

Emulator sensorów

Czasy, w których do pomiaru wilgotności powietrza używano końskiego włosia, mamy już dawno za sobą. Rozwój elektroniki sprawił, że obecnie nie ma już chyba takiej wielkości fizycznej, której nie potrafilibyśmy mierzyć elektronicznie. Nadal jednak problemem jest niedoskonałość stosowanych czujników, przejawiająca się rozrzutem parametrów dla poszczególnych egzemplarzy, zmianami tych parametrów na przykład w funkcji temperatury oraz nieidealnymi charakterystykami sensorów. Walka z tymi problemami jest ciężka, a najwygodniej ją prowadzić... bez używania czujników.

Texas Instruments po koneksji z Burr Brownem, ładnych kilka lat temu, dołączył do światowej czołówki producentów układów analogowych. Wcześniej znany był głównie jako niekwestionowany lider technologii układów cyfrowych. Bogate portfolio firmy BB w chwili przejmowania jej przez TI rokowało poważne nadzieje na osiągnięcie sukcesu również w technologii układów analogowych, co zresztą szybko stało się faktem. Jedną z ważniejszych grup analogowych układów scalonych BB były wzmacniacze pomiarowe, źródła napięcia odniesienia, interfejsy do wszelkiego rodzaju sensorów itp. Produkcja tych elementów została rozwinięta przez TI i dzisiaj konstruktorzy mają naprawdę z czego wybierać, bez względu na realizowany projekt. Jak już do tego przywykliśmy, wraz z ofertą na elementy pojawiają się również zestawy ewaluacyjne przeznaczone do szybkiego poznawania poszczególnych grup układów, ale nie tylko... TI oferuje na przykład również dość nietypową płytkę emulatora sensorów (Sensor Emulator).

Czujniki mostkowe, diodowe, rezystancyjne

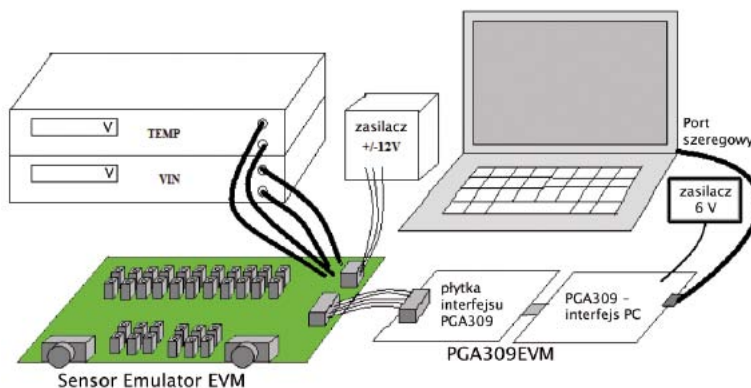
Opisywana płytka jest tak skonstruowana, aby za jej pomocą było możliwe wygodne emulowanie najczęściej spotykanych w technice pomiarowej typów czujników. Są to czujniki mostkowe, diodowe i rezystancyjne, przetwarzające różne wielkości fizyczne (temperatura, ciśnienie, siła itp.) na sygnały elektryczne. Elementy regulacyjne znajdujące się na płytce pozwalają zaprogramować kilka punktów charakterystyki czujników. Umożliwia to uruchamianie aplikacji bez konieczności dołączania rzeczywistych czujników, a co istotniejsze, bez konieczności wymuszania prawdziwych warunków pomiarowych. Wyobraźmy sobie, że mamy do uruchomienia barometr mierzący ciśnienie w zakresie od 900 do 1100 hPa. Wymuszenie skrajnych warunków nie byłoby zadaniem łatwym w warunkach pracowni elektronicznej. Programowanie emulatora jest pojęciem

umownym, polega bowiem na dobraniu wartości potencjometrów montażowych tak, aby w poszczególnych punktach układu uzyskać żądane napięcia.

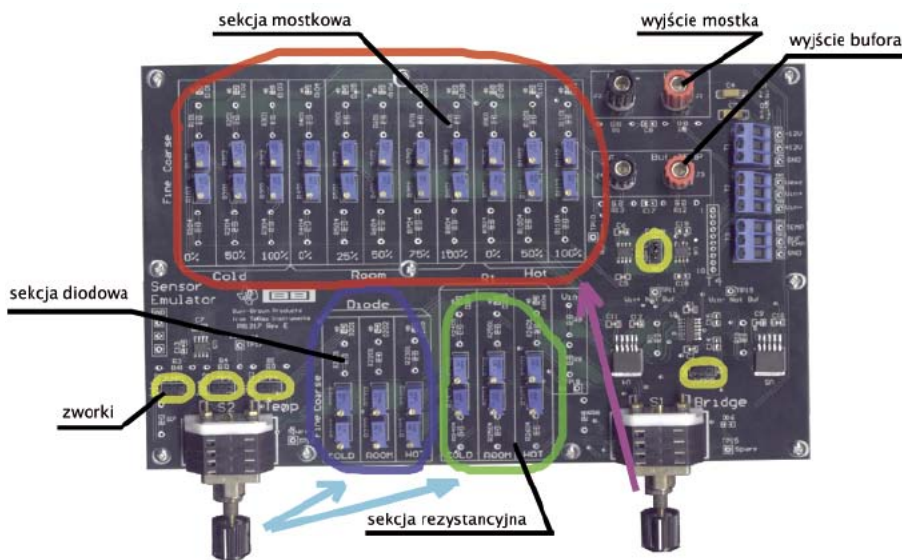
Jak korzystać z emulatora sensorów?

Płytką emulatora sensorów jest przystosowana do współpracy z zestawem ewaluacyjnym PGA309EVM przeznaczonym dla kondycjonera sygnałów PGA309. Jest

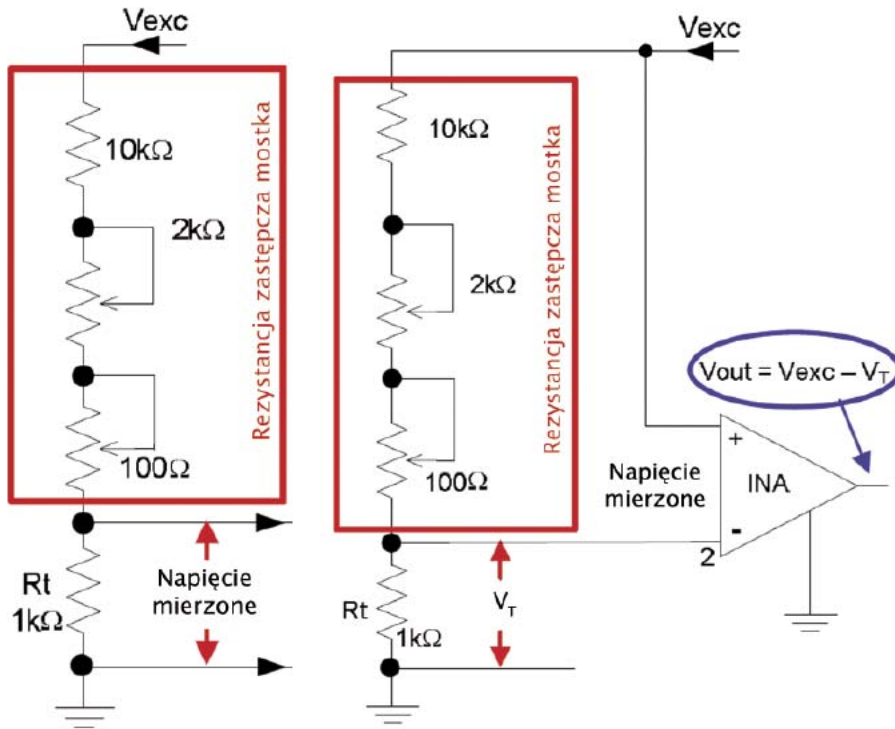
to bardzo atrakcyjny układ, niezastąpiony tam, gdzie zachodzi konieczność dołączenia nieliniowego czujnika mostkowego do systemu pomiarowego. W układzie PGA309 zaimplementowano m.in. blok cyfrowej kalibracji i linearyzacji (niezbędne do tego dane są zapisywane w zewnętrznej pamięci EEPROM, a operacje są realizowane bez stosowania potencjometrów zewnętrznych), kompensacji dryftu temperaturowego, błędu offsetu i zakresu. Typową konfigurację stanowiska pomiarowego z użyciem płytek Sensor Emulator i PGA309EVM przedstawiono na rys. 1. Płytkę emulatora sensorów może być również wykorzystywana niezależnie, wszystkie sygnały pomiarowe zostały wyprowadzone na gniazda lub łączówki. Na PCB znajdują się również najważniejsze systemowe punkty pomiarowe. Ich lokalizacja jest ułatwiona dzięki odpowiednim oznaczeniom na warstwie opisowej. Do tych punktów może być bezpośrednio dołączany woltomierz cyfrowy.



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe z emulatorem sensorów i zestawem PGA309EVM



Rys. 2. Płytkę emulatora sensorów z podziałem na sekcje pomiarowe

Rys. 3. Konfiguracja R_{T-} Rys. 4. Konfiguracja R_{T+}

Przejrzysta budowa płytki emulatora sensorów sprawia, że korzystanie z niej jest bardzo łatwe. Do pracy wymagane jest podanie dwóch napięć zasilających $+12\text{ V}$ i -12 V , a także w razie potrzeby wymagane napięcia zasilające mostek lub źródła prądowego dla czujników diodowych. W obwodach zasilania czujników zastosowano wysokoprądowe, szybkie bufor BUF634, a wyjściowy sygnał pomiarowy jest pobierany ze wzmacniacza instrumentalnego INA118. Elementami służącymi do poprawnego skonfigurowania emulatora są zworki i wieloobrotowe przełączniki.

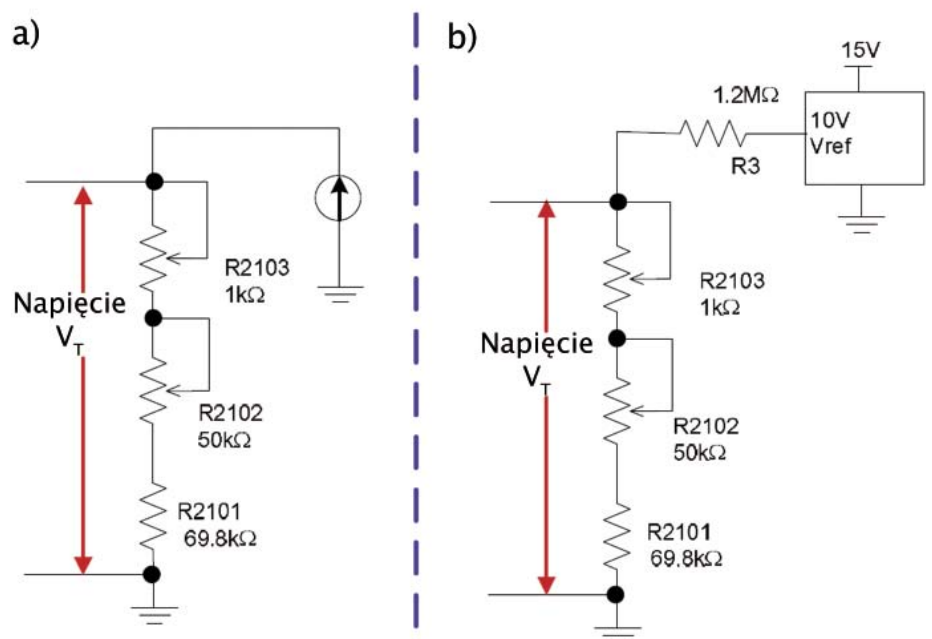
Przed rozpoczęciem emulacji należy zaprogramować wybrane punkty charakterystyki danego sensora, do czego służą odpowiednie potencjometry montażowe znajdujące się w poszczególnych sekcjach płytki (rys. 2). Przewidziano emulację w temperaturze minimalnej („Cold”), pokojowej („Room”) i maksymalnej („Hot”). Dla czujników mostkowych należy zaprogramować punkty odpowiadające wymuszeniom 0%, 50% i 100% niezależnie dla każdej z przyjętych temperatur. Nastawy powinny być wykonane w oparciu o dane katalogowe czujników lub własne, wcześniej przeprowadzone pomiary czujników rzeczywistych. Dużą dokładność regulacji zapewniają dwa potencjometry na każdą nastawę. Jednym wykonuje się regulację zgrubną, drugim dokładną. Pewną niedogodnością jest przyjęta, stała rezystancja mostka, równa $10\text{ k}\Omega$, która nie zawsze będzie odpowiadała rzeczywistemu czujnikowi. Na płytce przewidziano jednak punkty lutownicze, do których można przyłutować rezystory bocznikujące. Wyjście mostka jest wyprowadzo-

ne na zaciski, do których można bezpośrednio dołączać woltmierz cyfrowy, oraz na łączówki, do których jest dołączany zestaw PGA309EVM. Wyjścia są buforowane przez wzmacniacze operacyjne.

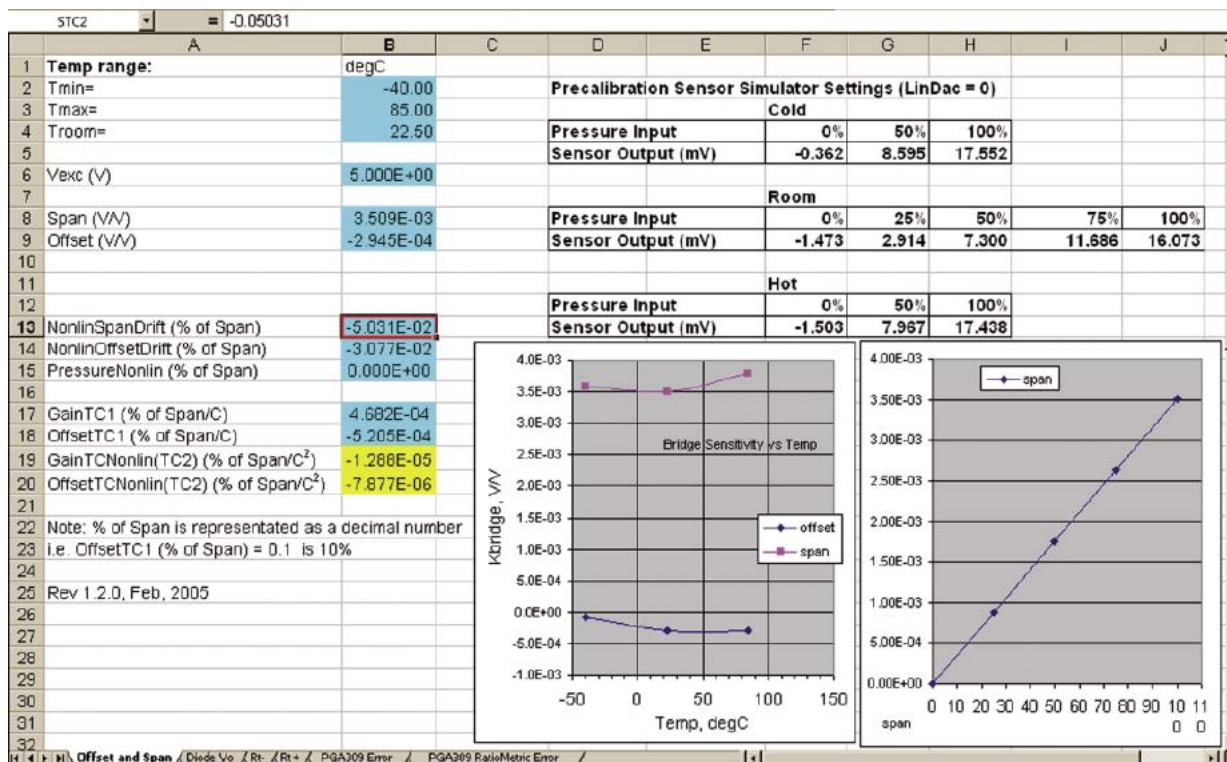
Czujniki rezystancyjne mogą pracować w dwóch konfiguracjach. W konfiguracji R_{T-} (rys. 3) sensor jest dołączony do masy, a napięcie zasilające jest doprowadzone przez rezystor szeregowy. Sygnał wyjściowy jest pobierany bezpośrednio z czujnika, przy czym na płytce uwzględniono dodatkowy bufor, z którego można korzystać opcjonalnie. Jest on konieczny, gdy czujnik

współpracuje z układem o niskiej rezystancji wejściowej. Jako rezystor szeregowy zastosowano elementy mostka, które w tym przypadku są traktowane jako pojedyncza rezystancja. Schemat układu pomiarowego dla drugiej konfiguracji określanej jako R_{T+} przedstawiono na rys. 4. Tym razem sygnał wyjściowy jest pobierany między napięciem zasilającym a jednym z wyprowadzeń czujnika. Napięcie pomiarowe uzyskuje się na wyjściu wzmacniacza operacyjnego realizującego funkcję $U_{\text{OUT}} = U_{\text{exc}} - V_T$ stanowiącego jednocześnie bufor.

Trzecim rodzajem czujnika pomiarowego, jaki może być emulowany przez opisywany zestaw, są diodowe sensory temperatury. Jak wiadomo, napięcie przewodzenia złącza półprzewodnikowego jest liniowo zależne od temperatury, a charakterystyka ma nachylenie ok. $2\text{ mV}/^\circ\text{C}$. Znając charakterystykę danego elementu półprzewodnikowego, można więc określać temperaturę na podstawie pomiaru napięcia na nim. Napięcie przewodzenia zależy dodatkowo od prądu przepływającego przez złącze, stąd konieczne jest prądowe zasilanie czujnika. Znanym problemem konstruktorów jest jednak samopodgrzewanie się czujnika przez płynący przez niego prąd. Należy zatem minimalizować jego natężenie. Płytki emulatora sensorów umożliwia zasilanie czujnika ze źródła zewnętrznego lub z wbudowanego źródła prądowego (wykonanego *de facto* jako połączenie źródła napięciowego REF102 z szeregowym rezystorem $1,2\text{ M}\Omega$). Na rys. 5a przedstawiono schemat układu pomiarowego dla wersji z zewnętrznym źródłem prądowym, a na rys. 5b ze źródłem wbudowanym. Napięcie wyjściowe nie jest wytwarzane przez elementy półprzewodnikowe, lecz przez poten-



Rys. 5. Schemat układu pomiarowego dla sensora diodowego a) wersja z zewnętrznym źródłem prądowym, b) wersja ze źródłem wbudowanym



Rys. 6. Zakładka „Offset and Span” arkusza kalkulacyjnego ułatwiającego programowanie emulatora

cyjometry o odpowiednio ustawionych rezy-stancjach.

Mając zaprogramowane charakterystyki sensorów, można szybko zasymulować ich działanie w fizycznym układzie. Wyboru punktów charakterystyki, a więc odpowiadających im warunków pracy czujnika, dokonuje się za pomocą wieloobrotowych przełączników. Przy wybranej sekcji świeci się dioda LED. Przebadanie całego zakresu pomiarowego trwa dosłownie kilka sekund. Przyjęta przez producenta metoda ma jednak dość poważną wadę. Każdorazowa zmiana czujnika, który ma być emulowany, wymaga przeprogramowania urządzenia.

Wsparcie

Na płycie CD-ROM dostarczanej w zestawie znajduje się excelowy arkusz kalku-

lacyjny ułatwiający prawidłowe skonfigurowanie emulatora. Za pomocą zawartych w nim formuł można przeliczyć parametry rzeczywistego czujnika na napięcia, jakie powinny wystąpić na płycie w odpowiednich punktach pomiarowych. Arkusz zawiera pięć zakładek: „Offset and span”, „Diode V₀”, „R₁₋”, „R₁₊” i „PGA Error”. Przykładowe obliczenia przedstawiono na rys. 6. Pola zaznaczone na niebiesko są wprowadzane przez użytkownika na podstawie danych katalogowych, w żółtych polach pojawiają się dane przeliczone dla innych warunków zewnętrznych. Można by sądzić, że emulacja nie zapewni odtworzenia ewentualnych niedoskonałości czujników rzeczywistych, jednak przy prawidłowym wprowadzeniu parametrów czujnika zostaną one prawidłowo odtwo-

rzony podczas emulacji. Przypomnijmy, że chodzi tu m.in. o:

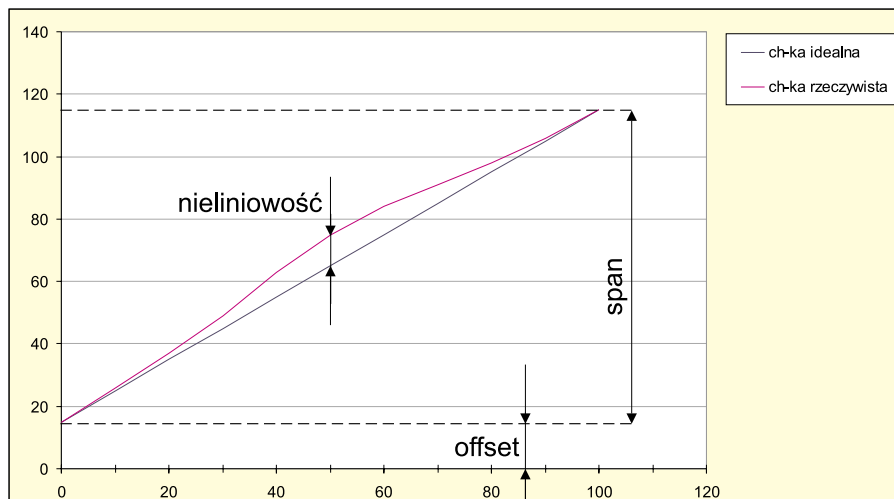
- offset – odpowiedź czujnika bez żadnego wymuszenia,
- nieliniowość – różnica pomiędzy wskazaniami czujnika rzeczywistego i czujnika idealnego,
- dryft temperaturowy – zmiany wskazań czujnika w funkcji temperatury, dryftowi mogą podlegać wszystkie parametry.

Na rys. 7 przedstawiono poglądowe definicje najważniejszych parametrów czujnika.

Czy warto?

Opisany w artykule emulator czujników może być pomocny przy projektowaniu układów elektronicznych wykorzystujących sensory wielkości nieelektrycznych. Jego pełną funkcjonalność można uzyskać w połączeniu z zestawem PGA309EVM, ale może być również wykorzystywany samodzielnie. Proponowana w dokumentacji metoda programowania emulatora umożliwia zbadanie zachowania się docelowego systemu pomiarowego w różnych warunkach, przy skrajnych i pośrednich wymuszeniach. Warto jednak zauważyć, że emulator może też ułatwiać kalibrowanie torów pomiarowych przy założonych, nie tylko skrajnych wymuszeniach. Dobrym przykładem może być kalibracja wagi tensometrycznej. Przy użyciu emulatora czujników czynność tę można wykonać bez konieczności dysponowania obciążeniami wzorcowymi.

Jarosław Doliński, EP
jaroslaw.dolinski@ep.com.pl



Rys. 7. Definicje najważniejszych parametrów czujników