

# Датчики XENSIV PAS CO2 компанії Infineon вимірюють найважливіше

Володимир Рентюк

**Компанія Infineon виробляє датчики концентрації вуглекислого газу, що забезпечують інноваційне рішення для задоволення попиту на контроль якості повітря в приміщенні. Области застосування таких датчиків: вентиляція, системи кондиціонування повітря, портативні пристрої для моніторингу повітря в приміщенні та інтелектуальні динаміки.**

## ВСТУП

Як відомо, вимоги до хорошої якості повітря постійно зростають. Це призвело до підвищення попиту на датчики,

що вимірюють концентрацію вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) у повітрі. Регламенти в Азії, Європі та Північній Америці також відіграють вирішальну роль у цьому відношенні. У Каліфорнії, наприклад, усі

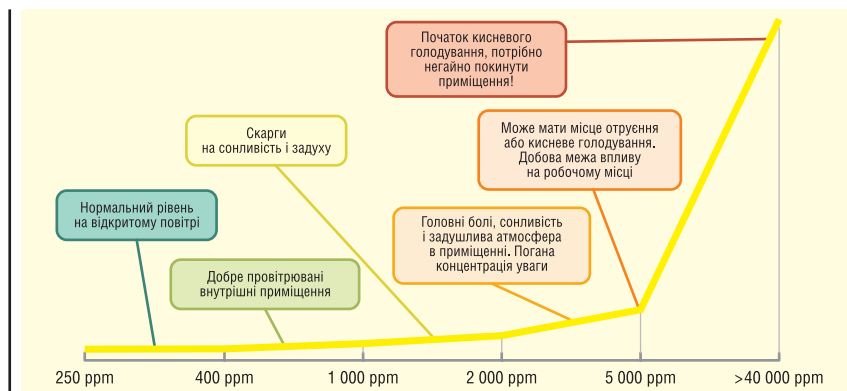
системи вентиляції в житлових будинках мають бути оснащені датчиками CO<sub>2</sub>.

Крім того, вимірювання CO<sub>2</sub> як ключового показника якості повітря в приміщенні дає змогу оптимізувати те, що справді важливо для здоров'я та комфорту (рис. 1), і контроль концентрації CO<sub>2</sub> в приміщеннях набуває особливої важливості (рис. 2).

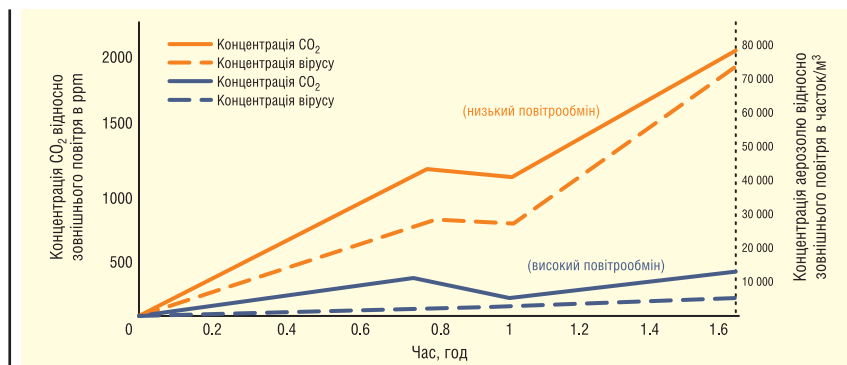
Тому компанія Infineon Technologies AG (далі — Infineon) прагне задовольнити попит на вимірювання CO<sub>2</sub> за допомогою свого інноваційного датчика XENSIV PAS CO<sub>2</sub>, який можна використовувати як для контролю якості повітря в приміщенні, так і для зниження витрат на електроенергію. Останнє зменшує викиди вуглекислого газу в атмосферу, вирішуючи вже проблеми екології та клімату.

Датчик XENSIV PAS CO<sub>2</sub> компанії Infineon постачається у вигляді мініатюрного модуля розміром 14 × 13,8 × 7,5 мм, який вчетверо менший і втричі легший за його аналоги на основі поглинання інфрачервоного випромінювання. Зовнішній вигляд датчика XENSIV PAS CO<sub>2</sub> компанії Infineon, виконаного у вигляді завершеного модуля, показано на рисунку 3.

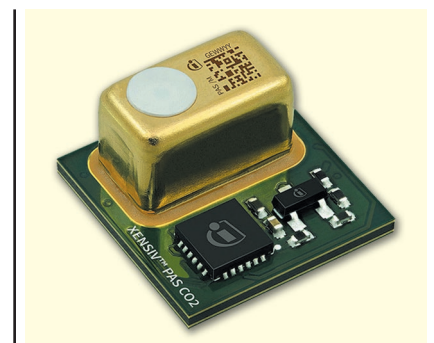
Завдяки своїм мініатюрним розмірам датчик забезпечує більш ніж 75%-у



**Рис. 1.** Вплив концентрації CO<sub>2</sub> на здоров'я персоналу, що працює в закритому приміщенні



**Рис. 2.** Кореляція між вмістом CO<sub>2</sub> у приміщенні та концентрацією вірусів



**Рис. 3.** Зовнішній вигляд датчика CO<sub>2</sub> XENSIV PAS CO<sub>2</sub>

економію місця в кінцевих системах, а завдяки чудовій точності ( $\pm 30$  ppm  $\pm 3\%$  від показань) — і високу якість даних. Це робить XENSIV PAS CO<sub>2</sub> одним з найменших датчиків CO<sub>2</sub> у світі з аналогічним рівнем точності.

Усі основні компоненти XENSIV PAS CO<sub>2</sub> розроблені силами фахівців і виготовляються на виробничих потужностях компанії Infineon відповідно до її високих стандартів якості. Окрім сенсора, модуль датчика містить спеціальний мікроконтролер, який запускає вдосконалені алгоритми компенсації для забезпечення точних і надійних показань реальних рівнів CO<sub>2</sub> у ppm ( $\times 10^{-6}$ ). Структура модуля показана на рисунку 4.

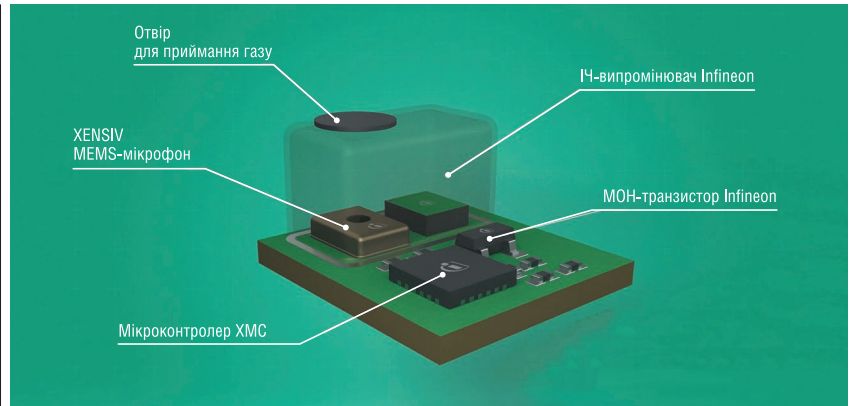
Поряд з перевагами розміру та вартості датчик забезпечує чудову точність, виконуючи пряме зчитування реального рівня CO<sub>2</sub>, а не просто кореляцію. Лідерська позиція Infineon у технології MEMS (від англ. *micro-electro-mechanical system* — пристрої, що поєднують у собі мікроелектронні та мікромеханічні компоненти) є основою для цього унікального і точного підходу до виявлення CO<sub>2</sub>. XENSIV PAS CO<sub>2</sub> забезпечує інтелектуальне вимірювання CO<sub>2</sub> та моніторинг якості повітря в приміщенні, даючи змогу контролювати умови довкілля та покращуючи здоров'я, продуктивність і загальне самопочуття користувачів.

Головні особливості датчика XENSIV PAS CO<sub>2</sub>:

- малий форм-фактор (14 × 13,8 × 7,5 мм);
- робочий діапазон: 0–32 000 ppm;
- висока точність: похибка не більше  $\pm(30$  ppm +3%) від показань у діапазоні 400–5 000 ppm;
- висока надійність, заявлений типовий термін служби: 10 років;
- вимірювання CO<sub>2</sub> в діапазоні 0–10 000 ppm;
- діапазон робочих температур становить 0...+50 °C;
- відносна вологість: 0–85% (без конденсації);
- напруга живлення: 3,3 В (керування та аналізатор) і 12 В (ІЧ-випромінювач);
- середня споживана потужність при 1 вимірюванні/хв: 30 мВт;
- монтаж на поверхню, постачається у стрічці на котушці;
- розширені алгоритми компенсації та самокалібрування;
- три варіанти інтерфейсу: UART, I<sup>2</sup>C, PWM;
- широкі можливості конфігурування.

Основні переваги датчика XENSIV PAS CO<sub>2</sub>:

- економія місця в кінцевих продуктах клієнтів;



**Рис. 4. Складові компоненти модуля датчика CO<sub>2</sub> XENSIV PAS CO<sub>2</sub> компанії Infineon**

- висока точність даних;
- можливість великосерійного випуску кінцевого продукту;
- повністю готове до застосування рішення;
- гнучкість для клієнтів завдяки різноманітності інтерфейсів і варіантів конфігурації.

Основні сфери застосування датчика XENSIV PAS CO<sub>2</sub>:

- автоматизація будівель: вентиляція з регульованою потребою, вентиляційні установки, теплообмінники;
- побутова техніка: очищувачі повітря, кондиціонери;
- «розумні» домашні IoT-пристрої: термостат, динамік, радіоняня, персональні помічники, монітор якості повітря в приміщенні, інтелектуальне освітлення;
- керування міським господарством/контроль викидів CO<sub>2</sub>: системи зовнішнього освітлення, автобусні зупинки, рекламні щити;
- блок контролю якості повітря в салоні транспортних засобів.

### ФОТОАКУСТИЧНИЙ ПРИНЦИП: ЯК ЦЕ ПРАЦЮЄ В ДАТЧИКУ XENSIV PAS CO<sub>2</sub>

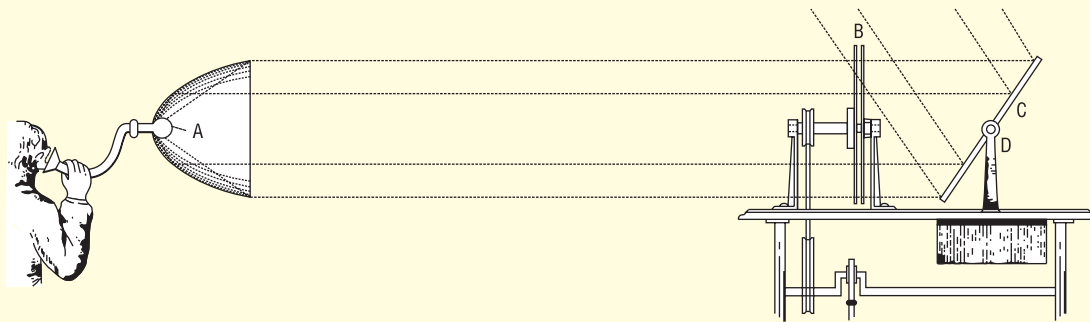
Основні принципи роботи газових датчиків, що часто використовуються, засновані на технології недисперсійної інфрачервоної (*Nondispersive Infrared Sensor, NDIR*) спектроскопії. В її основі — явища поглинання інфрачервоного випромінювання і того факту, що для будь-якого матеріалу сила поглинання змінюється залежно від довжини хвилі (його спектра поглинання), а різні матеріали, як відомо, мають різні спектри поглинання.

Однак для розроблення інноваційного датчика вимірювання концентра-

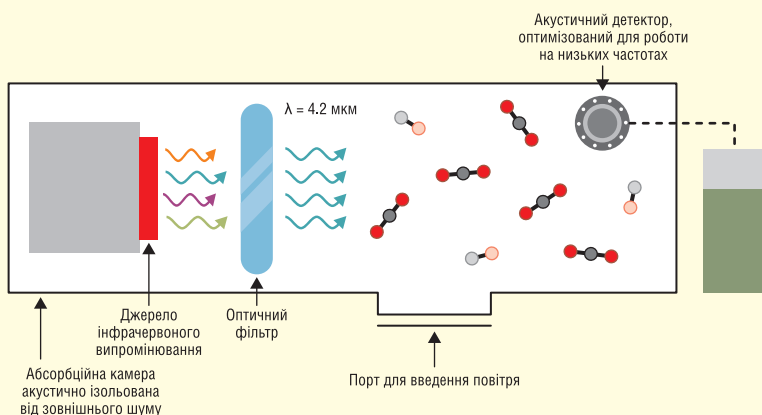
ції вуглекислого газу компанія Infineon використала свої передові можливості в галузі датчиків і мікроелектромеханічних систем, зокрема й фотоакустичну спектроскопію (звідси й позначення PAS — *Photo Acoustic Spectroscopy*). Саме завдяки цій технології в пристроях XENSIV PAS CO<sub>2</sub> розв'язано проблеми, пов'язані з розмірами та продуктивністю наявних датчиків CO<sub>2</sub>. Крім того, це рішення істотно спрощує їхнє виготовлення, що позначається на зниженні собівартості й, відповідно, ціни продукту.

Фотоакустична спектроскопія — це вимірювання ефекту поглинутої електромагнітної енергії (особливо світла) на речовині за допомогою її акустичного виявлення. Відкриття фотоакустичного ефекту датується 1880 роком, коли Александер Грейам Белл показав, що під впливом променя сонячного світла тонкі диски видають звук, який швидко переривається обертовим диском з прорізами, що обертається (рис. 5). Поглинена енергія світла викликає локальне нагрівання й, отже, теплове розширення, яке створює хвилю тиску або звук. Пізніше Белл показав, що матеріали, які зазнають впливу невидимих частин сонячного спектра (тобто інфрачервоного та ультрафіолетового), також можуть видавати звуки.

У системі XENSIV PAS CO<sub>2</sub> імпульси від джерела інфрачервоного випромінювання проходять через оптичний фільтр, спеціально налаштований на довжину хвилі поглинання CO<sub>2</sub> ( $\lambda = 4.2$  мкм). Молекули CO<sub>2</sub> всередині вимірювальної камери поглинають відфільтроване світло, збуджуючи молекули та створюючи хвилю тиску з кожним імпульсом. Потім звук виявляється акустичним детектором, оптимізованим для роботи на низьких частотах, а мікроконтролер перетворює вихідні дані



**Рис. 5.** Опис досліду Александра Грейама Белла: окуляр спектроскопа знімається, а речовини поміщаються у фокус приладу за щілиною. Ці речовини контактують із вухом через слухову трубку. Сонячне світло перехоплюється і спрямовується за допомогою поворотного дзеркала (C, D), модулюється переривачем (B) і фокусується на скляній колбі (A)



**Рис. 6.** Принцип роботи датчика XENSIV™ PAS CO2 компанії Infineon

ролер і ключ-комутатор на базі МОП-транзистора (рис. 7). Фотоакустичний перетворювач PAS містить запатентований інфрачервоний випромінювач із випромінюванням чорного тіла, що періодично переривається комутатором, вузькосмуговий оптичний фільтр, налаштований на довжину хвилі CO<sub>2</sub>, та MEMS-мікрофон компанії Infineon, що діє як датчик тиску та оптимізований для роботи на низьких частотах.

Блок-схему датчика модуля XENSIV PAS CO<sub>2</sub> і схему розпаювання його контактів (модуль виконано в корпусі LG-MLGA-14-1) показано на рисунку 8, а призначення контактів наведено в таблиці 1.

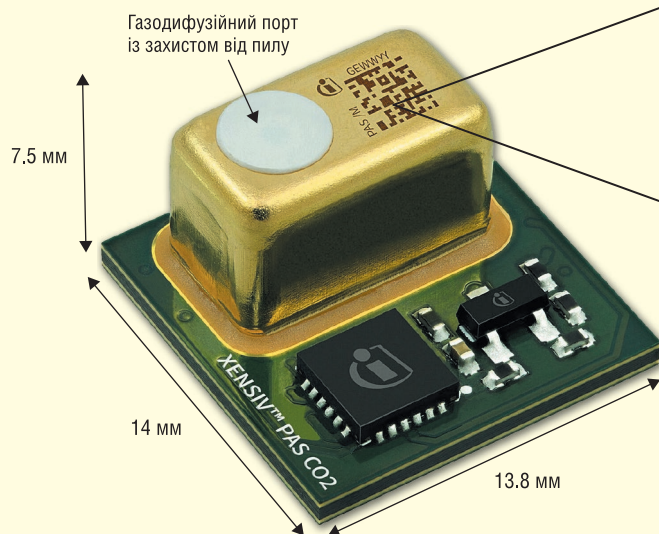
на показання концентрації CO<sub>2</sub>, як це видно на рисунку 6. Щоб забезпечити точну інформацію про вимірювання CO<sub>2</sub>, абсорбційна камера, в якій власне і відбувається аналіз, акустично ізольована від зовнішнього шуму.

**ОПИС ПРИСТРОЮ ДАТЧИКА XENSIV PAS CO2**

Друкована плата модуля датчика XENSIV PAS CO<sub>2</sub> об'єднує фотоакустичний перетворювач, мікрокон-

**ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДАТЧИКА XENSIV PASCO2**

Крім хорошої взаємодії з навколишнім середовищем, під час викорис-



**Чутлива камера:**  
Комплект випромінювача (фільтр та ІЧ-випромінювач):

- Оптичний фільтр для довжини хвилі світла 4,26 мкм
- MEMS-нагрівач для ІЧ-променя

**Акустичний детектор:**  
оптимізований для низьких частот

- MEMS-мікрофон XENSIV

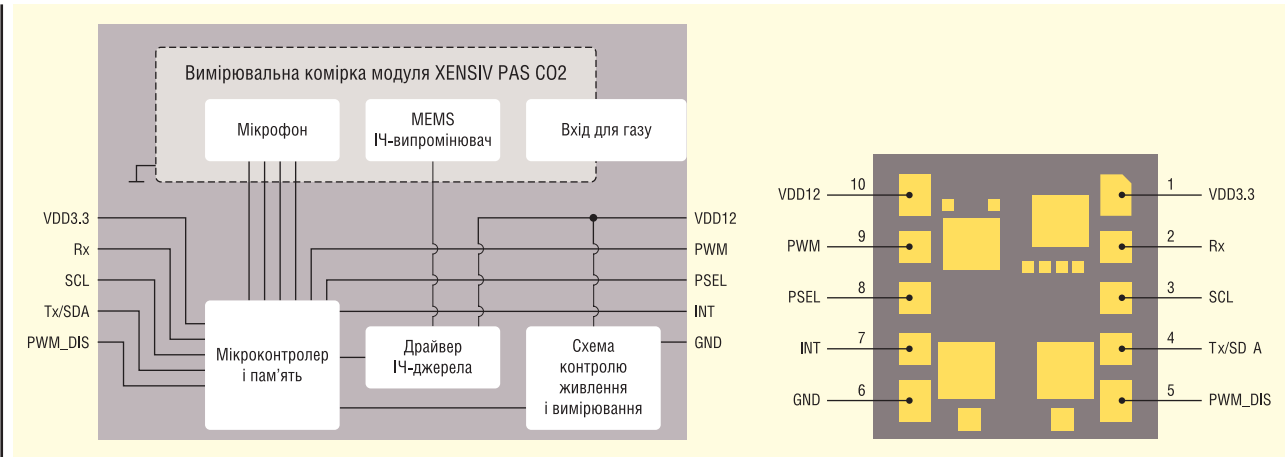
+

МОП-транзистор керування MEMS-нагрівачем, що забезпечує стабільне живлення 12 В

+

Мікроконтролер PAS CO2 працює з компенсаційним мікропрограмним забезпеченням, що забезпечує рівні CO<sub>2</sub> на рівні ppm з підтримкою інтерфейсів I<sup>2</sup>C, UART і ШІМ

**Рис. 7.** Пристрій модуля датчика XENSIV PAS CO2 компанії Infineon



**Рис. 8. Блок-схема датчика модуля XENSIV™ PAS CO2 компанії Infineon**

тання можливостей датчика XENSIV PASCO2 потрібно взяти до уваги такі запобіжні заходи:

- Виключення прямого потоку повітря: датчик не повинен розташовуватися безпосередньо в потоці. Залежно від витрати тиск усередині робочої порожнини може змінитися, що здатне призвести до додаткових помилок через випадкові коливання тиску.
- Ізоляція від джерела підвищеної температури: у робочому діапазоні 0...+50 °C датчик XENSIV PASCO2 значною мірою компенсує вплив температури. Для цієї компенсації використовується датчик температури, вбудований у контролер ХМС. Однак якщо поруч із датчиком є джерело тепла, пристрій не вимірюватиме температуру довкілля, а враховуватиме лише температуру нагрітої плати. Таким чином, якщо джерело тепла впливає на вимірювання температури ХМС, робота схема компенсації може бути порушена. Отже, для ідеальних умов експлуатації рекомендується, щоб датчик залишався ізольованим від сусідніх джерел тепла.
- Ізоляція від вібрації: детектор датчика XENSIV PASCO2 є MEMS-мікрофоном, який вимірює невеликі зміни тиску в газовій порожнині. Низькочастотні вібрації можуть викликати аналогічну зміну тиску, і датчик може прийняти цю невелику зміну тиску за реальну зміну концентрації CO<sub>2</sub>. Тому рекомендується переконатися, що прилад залишається ізольованим від прямого джерела вібрації. Але якщо неможливо забезпечити віброізоляцію, рекомендується спочатку визначити джерело вібрації і розташувати датчик таким чином,

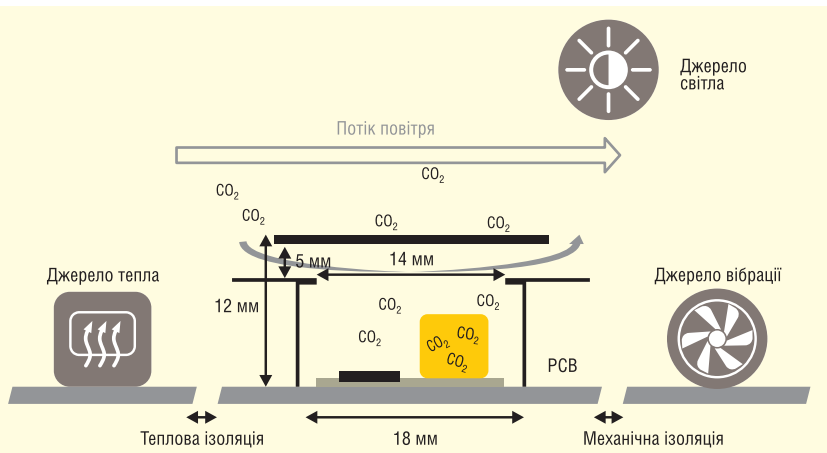
Вивід	Позначення	Призначення	Опис
1	VDD3.3	Джерело живлення	Джерело живлення 3.3 В цифрової частини
2	Rx	Ввід, вивід	Контакт приймача UART
3	SCL	Ввід, вивід	Тактовий вивід I <sup>2</sup> C
4	Tx/SDA	Вивід	Вивід передавача UART/вивід даних I <sup>2</sup> C
5	PWM_DIS	Вхід	Вхідний контакт вимкнення ШІМ
6	GND	Загальний	Загальний
7	INT	Вивід	Вихідний контакт переривання
8	PSEL	Вхід	Вхідний контакт вибору інтерфейсу зв'язку
9	PWM	Вихід	ШІМ
10	VDD12	Джерело живлення	Джерело живлення 12 В для ІЧ-випромінювача

щоб вібрація прикладалася по осі X. Крім того, у разі безперервного режиму та роботи з високою частотою дискретизації рекомендується вмикати шумопридушувальний фільтр (для цієї мети призначено фільтр з нескінченною імпульсною характеристикою), що ще більше мінімізує вплив вібрації.

- Ізоляція від сонячного світла: якщо датчик піддається впливу сонячного світла, він може нагріватися і створювати температурний градієнт,

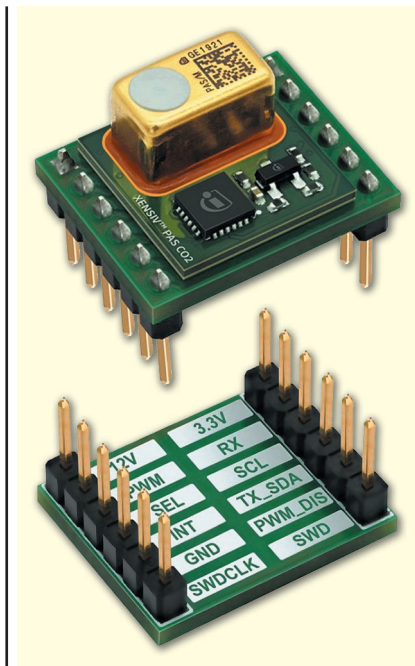
що блокує правильну температурну компенсацію датчика, тому рекомендується ізолювати датчик від сонячного світла.

- Робота без конденсації: пристрій має використовуватися тільки для роботи без конденсації. Скупчення води поблизу схеми може призвести до такого пошкодження датчика, після якого його неможна буде відремонтувати.
- Необхідно мінімізувати завади в колі живлення ІЧ-випромінювача (12 В):



**Рис. 9. При розробленні варіанта рішення з використанням XENSIV™ PAS CO2 слід враховувати превентивні заходи**





**Рис. 10. Тестувальний комплект розробника XENSIV PASCO2 Mini Evaluation Board**

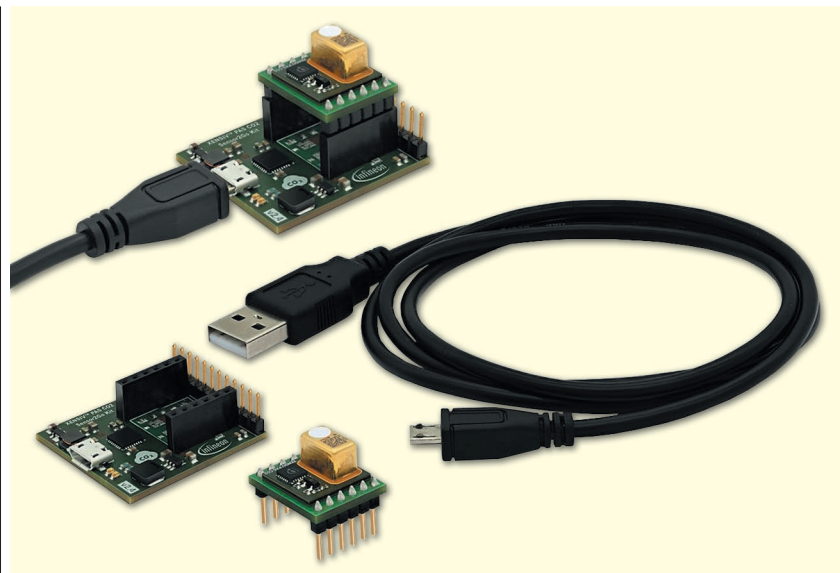
для цієї мети рекомендується використовувати архітектуру живлення в навантаження, виділивши для випромінювача окремий DC/DC-перетворювач.

Приклад оптимального рішення з використанням датчика XENSIV PASCO2 в конструкції камери, з урахуванням зазначених превентивних заходів, показано на рисунку 9.

Детальну інформацію про використання датчика XENSIV PASCO2 можна знайти на сайті компанії. Крім того, для підтримки клієнтів у прискоренні процесу розроблення та виведення кінцевих продуктів на ринок компанія Infineon пропонує повний набір тестувальних плат розробника, а також бібліотеки та інструкції із застосування.

Мініатюрна тестувальна плата розробника XENSIV PAS CO2 Mini Evaluation Board (рис. 10) дає змогу швидко створювати прототипи та розробляти проекти для вимірювання CO<sub>2</sub> за допомогою датчика CO<sub>2</sub> для фотоакустичної спектроскопії (PAS) від Infineon. Використовуючи стандартний штировий роз'єм, його дуже легко під'єднати до цільової прикладної плати, що забезпечує гнучкість для розробників друкованих плат.

Тестувальний комплект розробника XENSIV PAS CO2 Sensor2Go (рис. 11) створено для забезпечення швидкого та простого тестування датчика CO<sub>2</sub> і розв'язання тих чи інших питань щодо



**Рис. 11. Тестувальний комплект розробника XENSIV PAS CO2 Sensor2Go**

доцільності його застосування в кінцевому варіанті рішення пристрою, який розробляють або планують.

Комплект містить:

- тестувальну материнську плату XENSIV PAS CO2;
- тестувальну плату XENSIV PAS CO2 Mini Evaluation Board;
- кабель мікро-USB;
- графічний інтерфейс користувача (GUI) і програмне забезпечення з набором інструментів компанії Infineon.

## ВИСНОВОК

У наш час для вимірювання концентрації CO<sub>2</sub> використовують три типи датчиків. До них належать датчики CO<sub>2</sub> NDIR (недисперсійне інфрачервоне випромінювання), датчики CO<sub>2</sub> EC (електрохімічні датчики), які здебільшого використовують у промисловості, і датчики CO<sub>2</sub> на основі фотоакустичної спектроскопії. Датчик CO<sub>2</sub> XENSIV PAS від Infineon, виконаний за останньою технологією, відповідає характеристикам датчиків CO<sub>2</sub> NDIR і EC, але є більш доступним і компактним, що робить його оптимальним рішенням для застосування в пристроях для «розумного» будинку та автоматизації будівель.

Технічні характеристики та доступні варіанти конфігурації з функцією plug and play роблять XENSIV PAS CO2 одним з найбільш універсальних датчиків CO<sub>2</sub> з представлених на ринку. Можливості датчика передбачають: спеціальний ABOC (*Automatic Baseline Offset Calibration* — автоматичне калібруван-

ня зсуву базової лінії), компенсацію тиску, аварійний сигнал, частоту дискретизації та раннє сповіщення про вимір, що здебільшого є корисними для керування його енергоспоживанням. Модулі виконані в корпусах SMD і постачаються упакованими в стрічки на котушках, що полегшує складання в умовах високошвидкісного великосерійного виробництва.

Простота інтеграції робить датчик XENSIV PAS CO2 придатним для різних застосувань у сфері автоматизації будівель, «розумного» будинку та моніторингу якості повітря. У системах HVAC (опалення, вентиляція та кондиціонування повітря) датчик забезпечує досягнення оптимального рівня якості повітря в приміщенні. Оптимізація концентрації CO<sub>2</sub> позначається не тільки на рівні комфортності, а й на підвищенні продуктивності праці. Крім того, як показують останні дослідження, рівень CO<sub>2</sub> корелюється з концентрацією вірусів у приміщенні. Оптимізація рівня CO<sub>2</sub> призводить до зниження ризику виникнення різних захворювань.

До сказаного можна додати, що завдяки полегшенню рішень «вентиляція за потребою» визначення та оптимізація концентрації CO<sub>2</sub> дає змогу підвищити енергоефективність цих систем, а також значно заощадити на рахунках за електроенергію.

Завдяки невеликому розміру модуль датчика CO<sub>2</sub> XENSIV PAS CO2 оптимальний і для інтелектуальної побутової техніки, і для пристроїв «Інтернету речей», як-от очищувачі повітря, термостати, інтелектуальні системи освітлення та монітори якості повітря.