) 32-біт интерв. таймер (8 біт x4) Сторожовий таймер Годинник реального часу	<b>Людино-машинний інтерфейс</b> Функція переривання натискання клавіш Контролер вихідного зумера Порт керування струмом, 8 кан. Вихідний порт, 40 мА
<b>Підключення</b> I/C (мультимастер/мультиприймач) x2 CSI 2/UART/Simple FC 2 CSI 2/UART/Simple FC 2 CSI 2/UART/Simple FC 2 CSI 2/UART/Simple FC 2 UART UART Приймач дистанційного керування	<b>Керування живленням та системою</b> 32-МГц високошвидк. ОСО 4-МГц середньошвидк. ОСО 32-МГц низькошвидк. ОСО Контролер зовнішнього тактового генератора Складання під час увімкнення живлення Детектування напруги Контролер передавання даних Логічний контролер і контролер зв'язку подій Сенсор у режимі SNOOZE Контролер переривань (4 рівні) Вбудоване налагодження (протокол SWP)	<b>Безпека</b> Перевірка помилок парності RAM Виявлення неприпустимого доступу до пам'яті Тест АЦП Частотне детектування CRC-калькулятор Захист RAM Захист SFR Функція Trap Детектування рівня вихідного сигналу	<b>Безпека та шифрування</b> Захист від запису на флеш-пам'ять Функція вікна захисту флеш-пам'яті Унікальний ідентифікатор Ідентифікатор клієнта Генератор випадкових чисел <b>Корпус</b> LSSOP: 30 вив. LQFP: 32/44/52/64/80/100 вив. HWQFN: 32/40/48 вив. WFLGA: 36/64 вив. LLQFP: 48/64/80/100/128 вив. GPIU макс: 120 вив.

**Рис. 11. Структурна схема RL78/G23**

## ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ НА СИСТЕМНІ СПЕЦИФІКАЦІЇ

### Підтримка сумісності з наявними мікроконтролерами RL78

Компанія Renesas прагне підтримувати сумісність мікроконтролерів RL78/G23 з наявними МК RL78, щоб забезпечити легкий перехід з використання одного виробу на інший. RL78/G23 об'єднує те саме ядро ЦП, що й RL78/G14. Розпіновка контактів і корпусування сумісні з RL78/G14. Периферійні IP RL78/G23 відповідають IP стандартних мікроконтролерів RL78, за винятком нещодавно доданих і покращених функцій.

### Скорочення витрат на системну специфікацію

МК RL78/G23 оснащені новими функціями, які часто запитують користувачі, як спосіб зниження витрат на специфікацію виробу. Розглянемо їх.

#### Порт керування вихідним струмом

У багатьох випадках потрібна менша кількість струмообмежувальних резисторів, які зазвичай застосовують для керування світлодіодами. Ми додали порт керування вихідним струмом. Цей порт дає змогу вибрати рівень вихідного сигналу від 2, 5, 10 і 15 мА і водночас зменшити кількість струмообмежувальних резисторів.

#### Вихідний порт 40 мА

Ми також додали вихідний порт, який може працювати на рівні до 40 мА. Це дає змогу зовнішньому колу керувати значними струмами, усуваючи необхідність у зовнішньому транзисторі.

#### Ємнісний сенсорний датчик

Ємнісні сенсорні датчики були додані для забезпечення людино-машинного інтерфейсу. Завдяки нашому сенсорному IP 3-го покоління, що дає змогу реалізувати високу чутливість до дотиків і чудову завадостійкість, з'явилася можливість скористатися перевагами методів визначення власної та взаємної ємностей для розроблення водонепроникних, матричних виробів і продукції з датчиком наближення (див. рис. 10).

Методи вимірювання власної та взаємної ємностей мають унікальні особливості та мають обиратися залежно від цільового застосування (див. табл. 1).

Переваги вбудованих ємнісних сенсорних датчиків:

- зниження витрат: достатньо лише розташувати електроди (зразок друкованої плати);

- збільшення довговічності завдяки меншому фізичному зносу;
- відсутність необхідності в заходах щодо захисту від пилу/вологи: електроди розміщені всередині пристрою і захищені від зовнішніх впливів;
- додана вартість: простота в обслуговуванні завдяки плоскому корпусу;
- підключені до світлодіодів сенсорні клавіші приховані.

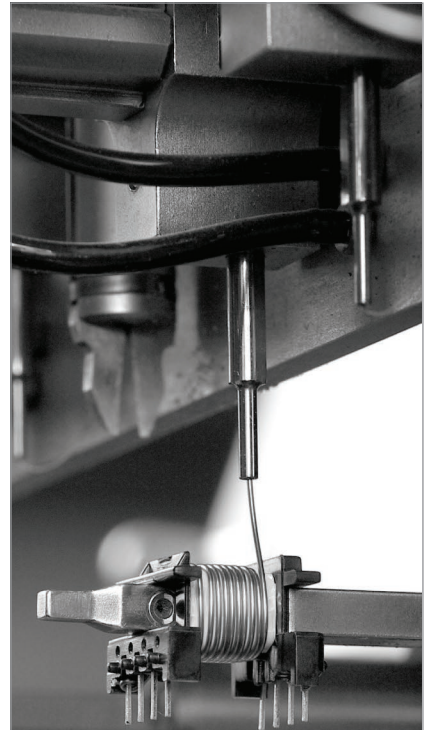
Ємнісні сенсорні датчики дедалі частіше використовують на всіх рівнях, починаючи з високоякісних приладів і закінчуючи побутовою електронікою та медичними пристроями. Крім того, вони застосовуються в промисловому і житловому обладнанні. Ці корисні датчики незабаром з'являться в широкому спектрі пристроїв.

Компанія Renesas пропонує засоби розроблення ємнісних сенсорних датчиків QE (*Quick and Effective*), що спрощує проектування та налаштування пристроїв. За допомогою графічного інтерфейсу виконання багатьох завдань автоматизовано, оптимізовано початкові налаштування, що дають змогу навіть початківцям-розробникам налаштовувати чутливість сенсорних інтерфейсів, що скорочує час проектування вбудованих систем із ємнісними сенсорними датчиками.

## ВИСНОВКИ

YL78/G23 — новітній мікроконтролер сімейства RL78, оснащений безліччю нових функцій; водночас він підтримує сумісність з уже наявними виробами з можливістю міграції (див. рис. 11).

Нові мікроконтролери мають розширені пам'ять і функціональні можливості при використанні колишнього ядра процесора і конфігурації контактів периферійних функцій. У лінійці представлено нові функції, включно із секвенсором у режимі відкладеного сигналу, логічним контролером і контролером зв'язку подій, портом вихідного струму високого рівня та ємнісними сенсорними датчиками, а також розширеними функціями безпеки. Користувачі можуть легко перенести свої проекти, виконані на основі RL78, за допомогою простої інтеграції програмного забезпечення, використовуючи переваги нових функціональних можливостей підвищення продуктивності, зниження енергоспоживання та додавання нових функцій до кінцевого виробу. Мікроконтролери RL78/G23, що забезпечують підвищену енергоефективність при високій продуктивності та виконанні інтелектуальних функцій, є оптимальним рішенням епохи Інтернету речей. **СН**



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



## ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ

від провідних виробників світу,  
зі складу та під замовлення

Гнучкі ціни



ТОВ "АДС ТІМ"

Україна, 03680, м. Київ  
пров. Ю. Матушак, буд. 3  
+38 (044) 361-46-78, 206-22-52  
+38 (067) 249-77-58, (050) 464-22-52  
zapros@adcgr.com www.adcgr.com

## ТОВ Аіронікс КОМПОНЕНТ

тел.: +38 044 384-17-55  
+38 044 501-07-29  
+38 044 501-80-09  
info.aironics@gmail.com

- електронні компоненти
- друковані плати
- виготовлення дослідних зразків приладів
- контрактне виробництво
- перетворювачі частоти до 11 кВт (Україна) до 220 кВт (Китай)

м. Київ, вул. О. Довженка, 3  
www.aironics.com.ua  
www.aironics.prom.ua

## ТОВ «АЙПІ-КОМ»

Гуртове постачання електронних компонентів, плівкових клавіатур, світлодіодної комунікаційної продукції, роз'ємів тощо

☎ ill1982  
✉ ill82@ukr.net  
🌐 ip-com.net.ua

☎ моб.: 098-980-48-38

Altway Electronics, Inc  
5970 Unity Drive Suite E,  
Norcross, GA 30071, USA  
www.altwaygroup.com

**ОПЕРАТИВНІ ПОСТАВКИ  
ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ**

Тел. 044-3-922-911  
E-mail: sales.int@altwaygroup.com

www.asanza.com  
**Китай «АНЬЗА»**

Соня Су

- ◆ Силова електроніка
- ◆ Мікроелектроніка та витратні матеріали
- ◆ Матеріали з металу
- ◆ Керамічні вироби
- ◆ Промислове обладнання

Tiedong Dist, Anshan, China  
☎ +86-15042320637  
✉ sonia1102@163.com  
☎ +86-15042320637  
☎ sonia11020728

**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 КОМПОНЕНТ**

- Виробництво друкованих плат від 1 шт
- Контрактне виробництво
- Власний склад електронних компонентів
- Покриття плат лаком і компаундами
- Відповідаємо вимогам стандарту ISO 9001:2015

Україна, м. Київ  
вул. Марії Капніст, 2а, оф. 114  
URL: www.verikom.kiev.ua

тел./факс: (+380) 44-501-9335  
(+380) 67-508-0229  
E-mail: sales@temys.kiev.ua

# WINTEX

(044) 5036112  
(067) 2983455  
Професійний ремонт (050) 2665517

- Електронні компоненти
- Модулі та датчики для розробників електроніки
- Модулі для ремонту ТВ, комп'ютерів, планшетів, комп'ютерів
- Роз'єми та конектори
- Розробка елементів альтернативної енергетики
- Ремонт усіх видів електроніки та побутової техніки

03150, Київ, вул. Велика Васильківська, 80

www.wintex.com.ua

## ДП «Гальванотехніка» ПАТ «Київський завод "Радар"»

ТОВ «НВЦ друкованих плат»

## Виготовлення друкованих плат:

- одно-, дво- та багатшарових 3<sup>го</sup>-5<sup>го</sup> класів складності;
- жорсткогнучких друкованих плат, гнучких кабелів;
- друкованих плат на металі (алюміній, мідь).

Швидке виготовлення (від 3-х днів).

Висока якість. Оптимальне співвідношення ціна/якість.  
Послуги по монтажу плат.03680, м. Київ, вул. Предславинська, 35  
тел.: (044) 592-5467, 528-2068, 528-3656http://plata.com.ua  
order@plata.com.ua



38 (044) 239-96-06  
38 (044) 498-01-68

[www.grandelectronic.com](http://www.grandelectronic.com)  
[office@grandelectronic.com](mailto:office@grandelectronic.com)

Бульвар Вацлава Гавела, 8  
м. Київ, 03124

Прямі поставки від виробника



Комплексні поставки  
електронних комплектуючих

- Автоматика
- Датчики
- Джерела живлення
- Компоненти і модулі СВЧ
- Мікросхеми
- Рознімачі
- Реле
- Системи бездротового зв'язку
- Системи відображення інформації
- Хімічні джерела струму

Незалежний постачальник  
електронних компонентів

- Швидкі терміни поставок (до 7 днів)
- Безкоштовна доставка по Україні
- Більш ніж 6 млн. товарів в каталозі

[www.evocom.ua](http://www.evocom.ua)



email: [info@evocom.ua](mailto:info@evocom.ua)  
тел. (044) 520-19-13



дистрибуція електронних компонентів  
контрактне виробництво

08298, смт. Коцюбинське  
вул. Пономарьова, 7

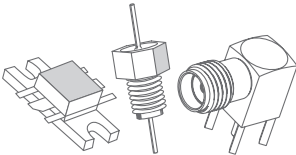
[www.eurocom-c.com](http://www.eurocom-c.com)

Тел. +38 044 33 44 575

E-mail: [info@eurocom-c.com](mailto:info@eurocom-c.com)

## ВЧ- та НВЧ-КОМПЛЕКТУЮЧІ І КОМПОНЕНТИ

мікросхеми • транзистори • коаксіальні фільтри  
коаксіальні з'єднувачі • коаксіальні кабелі  
матеріал для ВЧ-плат • теплорозподільчі матеріали



**ЄВРОКОНТАКТ**  
[www.eurocontact.kiev.ua](http://www.eurocontact.kiev.ua)  
т/ф +380 44 500 7991  
[info@eurocontact.kiev.ua](mailto:info@eurocontact.kiev.ua)

**ІМРАД**  
Електронні компоненти

Електронні компоненти  
провідних світових виробників  
зі складу в Києві та на замовлення

Інформаційна та технічна підтримка

- 03113, Україна, м. Київ  
вул. Шутова 9, офіс 211
- Тел. (044) 495-21-09, 490-91-59  
факс: (044) 495-21-10  
E-mail: [imrad@imrad.kiev.ua](mailto:imrad@imrad.kiev.ua)  
[www.imrad.com.ua](http://www.imrad.com.ua)

**ТОВ "ДЕЛЛІ"**  
МОНТАЖ SMT ТА SHT  
ЕЛЕКТРОННИХ  
КОМПОНЕНТІВ

79060, м. Львів,  
вул. Наукова, 5-А, корп. Е  
Тел.: +38 (032) 245-75-72  
+38 (067) 672-27-40  
E-mail: [basarab@delly.info](mailto:basarab@delly.info)



## ДРУКОВАНІ ПЛАТИ

**ТЕРМІНОВЕ ВИРОБНИЦТВО ВІД 1-ГО ДНЯ!**

Одно-, дво-, багатощарові друковані плати,  
плати на алюмінієвій основі з технологічними  
показниками відповідно до вимог  
міжнародного стандарту IPC-A-600

**Мембранні клавіатури**

- мембранні клавіатурні панелі
- лицеві і накладні панелі

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

ТОВ «PCB-ЕТАЛ»

28000, Кіровоградська обл.,  
м. Олександрія, вул. Заводська, 1

Для замовлення:

Тел.: +38 (050)268-95-73  
e-mail: [pcb@etal.ua](mailto:pcb@etal.ua)

3 питань ціноутворення:

Тел.: +38 (066)872-60-65  
e-mail: [sb10@etal.ua](mailto:sb10@etal.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](mailto:tsdrive@ukr.net), Web: [www.tsdrive.com.ua](http://www.tsdrive.com.ua)



**Інтегральні Комплексні Системи**

Контрактне виробництво електроніки

+38 (050) 469-12-07 [info@incos.kiev.ua](mailto:info@incos.kiev.ua) [www.incos.kiev.ua](http://www.incos.kiev.ua)

Київ, вул. Бориспільська, 9, корпус 111

Радіодеталі зі складу – 35 000 найменувань!



Усе для розробки,  
ремонту та виробництва  
електроніки!

Від резистора до мікропроцесора, радіомонтажний  
інструмент та вимірювальні прилади, підбір аналогів  
та консультації.

[www.ims.kh.ua](http://www.ims.kh.ua)

e-mail: [imskharkov@gmail.com](mailto:imskharkov@gmail.com)

тел.: (073) 757 25 22 (23), (098) 028 89 17

(057) 732 04 50, 732 01 76



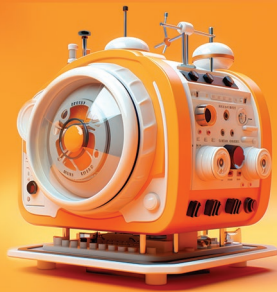
Ке  
Пі**K206**

Електронні компоненти

Все для виробництва  
та ремонту зі складу  
та на замовлення

[www.k206.net](http://www.k206.net)

+38 096 77-99-665



м. Київ, пров. Ю. Матушака, 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)

Авторизований дистриб'ютор  
NXP, AMPLION, WeEn в Україні

Microdis Electronics GmbH  
Rheinauer Straße 1  
68766 Hockenheim  
Germany

**MICRODIS**

Роман Прокопець  
Менеджер з продажу

Дистриб'ютор  
електронних  
компонентів

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

[www.microdis.net](http://www.microdis.net)**MICROCHIP**[microchip.com](http://microchip.com)

**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

**Pcb24**

ТОВ «Крейтив Лоджікс»  
[www.pcb24.com.ua](http://www.pcb24.com.ua)

[pcbprint24@gmail.com](mailto:pcbprint24@gmail.com)  
068 614 38 28

**ТОВ "КОМПАНІЯ ОЛЬВІЯ"**

Корпуса пластиків. Клавіатура плівкова.  
Кабельно-провідникова продукція.

[044].599.7550 [044].503.3323 [KORPUS.KIEV@GMAIL.COM](mailto:KORPUS.KIEV@GMAIL.COM)  
ICQ#: 268-782-777  
03113, м. Київ, вул. Дружківська, 12 А [korpus.kiev.ua](http://korpus.kiev.ua)

<http://melsys.com.ua>

- контрактне виробництво електроніки
- монтаж і виготовлення друкованих плат
- виготовлення трафаретів

ТОВ "Меліс"  
Київ, вул. Новозабарська, 2/6, оф. 204  
[info@melsys.com.ua](mailto:info@melsys.com.ua)

+38 044 578 18 15  
+38 096 926 70 69  
+38 063 435 68 10

Партнерство  
в електроніці

**МІКРО  
ПРИЛАД**

a value

Touch

**XXK**

MEGATRON

WAGO

LINEAR

TEXAS  
INSTRUMENTSDZ/NAGANO  
Sensortechnik

03142, м. Київ, вул. Омеляна Прицака, 4, офіс 101

Тел.: 044 392-93-86, Факс: 044 392-93-87

[www.micropribor.com.ua](http://www.micropribor.com.ua) [sales@micropribor.com.ua](mailto:sales@micropribor.com.ua)[www.otladka.com.ua](http://www.otladka.com.ua)

Автоматизований SMD монтаж  
друкованих плат

Фрезерування панелей,  
корпусів та пластику

3D-друк

+38 050 447-12-58 +38 098 661-97-97

ФОП Сарієв Р.Б.

**PCBA**

КОНТРАКТНИЙ  
ВИРОБНИК ЕЛЕКТРОНІКИ  
ПІД ЗАМОВЛЕННЯ

+38 044 338 97 73

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





Зручний онлайн PCB-калькулятор  
мінімальне замовлення - 5 шт.

Постачання:

- друковані плати FR-4;
- алюмінієві друковані плати;
- трафарети для паяльної пасту;
- паяльна паста;
- припій.

Сайт: [pcbтut.com](http://pcbтut.com)  
e-mail: [pcbтut@pcbтut.com](mailto:pcbтut@pcbтut.com)  
+38 (067) 674 99 14

вбудовані процесорні плати

COMexpress  
Qseven  
PC-104  
ETX



промислові комп'ютери та системи

[www.proxis.ua](http://www.proxis.ua)  
+380(44)4675977  
+380(44)5995977

Пі  
Се

**RADIODETALI**

- Паяльне обладнання
- Вентилятори
- Трансформатори
- Реле
- Конденсатори
- Резистори
- Світлодіодне обладнання
- Акумулятори
- Блоки живлення
- Мобільні аксесуари

**КУПУЙ ВИГІДНО**

[radiodetali.com.ua](http://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](mailto:sales@radiomag.com.ua)

- мікросхеми
- транзистори
- діоди і діодні містки
- GSM, GPS, GPRS
- паяльне обладнання
- вимірвальне обладнання
- блоки живлення
- рознімачі
- інструмент
- пасивні компоненти
- батареї та акумулятори та багато іншого

**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](mailto:cov@rainbow.com.ua)

[www.rainbow.com.ua](http://www.rainbow.com.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](mailto:tsdrive@ukr.net), Web: [www.tsdrive.com.ua](http://www.tsdrive.com.ua)

**Rich El**  
electronic components

**ТОВ "РИЧЕЛ"**

Поставки електронних компонентів  
Асортимент зі складу та технічна підтримка

вул. Семена Скляренка, 9, оф. 401  
04073, м. Київ  
[info@rekkon.kiev.ua](mailto: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, 6В, 08132, Вишневе, Київська обл.  
Тел.: +380 (44) 536 99 44 · E-mail: [office@rittal.com.ua](mailto:office@rittal.com.ua)  
[www.rittal.com.ua](http://www.rittal.com.ua)

ENCLOSURES POWER DISTRIBUTION CLIMATE CONTROL IT INFRASTRUCTURE SOFTWARE & SERVICES

FRIEDELHELM LOB GROUP

**SEA** ІННОВАЦІЇ 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:** Світлофори та технічні засоби управління дорожнім рухом • Автоматизована система обліку та контролю енергоресурсів • Паркувальне обладнання і системи • WIM - системи динамічного зважування транспорту • Світлодіодні екрани та медіафасади SEA • Система керування міським освітленням  
Комплексна система диспетчеризації ліфтів • Джерело безперебійного живлення

**Послуги:** Великомузлове складання обладнання • Проектування друкованих плат  
Виробництво друкованих плат • Конструктивне виробництво електроніки • SMD і DIP монтаж компонентів • Комерційні розробки • Проектування, монтаж, модернізація, технічне обслуговування паркувальних комплексів, світлофорних та WIM об'єктів

Харків: [kharkiv@sea.com.ua](mailto:kharkiv@sea.com.ua) Дніпро: [dnipro@sea.com.ua](mailto:dnipro@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



03057, м. Київ, вул. Желябова, 2-А,  
корп. 7, кім. 303

тел.: (044) 223-12-42  
(073) 705-70-05  
(096) 705-70-05

info@smdua.in.ua

www.smdua.in.ua

**НВП ТЕХНОСЕРВІСПРИВІД**  
ВСЕ ДЛЯ СИЛОВОЇ 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 Рознімачі З'єднувачі

**ТЕХПРОГРЕСС**  
www.tpss.com.ua

ТОВ «КП «Техпрогрес»  
04070, м. Київ,  
вул. Ігорівська, 8/10-А, оф. 38  
(044) 461-91-00

**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**  
ОФІЦІЙНИЙ ДИСТРИБ'ЮТОР В УКРАЇНІ

04080, м. Київ  
вул. Вікентія Хвойки, 18/14  
склад 10/8

www.distrelec.biz  
e-mail: ula@tok-el.com  
oksana@tok-el.com

Тел. +38 066 781 66 11  
+38 093 896 40 88

**Trafaret**

Полімерні трафарети для SMD монтажу

www.trafaret.net.ua  
e-mail: order@trafaret.net.ua  
тел. 063-851-12-76, 098-871-58-76

**PHOENIX CONTACT**

phoenixcontact.com

**ФІЛУР ЕЛЕКТРИК**

Електронні компоненти  
Технологічне обладнання, інструменти, матеріали  
Комплектуючі для Hi-Fi та Hi-End

вул. Гетьмана Павла Полуботка, 22/14  
м. Київ, Україна, 02100  
www.filur.net

+38 (068) 496 75 75  
+38 (044) 495 75 75  
@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

**KEYSIGHT TECHNOLOGIES**  
Авторизований дистриб'ютор

**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  
понеділок - субота з 10.00 до 18.00

http://justas-electronics.com.ua  
+38 (093) 020-40-51

# ГОЛОВНА ГАЛУЗЕВА ВИСТАВКА УКРАЇНИ

02–03/10/2024  
Київ, ACCO International

SECURITY 2.0 – це 27 років досвіду проведення основної галузевої виставки «БЕЗПЕКА», поєднаного із сучасним форматом демонстрації досягнень у сфері безпеки.

Участь у виставці SECURITY 2.0 – гарантована зустріч із потенційним замовником.

## SECURITY 2.0

[www.bezpeka.ua](http://www.bezpeka.ua)

### ТЕМАТИЧНІ НАПРЯМИ

СУЧАСНІ ТЕХНО-  
ЛОГІЇ БЕЗПЕКИ



ЦИФРОВА БЕЗПЕКА  
ГРОМАД



ГУМАНІТАРНЕ  
РОЗМІНУВАННЯ



СПОРУДИ ЦИВІЛЬНО-  
НОГО ЗАХИСТУ



БЕЗПЕКА  
ІНФРАСТРУКТУРИ



ІНДИВІДУАЛЬНИЙ  
ЗАХИСТ



КІБЕРБЕЗПЕКА



ПЕРША ТА ДОМЕ-  
ДИЧНА ДОПОМОГА



### СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ЗАХОДИ

- Безпека громад і підприємств: цифрова безпека та цивільний захист.
- Майстер-класи з домедичної підготовки.
- Гуманітарне розмінування територій України та домедична допомога. Сучасні технології та обладнання.

### КОНТАКТИ ОРГКОМІТЕТУ

- Валентина Михайлова  
+380 (67) 504-0149  
+380 (66) 353-1902  
[mikhailova@eindex.kiev.ua](mailto:mikhailova@eindex.kiev.ua)
- Сергій Товпиґа  
+380 (67) 245-1902  
[tovpiga@eindex.kiev.ua](mailto:tovpiga@eindex.kiev.ua)





VI Міжнародна спеціалізована виставка  
низьковольтної електротехніки  
та електроніки

# ELECTRO INSTALL 2024

**Жовтень 15–17**



**МІЖНАРОДНИЙ  
ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР**

Україна, м. Київ, Броварський пр-т, 15

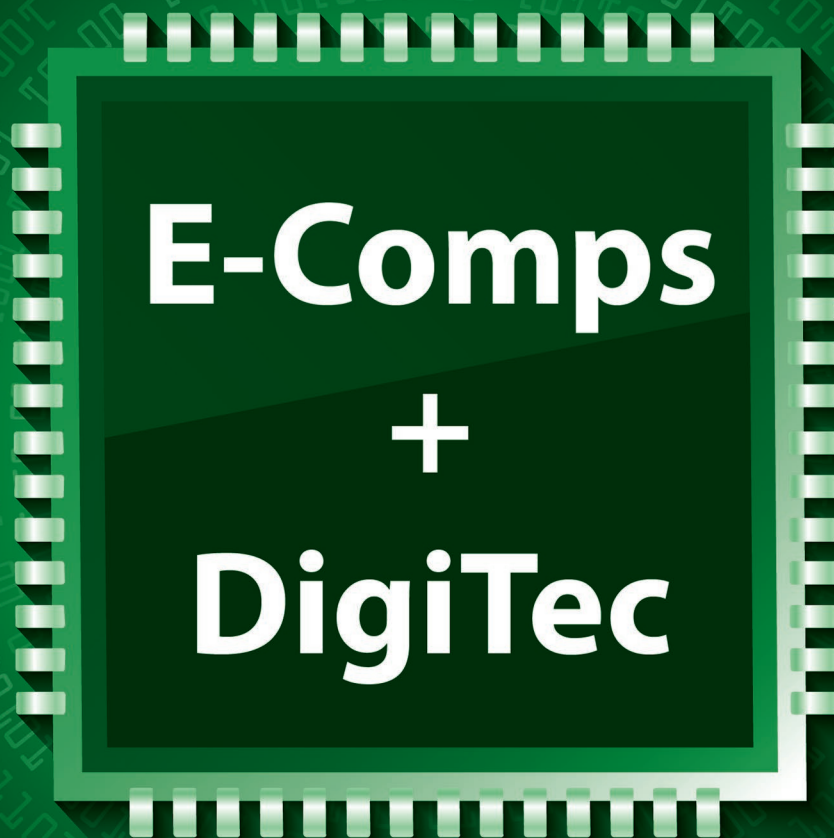
тел.: +38 (095) 268-05-84

e-mail: [lyudmila@iec-expo.com.ua](mailto:lyudmila@iec-expo.com.ua)

[www.iec-expo.com.ua](http://www.iec-expo.com.ua)



# III МІЖНАРОДНА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА



## 15–17 жовтня 2024



МІЖНАРОДНИЙ  
ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР

м. Київ, Броварський пр-т, 15  
станція метро «Лівобережна»



+38 (095) 268-05-84



lyudmila@iec-expo.com.ua



www.iec-expo.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
GreenExpo	<a href="http://www.greenexpo.com.ua">www.greenexpo.com.ua</a>	Євроіндекс	Київ	23.05–24.05.2024
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
SECURITY 2.0	<a href="http://www.bezpeka.ua">www.bezpeka.ua</a>	Євроіндекс	Київ	02.10–03.10.2024
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

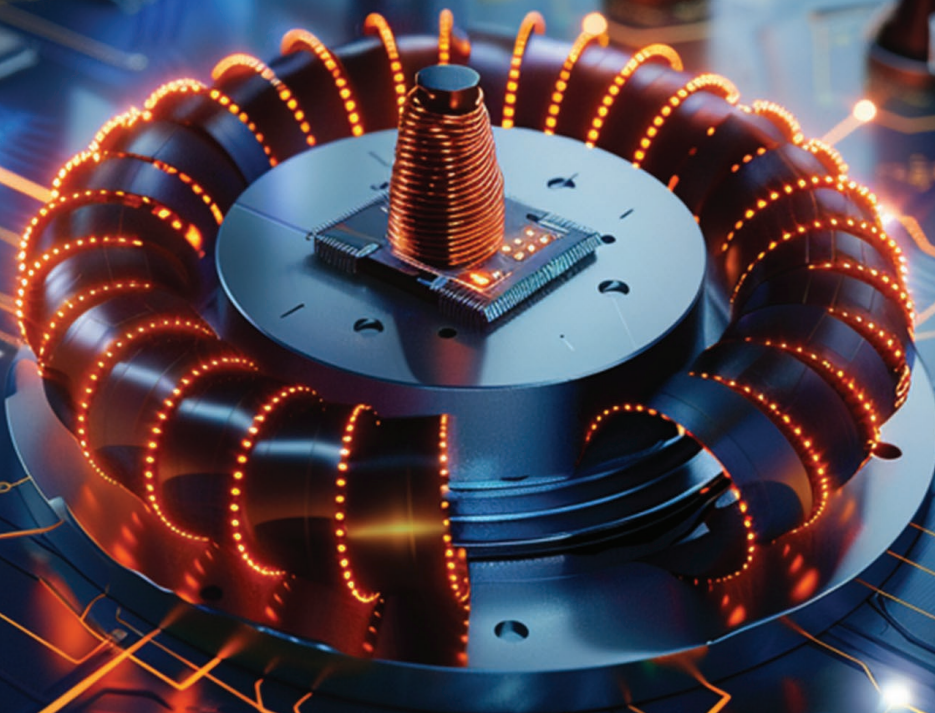
**Рекламні матеріали** приймаються **тільки українською мовою в форматах «.eps» або «.tif» (300 dpi)**. Кольорова модель — **СМΥК**. Сумарний процент фарб — не більше 300%. Якщо в форматі «.eps» є впроваджені растрові зображення, вони також повинні мати роздільну здатність 300 dpi і кольорову модель 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».





# Осердя, фурнітура, моточні вироби вимірювальні трансформатори струму



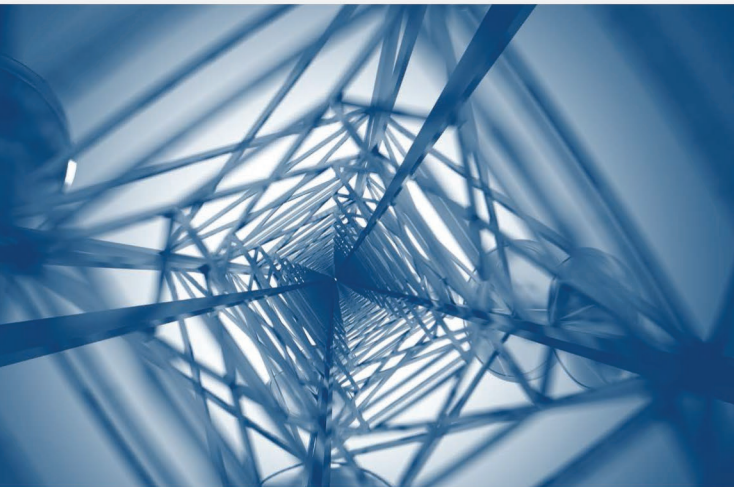
## ТОВ «НВП АСТЕРА»

e-mail: [ferrite@ukr.net](mailto:ferrite@ukr.net)  
[www.ferrite.com.ua](http://www.ferrite.com.ua)

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



# 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. Матушак, 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)