

ДАТЧИКИ ВОЛОГОСТІ ТА ТЕМПЕРАТУРИ КОМПАНІЇ TE CONNECTIVITY

У статті наведена коротка інформація про аналогові та цифрові датчики для вимірювання відносної вологості, а також про комбіновані датчики, що дозволяють вимірювати відносну вологість та температуру. Також наведена коротка інформація про комбіновані датчики вологості, температури та тиску, призначених для встановлення в автомобільну техніку.

В. Макаренко

TE CONNECTIVITY SENSORS FOR MEASURING HUMIDITY AND TEMPERATURE

Abstract – The article provides brief information about analog and digital sensors for measuring relative humidity, as well as about combined sensors that allow measuring relative humidity and temperature. Brief information on combined humidity, temperature and pressure sensors intended for installation in automotive equipment is also given..

V. Makarenko

Очікується, що ринок датчиків вологості зростатиме в середньому на 8,7% протягом прогнозованого періоду (з 2023 по 2026 рік). Датчики вологості є невід'ємною частиною систем IoT і стають все більш важливими для чутливих до вологості застосувань у таких галузях, як охорона здоров'я, виробництво продуктів харчування, напоїв та у текстильній промисловості. Правила, встановлені урядами розвинених країн, регламентують використання таких датчиків у таких галузях, як харчова промисловість, поліграфія та текстильна промисловість. Наприклад, використання цих датчиків у харчовій промисловості та виробництві напоїв необхідно, оскільки більш високий рівень вологості може вплинути на якість продуктів харчування.

Ще одним фактором, який, за прогнозами, підтримуватиме зростання ринку, є зростання впровадження безпроводових датчиків у різних додатках, таких як тепличне господарство для моніторингу клімату. Мініатюризація електронних пристроїв також є однією із значних тенденцій на світовому ринку датчиків вологості.

TE Connectivity (TE) виробляє ряд датчиків, які вимірюють відносну вологість (RH). Засновані на надійній ємнісній технології ці датчики вологості забезпечують вимірювання точки роси і абсолютної вологості з точністю до 2% в діапазоні відносної вологості (RH) в діапазоні 10...95%. Ці датчики можуть використовуватися для контролю якості повітря у застосуваннях, у яких потрібна компенсація вологості.

Ємнісні датчики вологості широко використовуються в сучасному промисловому обладнанні, побутовій техніці та телеметричних системах збору

метеорологічних даних.

Такі датчики конструктивно складаються з підкладки, на якій розташований полімерний тонкоплівковий або металооксидний шар між двома провідними електродами. Чутлива поверхня покрита пористим металевим електродом для захисту від забруднення та конденсату. Підкладка зазвичай виготовляється зі скла, кераміки чи кремнію. Інкрементальні зміни в діелектричній константі ємнісного датчика вологості практично прямо пропорційні відносній вологості навколишнього повітря.

При коливанні вологості на 1% ємність змінюється на 0.2...0.5 пФ, а за 50% вологості (25 °C) коливання ємності можуть сягати 100...500 пФ.

Ємнісні датчики вологості характеризуються низьким температурним коефіцієнтом, можливістю роботи при високих температурах (аж до 200 °C), можливістю повного відновлення від попадання конденсату і помірною стійкістю до хімічних випарів. Час відгуку датчиків становить від 30 до 60 с для кроку зміни вологості 63%.

Типовий клас точності ємнісних датчиків становить $\pm 2\%$ відносної вологості в діапазоні від 5 до 95% при калібрування по двох точках. Слід враховувати, що ємнісні датчики мають обмеження робочої відстані, чутливий елемент може бути розташований далеко від схеми посилення сигналу, щоб уникнути паразитних ефектів з'єднувального кабелю (рівень коливань ємності датчика не великий). Відстань має бути меншою за 3 метри. Тому датчики з інтегрованими елементами підсилення та перетворення в цифровий код значно зручніше використовувати.

Компанія TE Connectivity випускає як аналогові

так і цифрові датчики відносної вологості.

Аналоговий датчик відносної вологості HS1101LF

Датчик HS1101LF [1] призначений для вимірювання вологості великих обсягів повітря і може використовуватись в системах автоматизація офісів, управління промисловими процесами, кондиціонування повітря в салоні автомобіля та у побутовій техніці (рис. 1).



Рис. 1. Аналоговий датчик відносної вологості HS1101LF

Основні параметри датчика HS1101LF:

- висока надійність і довгострокова стабільність
- запатентована тверда полімерна структура
- малий час відгуку
- низький температурний коефіцієнт
- повна взаємозамінність без калібрування
- миттєва десатурація після тривалих періодів фази насичення
- сумісний із автоматизованим монтажем, включаючи пайку вільною хвилею Pb і процесів оплавлення
- індивідуальне маркування на відповідність вимогам простежуваності
- можна промивати дистильованою водою
- діапазон вимірювання відносної вологості 1...99%
- діапазон робочих температур від -40 до 140 °C
- напруга живлення 10 В
- номінальна ємність при температурі 25 °C 177...183 пФ
- час відновлення після 150 годин конденсації не більше 10 с
- гістерезис при вимірюванні вологості $\pm 1\%RH$
- довгострокова стабільність $\pm 0.5\%RH$ на рік
- постійна часу (при 63% вологості, нерухоме повітря) при зміні вологості від 33% до 80% від 3 до 5 с
- відхилення від типової кривої відгуку (від 10% до 90% RH) не більше $\pm 2\%RH$.

Принципова схема простого пристрою для вимірювання відносної вологості з використанням HS1101LF і виходом по частоті наведена на рис. 2.

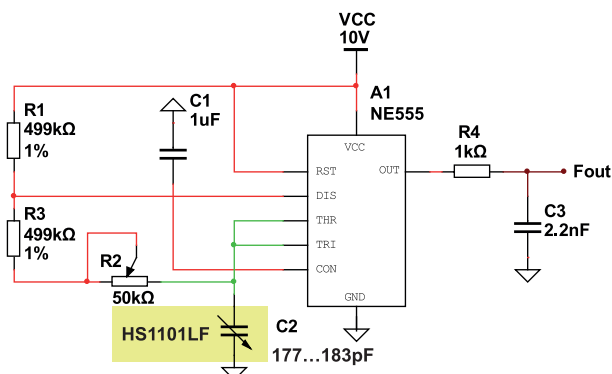


Рис. 2. Принципова схема пристрою для вимірювання відносної вологості з використанням HS1101LF і виходом по частоті

На інтегральному таймері NE555 побудовано мультивібратор частота якого обернено пропорційна ємності конденсатора датчика. Фільтр нижніх частот (ФНЧ) згладжує викиди на фронтах вихідного сигналу. Формули для розрахунку елементів мультивібратора наведені в [1].

Оскільки ємність HS1101LF доволі мала, то паразитна ємність, що утворюється проводами, може суттєво вплинути на похибку вимірювання. На рис. 3 наведені графіки залежності похибки вимірювання від паразитної ємності при вимірюванні різних рівнів вологості.

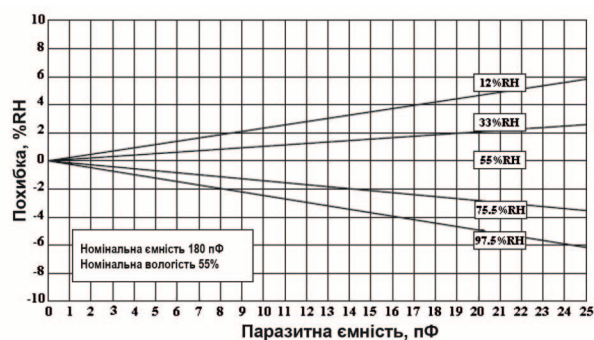


Рис. 3. Графіки залежності похибки вимірювання від паразитної ємності

З рис. 3 випливає необхідність розташування електронної частини датчика на мінімально можливій відстані від HS1101LF.

Комбінований аналоговий датчик вологості та температури HTU21P RH/T

HTU21P(F) [2] – це комбінований датчик волого-

сті та температури у корпусі DFN з габаритними розмірами розмірами 3×3×0.9 мм (рис. 4). Цей датчик формує на виході широтно-імпульсно модульований (ШИМ) сигнал з носійною частотою 120 Гц. СигР-нал даних передається по лінії SDA (DATA). Зміною рівня (високий або низький) на лінії SCK здійснюється перемикавання між вимірюванням вологості (високий рівень) та температури. За секунду датчик здійснює два вимірювання. За допомогою ФНЧ ШИМ сигнал можна перетворити на напругу.

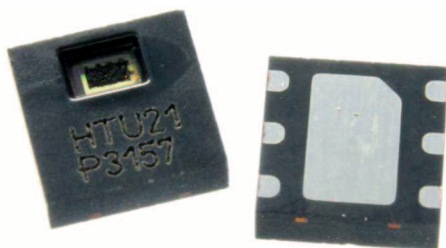


Рис. 4. Зовнішній вигляд датчика HTU21P

Додатковий фільтр/мембрана у датчику HTU21P(F) захищає датчики вологості від дії пилу та води, а також проти забруднення іншими дрібними частинками. Використання фільтру/мембрани забезпечує захист за стандартом IP67 і не впливає на час необхідний для вимірювання.

Основні характеристики датчика HTU21P(F):

- напруга живлення від 1.5 до 3.6 В
- струм споживання 5 мкА
- розсіювана потужність 15 мкВт
- частота носійного коливання ШИМ-сигналу 108...132 Гц
- температурний дрейф $-(0.07...0.12)$ Гц/°C
- дані на виході при рівні сигналу на лінії SCK:
 - відносна вологість (RH) при високому рівні
 - температура при низькому рівні
- роздільна здатність 10 біт, типове значення 0.04%RH
- діапазон вимірювання відносної вологості від 0 до 100%RH
- похибка вимірювання не більше $\pm 2\%$ RH
- температурний коефіцієнт в діапазоні температур 0... 80 °C не більше -0.15% RH/°C
- час відновлення після 150 годин конденсації не більше 10 с
- довгостроковий дрейф 0.5%RH/рік.

Схема включення датчика наведена на рис. 5.

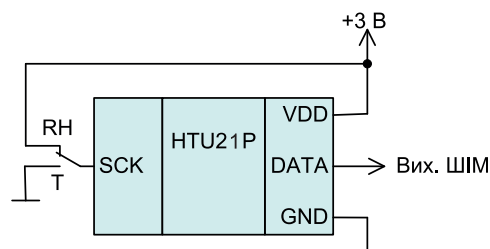


Рис. 5. Схема включення датчика HTU21P

Комбінований цифровий датчик вологості та температури HTU21D RH/T

Цифрові датчики вологості HTU21D(F) [3] – це спеціальні перетворювачі вологості та температури, призначені для OEM-додатків, де потрібні надійні та точні вимірювання. Прямий інтерфейс із мікроконтролером можливий завдяки модулю цифрових виходів. Зовнішній вигляд і габаритні розміри датчика аналогічні датчику HTU21P.

Кожен датчик індивідуально відкалібрований і протестований. Ідентифікація партії друкується на датчику, а електронний ідентифікаційний код зберігається на чіпі, який можна зчитувати за командою. Датчик автоматично виявляє зниження напруги живлення нижче припустимої величини (при роботі від батареї низький заряд батареї). Для підвищення надійності передавання даних одночасно передається контрольна сума. Роздільна здатність цих цифрових датчиків вологості може бути змінена командою від 8/12 біт до 12/14 біт для RH/T.

Як і у датчика HTU21P випускається модифікація з фільтром/мембраною HTU21D(F) який забезпечує ступінь захисту IP67.

Основні параметри датчика HTU21D при вимірюванні відносної вологості:

- цифровий інтерфейс I2C
- діапазон напруги живлення від 1.5 до 3.6 В
- струм споживання 450 мкА
- струм споживання в режимі сну не більше ніж 0.14 мкА
- розсіювана потужність не більше 0.5 мкВт в режимі сну
- розсіювана потужність не більше 1.8 мВт в активному режимі
- роздільна здатність при кількості розрядів 12 біт 0.04%RH
- роздільна здатність при кількості розрядів 8 біт 0.7%RH
- діапазон вимірювання відносної вологості від 0

до 100%RH

- похибка вимірювання вологості не більше $\pm 2\%RH$
- температурний коефіцієнт в діапазоні температур 0... 80 °C не більше -0.15%RH/°C
- гістерезис $\pm 2\%RH$
- час вимірювання відносної вологості при кількості розрядів:
 - 12 біт – не більше 16 мс (типове значення 14 мс)
 - 11 біт – не більше 8 мс (типове значення 7 мс)
 - 8 біт – не більше 3 мс (типове значення 2 мс)
- час відновлення після 150 годин конденсації не більше 10 с
- час відгуку при зміні відносної вологості від 33 до 75% не більше 10 с (типове значення 5 с).

Параметри датчика HTU21D при вимірюванні температури:

- роздільна здатність при кількості розрядів 14 біт 0.01 °C
- роздільна здатність при кількості розрядів 12 біт 0.04 °C
- похибка вимірювання температури не більше ± 0.3 °C
- час вимірювання температури при кількості розрядів:
 - 14 біт – не більше 50 мс (типове значення 44 мс)
 - 13 біт – не більше 25 мс (типове значення 22 мс)
 - 12 біт – не більше 13 мс (типове значення 11 мс)
 - 11 біт – не більше 7 мс (типове значення 6 мс)
- довгостроковий дрейф 0.04 °C/рік.

Схему підключення датчика можна переглянути у [3].

Комбінований датчик вологості та температури HTU31

Випускається дві модифікації датчиків [4]:

- HTU31D – цифровий датчик
- HTU31V – аналоговий датчик.

Зовнішній вигляд датчика HTU31 наведений на рис. 6.

HTU31 є одним із найменших і найточніших датчиків вологості на ринку – 2.46×2.46×0.9 мм.

Основні параметри датчика HTU31D при вимірюванні відносної вологості:

- цифровий інтерфейс I2C
- діапазон напруги живлення від 3 до 5.5 В
- максимальний струм споживання 414 мкА
- струм споживання в режимі сну не більше

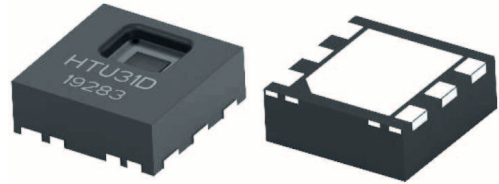


Рис. 6. Зовнішній вигляд датчика HTU31D

1.04 мкА

- розсіювана потужність не більше 2.0 мкВт в режимі сну
- розсіювана потужність не більше 2.07 мВт в активному режимі
- час увімкнення 1 мс
- час програмного перезавантаження 15 мс
- час вимірювання відносної вологості при роздільній здатності:
 - 0.007%RH – не більше 7.8 мс
 - 0.010%RH – не більше 3.9 мс
 - 0.014%RH – не більше 2 мс
 - 0.020%RH – не більше 1 мс
- час вимірювання температури при роздільній здатності:
 - 0.012 °C – не більше 12.1 мс
 - 0.016 °C – не більше 6.1 мс
 - 0.025 °C – не більше 3.1 мс
 - 0.040 °C – не більше 1.6 мс
- діапазон вимірювання відносної вологості від 0 до 100%RH
- похибка вимірювання вологості не більше $\pm 2\%RH$
- похибка вимірювання температури не більше ± 0.2 °C
- довгостроковий дрейф <0.1 °C/рік
- температурний коефіцієнт в діапазоні температур 0... 80 °C не більше -0.15%RH/°C
- гістерезис $\pm 2\%RH$
- час відновлення після 150 годин конденсації не більше 3 с
- ESD HBM (Human Body Model) ± 8 кВ
- ESD CDM (Charged Device Model) 750 В

Аналоговий датчик HTU31V

Деякі параметри трохи відрізняються від параметрів цифрового датчика:

- максимальний струм споживання 511 мкА
- роздільна здатність при вимірюванні темпера-

тури тільки 0.016 °C

- довгостроковий дрейф <0.04 °C/рік
- вихідний струм буферного каскаду ±200 мкА
- максимальна ємність навантаження буферного каскаду 5 нФ

- час включення 10 мс.

Окремі виходи напруги температурного датчика та датчика вологості (рис. 7).

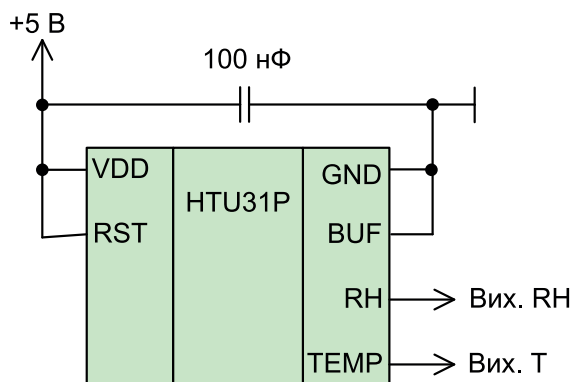


Рис. 7. Схема підключення датчика HTU31V

З вихідної напруги VRH , яка оновлюється кожні 250 мс, відносна вологість у %RH визначається за наступною формулою

$$RH(\%) = -12.5 + 125(V_{RH}/V_{DD}).$$

Залежність відносної вологості від співвідношення вихідної напруги до напруги живлення наведена на рис. 8. Оскільки напруга живлення в кожному момент часу постійна величина, то залежність відносної вологості від вихідної напруги має лінійний характер.

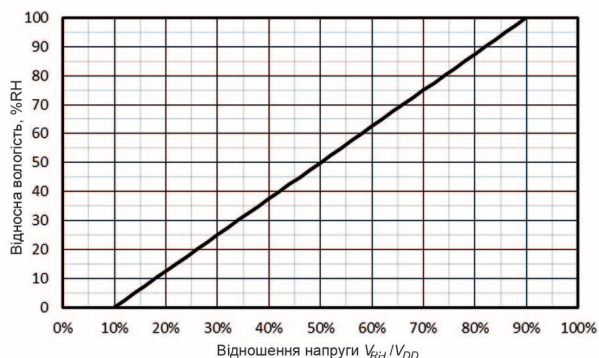


Рис. 8. Залежність відносної вологості від співвідношення вихідної напруги на виході RH до напруги живлення

З вихідної напруги VT , яка оновлюється кожні 250 мс, температура T у °C визначається за формулою

$$T(^{\circ}C) = -60.625 + 206.25(V_T/V_{DD}).$$

Залежність температури від співвідношення вихідної напруги до напруги живлення наведена на рис. 9.

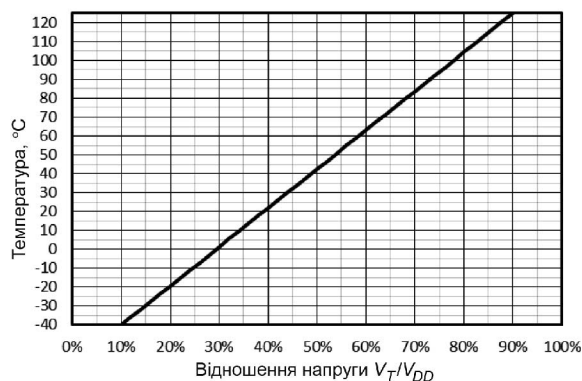


Рис. 9. Залежність температури від співвідношення вихідної напруги на виході TEMP до напруги живлення

Цифровий датчик HTU20D має параметри дуже схожі на параметри датчика HTU31V. Більш детально ознайомитись з ними можна у [5].

Окрім датчиків вологості компанія випускає модулі для вимірювання відносної вологості.

Аналоговий модуль вимірювання відносної вологості HM1500LF

Зовнішній вигляд модуля HM1500LF наведений на рис. 10.



Рис. 10. Зовнішній вигляд аналогового модуля HM1500LF

Основні параметри аналогового модуля HM1500LF:

- діапазон вимірювання відносної вологості від 0 до 100%
- роздільна здатність 0.4%RH
- похибка вимірювання ±3%RH
- вихідна напруга 2.48 В при відносній вологості 55%RH
- чутливість 26 мВ/%RH
- діапазон робочих температур від -30 до 80 °C
- температурний коефіцієнт 0.05%RH/°C

- гістерезис вимірювання вологості $\pm 1\%RH$
- напруга живлення 5 В (максимальне значення 10 В)
- струм споживання 1.4 мА (типове значення)
- час включення 150 мс
- вихідний опір 70 Ом
- постійна часу (при 63% вологості, нерухоме повітря) при зміні вологості від 33% до 80% 10 с.

Залежність вихідної напруги модуля HM1500LF від відносної вологості наведена на рис. 11.

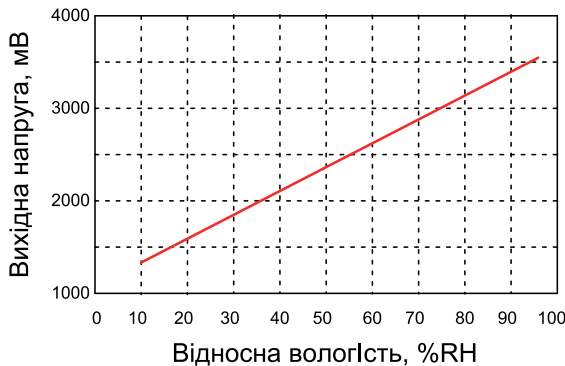


Рис. 11. Залежність вихідної напруги модуля HM1500LF від відносної вологості

Розрахувати вихідну напругу модуля можна за формулою

$$V_{out} = 25.68RH + 1079,$$

а обчислити RH за виразом

$$RH = 0.03892V_{out} - 42.017,$$

де V_{out} виражено в мВ, а RH у %.

Цифрові датчики відносної вологості, тиску та температури

Ще більш універсальні датчики, що дозволяють вимірювати відносну вологість, температуру та тиск, теж випускаються компанією TE Connectivity [7]. До таких датчиків відносяться цифрові датчики серії HTD2800P1B11C6 STD (рис. 12) в якій налічується 5 типів датчиків:

- TRICAN 5V HTD2800P1B11C6 STD
- TRICAN 5V HTD2800P1B11C6 500kbps
- TRICAN 5V HTD2800P1B11C6 250kPa
- TRICAN 12V HTD2800P1B11C6STD
- TRICAN 24V HTD2800P1B11C6STD.

З назви датчиків витікають відмінності їх характе-

ристик. Для прикладу розглянемо параметри стандартного датчика TRICAN 5V HTD2800P1B11C6 STD.

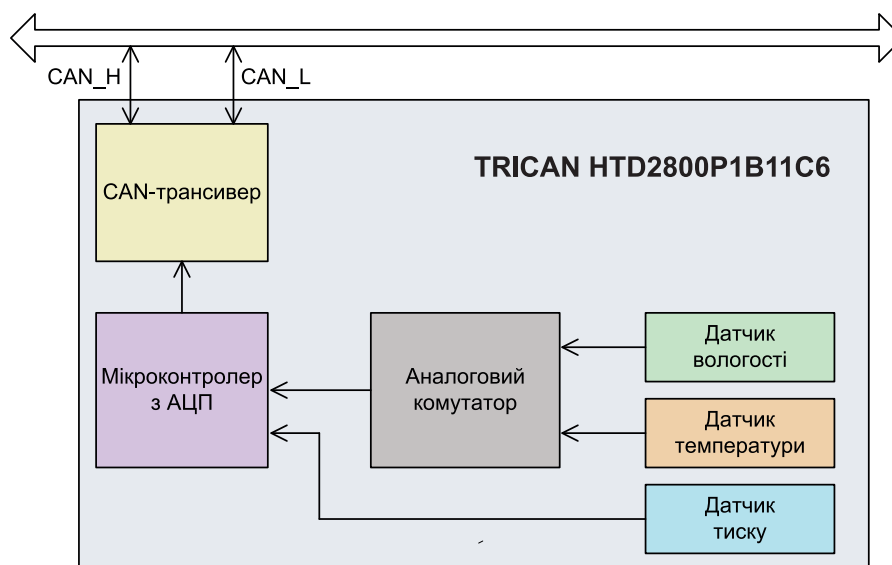
Датчик TRICAN HTD2800 має надійну конструкцію для застосувань в важких умовах експлуатації транспортних засобів. В першу чергу розроблений для контролю надходження повітря в двигуни. Також підходить для паливних елементів.



Рис. 12. TRICAN HTD2800

Основні характеристики датчика TRICAN HTD2800:

- інтерфейс зв'язку CAN2.0
 - напруга живлення 5, 12 або 24 В
 - швидкість передавання даних по шині CAN 250 Кбіт/с, 500 Кбіт/с
 - діапазон вимірюваного тиску 130 кПа, 250 кПа
 - діапазон робочих температур від -40 до 105 °C
 - діапазон вимірювання відносної вологості від 0 до 100%
 - роздільна здатність 0.4%RH
 - похибка вимірювання $\pm 3\%RH$
 - температурний коефіцієнт 0.05%RH/°C
 - гістерезис $\pm 1\%RH$
 - довготривала стабільність $\pm 0.5\%RH/рік$
 - діапазон вимірювання тиску від 1 до 130 кПа (1...250 для версії 250kPa)
 - похибка вимірювання тиску $\pm 1.8\%FS$ (повної шкали)
 - роздільна здатність ± 0.5 кПа
 - постійна часу 1 с
 - довготривала стабільність ± 0.5 кПа/рік
 - діапазон вимірювання температури від -40 до 105 °C
 - похибка вимірювання температури ± 0.5 °C
 - постійна часу при вимірюванні температури 10 с
 - довготривала стабільність ± 0.3 °C /рік.
- Параметри шини CAN:
- тактовий інтервал 1 мкс
 - швидкість зростання вихідної напруги 7 В/мкс
 - максимальне значення напруги ± 36 В


Структурна схема датчика TRICAN HTD2800P1B11C6

Структурна схема датчика TRICAN HTD2800P1B11C6 наведена на рис. 13.

На рис. 13 аналогові датчики вологості та температури через аналоговий комутатор підключені до входу АЦП мікроконтролера. Датчик тиску цифровий і підключений до одного з портів мікроконтролера. Мікроконтролер здійснює зв'язок з шиною CAN з шиною CAN через CAN-трансвер.

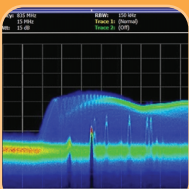
З характеристика інших датчиків відносної вологості TE Connectivity можна ознайомитися на сайті компанії [8].

ЛІТЕРАТУРА

1. <https://www.te.com/usa-en/product-CAT-HSC0006.html?q=HS1101LF>
2. <https://www.te.com/usa-en/product-CAT-HSC0005.html>
3. <https://www.te.com/usa-en/product-CAT-HSC0004.html>
4. <https://www.te.com/usa-en/product-CAT-HSC0007.html>
5. <https://www.te.com/usa-en/product-CAT-HSC0002.html>
6. <https://www.te.com/usa-en/product-HPP805A031.html>
7. <https://www.te.com/usa-en/product-CAT-HSA0004.html>
8. <https://www.te.com/usa-en/plp/humidity-sensors/YG2Ae.html>

VD MAIS

Вимірювальні пристрої



- осцилографи ▪ генератори ▪
- логічні аналізатори
- аналізатори спектра
- вимірювачі параметрів відеосигналів
- джерела живлення ▪ частотоміри
- мультиметри ▪ тепловізори
- вібретри

Дистрибуція та прямі поставки:
Tektronix, Fluke, Keithley, Rohde & Schwarz, Hameg, Uni-Trend

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110
e-mail: info@vdmals.ua, www.vdmals.ua

VD MAIS

Контрактне виробництво електроніки
(по стандарту IPC-A-610)



- автоматизований монтаж ЕЛ/Ю-компонентів (до 2.5 млн на добу)
- автоматизоване селективне паяння компонентів, що монтуються в отвори
- монтаж прототипів друкованих плат
- 100% автоматичний оптичний контроль якості монтажу
- виготовлення дослідних зразків виробів
- дрібно- та великосерійне виробництво
- 10-річний досвід контрактного виробництва
- гарантія якості

Сертифікація на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016.
Ціни оптимальні.

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110
e-mail: info@vdmals.ua, www.vdmals.ua