



Nowe zintegrowane kontrolery klawiatur pojemnościowych firmy STMicroelectronics



Wyścig na rynku sterowników klawiatur bezstykowych nabrał tak dużego rozpędu, że jedna z nowości przedstawiona przez nas w EP11/2009 już zniknęła z oferty produkcyjnej firmy STMicroelectronics. W miejsce STMPE1218 producent wprowadził dwa inne układy, których możliwości przedstawiamy w artykule.

Zalety detekcji pojemnościowej

Pojemnościowe czujniki dotyku mają ogromną zaletę: czujnik klawiatury („przycisk”) może być ukryty pod izolatorem (np. płytą czołową obudowy), a klawiatura i tak będzie działać! Do tego maskownica klawiatury może być jednolita (pozbawiona otworów), co znacznie upraszcza budowę urządzeń z wymaganym wysokim stopniem ochrony.

Dodatkowe zalety takich klawiatur to m.in.: odporność na ładunki elektrostatyczne i zmiany temperatur, możliwość zastępowania klawiatur membranowych oraz mikroprzełącznikowych, bez konieczności dokonywania zmian w pozostałej części aplikacji. Jest to więc rozwiązanie rewolucyjne zwłaszcza, że dzięki stosunkowo dużej rozdzielczości detekcji można na ich bazie tworzyć nastawniki obsługiwane jak dotykowe potencjometry.



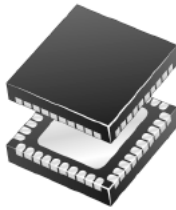
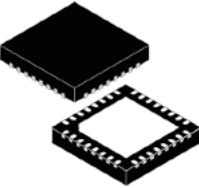
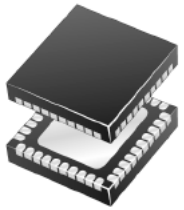
Współczesne podzespoły półprzewodnikowe coraz lepiej zastępują coraz większą liczbę tradycyjnych podzespołów elektromechanicznych. Wylimitowanie klasycznych przełączników przez układy scalone pozwoliło zmniejszyć gabaryty urządzeń oraz zwiększyć ich trwałość i niezawodność (nic się w nich przecież nie zużywa, nie koroduje i nie kurzy). Rozwiązania oparte na elektronice zwiększają możliwości projektantów obudów, którzy nie muszą się liczyć z ograniczeniami wynikającymi z wymagań rozwiązań mechanicznych, zmniejsza ponadto ryzyko występowania zakłóceń elektromagnetycznych (nie występuje zjawisko drgań styków). Niebagatelnym atutem rozwiązań elektronicznych jest ponadto obniżenie kosztu wyprodukowania i przez to cen urządzeń.

Dodatkowe materiały na CD i FTP:
<ftp://ep.com.pl>, user: 18366, pass: 3scpp470

Czujniki pojemnościowe stosowane w technologii S-Touch wykorzystują opatentowane przez firmę ATlab rozwiązanie o nazwie *Impedance Change-Detection Engine* (ICDE). Rozdzielczość pomiaru pojemności uzyskana przez twórców rozwiązania wynosi ok. 15 (do niedawna 40 fF) przy pełnym zakresie pomiarowym do 7,5 pF (rozdzielczym jest co najmniej 512 – do niedawna 120 – wartości pojemności). Zasadę działania czujników zastosowanych w układach S-Touch przedstawiono na **rys. 1**.

Rozwiązanie wdrożone przez STMicroelectronics – przy sprzętowym wsparciu logiki obrabiającej sygnały wyjściowe z czujników dotyku – jest odporne na zanieczyszczenia powierzchni, zakłócenia elektromagnetyczne, można je łatwo dostosować do zmieniających się kształtów i powierzchni pól czujnikowych. Kalibracja czujników odbywa się na drodze programowej (jest do tego potrzebny zewnętrzny mikrokontroler), nie ma konieczności stosowania zewnętrznych elementów

Tab. 1. Zestawienie podstawowych cech i parametrów układów S-Touch

	STMPE321	STMPE821	STMPE1208S	STMPE16M31	STMPE24M31
Liczba GPIO	3	8	12	16	16
Kanały PWM	–	4	–	16	16
Interfejs komunikacyjny	I ² C	I ² C	I ² C	I ² C	I ² C
Obudowa					
Wymiary [mm]	2,2×1,5	2,6×1,8	5×5	4×4	5×5
Liczba wejść pojemnościowych/współdzielonych z GPIO	3/3	8/8	12/0	16/16	24/16
Inne	AFS, ETC, TVR, EVR, 1 INT, GPIO 4 mA	AFS, ETC, TVR, EVR, 1 INT, GPIO 8 mA	AFS, ETC, TVR, EVR, GPIO 10 mA	AFS, ETC, TVR, EVR, INT, GPIO 12 mA	AFS, ETC, TVR, EVR, INT, GPIO 12 mA
Zasilanie	1,6...1,9 V/470 mA (active 100%)	2,7...3,6 V/650 mA (active 100%)	3...5,5 V/160 mA	2,7...5,5 V/500 mA (active 100%)	2,7...5,5 V/500 mA (active 100%)

Uwagi:

AFS – Advanced Data Filtering

ETC – Environment Tracking Calibration

TVR – Touch Variance

EVR – Environmental Variance

1 INT – jedno wyjście przerwania

2 INT – dwa wyjścia przerwania

GPIO xx mA – wydajność prądowa wyjść GPIO w stanie niskim

RC tworzących obwód odniesienia dla pól czujnikowych.

Obecnie w ofercie STMicroelectronics są dostępne dwa cztery układy spełniających rolę wielowejściowych kontrolerów klawiatur bezstykowych zintegrowanych z ekspanderami I/O: produkowane od dłuższego czasu STMPE821 i STMPE1208S, nowszy układ STMPE321 oraz dwie „gorące” nowości: STMPE16M31 oraz STMPE24M31. Zestawienie podstawowych cech i możliwości tych układów znajduje się w **tab. 1**.

Układy STMPE12xx wyposażono w 12 linii GPIO z możliwością wykorzystania ich jako wejść dotykowych, układy STMPExxM31 w 16/24 takie linie, układ STM-

PE821 ma 8 linii, a STMPE321 – trzy. Ważną aplikacyjnie cechą układów STMPExxM31 jest wyposażenie ich w przelicznik ratiometryczny, dzięki któremu ustalenie położenia nastawników analogowych (suwakowego lub obrotowego) nie wymaga wykonywania skomplikowanych obliczeń (**rys. 2**).

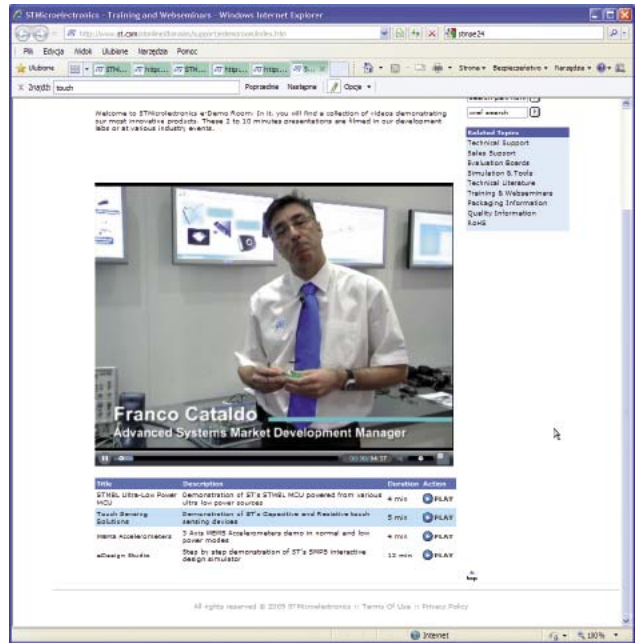
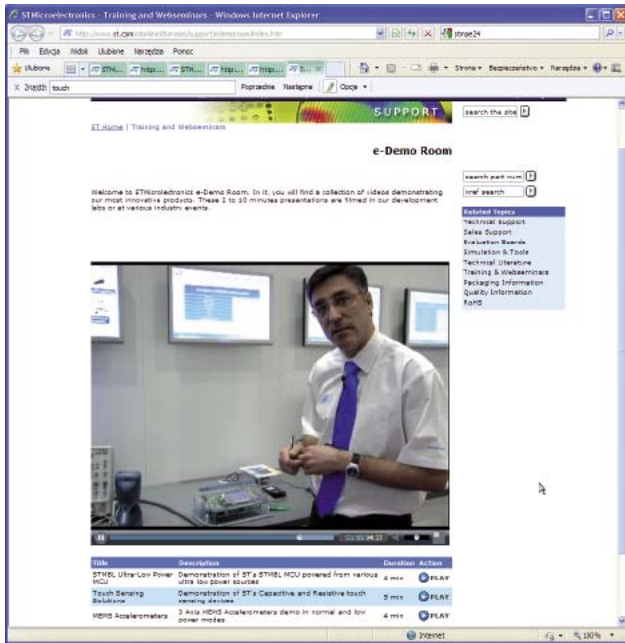
Wszystkie układy wyposażono w interfejsy komunikacyjne I²C, za pomocą których mikrokontroler-host może skonfigurować układy w oczekiwany sposób, poprzez ten interfejs ma także dostęp do linii I/O ekspanderów wbudowanych w te układy. Układy STMPE821 oraz STMPE1218 wyposażono w programowane, 4-kanałowe generatory PWM, których sygnały są dostępne na li-

niach GPIO0...3. Sygnały wyjściowe tych generatorów można programować w szerokim zakresie: oprócz oczywistej wartości współ-

STMicroelectronics jest firmą, która jako jedna z pierwszych zaangażowała się w opracowanie i produkcję podzespołów przeznaczonych do budowy bezstykowych klawiatur pojemnościowych. Obecnie firma skupia się na rozwoju technologii detekcji zbliżenia palca o nazwie S-Touch, którą opracowała koreańska firma ATLab (www.atlab.co.kr). Jej zaletami, w stosunku do innych rozwiązań dostępnych na rynku, jest bardzo mały pobór mocy, mający szczególnie duże znaczenie w urządzeniach przenośnych oraz system kalibracji czujników wejściowych kontrolerów, dzięki któremu wpływ negatywnych zjawisk środowiskowych (wilgotność, zmiany temperatury, zabrudzenia, zakłócenia EM itp.) występujących w otoczeniu klawiatury jest minimalizowany. Dzięki systemowi kalibracji kształt pól czujnikowych może być w znacznym stopniu dostosowywany do wymogów użytkownika, bez konieczności ścisłego kopiowania standardowych wzorców. Na rysunku poniżej pokazano typowe pola czujnikowe „przycisków”, nastawnika suwakowego oraz dotykowego „potencjometru”.



Firma STMicroelectronics przygotowała filmy szkoleniowe z prezentacjami (w języku angielskim) m.in. możliwości układów S-Touch. Można je obejrzeć pod adresem: <http://www.st.com/stonline/domains/support/edemoroom/index.htm>



czynnika wypełnienia użytkownik może ustalić także częstotliwość generowanego sygnału, czas narastania i opadania wartości współczynnika PWM oraz czasu włączania i wyłączania sterowanych obciążeń. Znacznie bardziej rozbudowane funkcjonalnie PWM-y zastosowano w najnowszych układach STMPExxM31 – 8 niezależnie programowanych kontrolerów PWM umożliwia sterowanie do 16 obciążeń, z rozdzielczością 16 kroków. Częstotliwość taktowania PWM wynosi 32 kHz, a użytkownik może zdefiniować czas płynnego narastania/opadania wartości współczynnika PWM (rys. 3), za co odpowiada kontroler wbudowany w układy.

Linie GPIO kontrolerów są zabezpieczone przed wyładowaniami ESD, dzięki czemu minimalizowane jest ryzyko uszkodzenia kontrolera podczas dotykania pól czujnikowych lub zbliżenia do nich palców.

Prezentowane kontrolery wyposażone są w zaawansowane systemy kalibracji i kompensacji zmian parametrów otoczenia, które umożliwiają m.in. indywidualną konfigurację poszczególnych kanałów czujnikowych, co ułatwia dostosowanie ich czułości do wymagań aplikacji. Są to cztery konfigurowalne mechanizmy:

- AFS – *Advanced Data Filtering*,
- ETC – *Environment Tracking Calibration*,

Czemu pojemność?

Producenci urządzeń elektronicznych opracowali wiele różnych sposobów zastąpienia tradycyjnych włączników ich wersjami elektronicznymi – krótkie charakterystyki dostępnych rozwiązań przedstawiono w tabeli poniżej. Ich najkrótsze podsumowanie brzmi: żadne nie jest doskonałe, ale ich cechy użytkowe są już co najmniej wystarczające dla wielu otaczających nas aplikacji. Ze względu na walory użytkowe i niską cenę implementacji, w ostatnich trzech latach nastąpiła eksplozja zainteresowania rozwiązaniami „pojemnościowymi”, bazującymi na wykrywaniu zmian pojemności obciążającej pole udające przycisk przełącznika. Producenci układów oferują obecnie zarówno dyskretne kontrolery pojemnościowych klawiatur i nastawników różnego typu, ale kilka firm wybrało inną drogę: wyposażają oferowane przez siebie mikrokontrolery w wewnętrzne kontrolery klawiatur pojemnościowych, których użycie jest równie proste jak popularnych interfejsów typu I²C, SPI itp. Dobierając do aplikacji konkretny typ kontrolera trzeba pamiętać, że sposoby detekcji dotyku stosowane przez producentów są różne (przynajmniej w większości przypadków), co może objawiać się nieco innymi cechami użytkowymi.

Podstawowe cechy systemów detekcji dotyku/zbliżenia

Cecha/parametr	Podczerwień	Mikrofale	RF	Stała dielektryczna	Rezystancja	Pojemność
Zasięg do...	...kilku metrów	...kilku metrów	...kilku centymetrów	...kilku milimetrów	...kilku milimetrów	...kilku milimetrów
Obudowa urządzenia	Przeźroczysta	Nieprzewodząca	Nieprzewodząca	Nieprzewodząca	Przewodząca	Nieprzewodząca
Koszt	Średni	Bardzo wysoki	Wysoki	Wysoki	Niski	Niski
Odporność na zakłócenia środowiskowe	Średnia	Bardzo dobra	Bardzo dobra	Bardzo dobra	Średnia	Dobra
Niezawodność	Średnia	Dobra	Dobra	Dobra	Średnia	Dobra
Najważniejsze zalety	Duży zasięg	Wysoka niezawodność	Wysoka niezawodność	Wysoka precyzja	Niska cena, prostota wykonania	Niska cena, prostota wykonania
Najważniejsze wady	Ograniczenia konstrukcyjne obudowy	Wysoka cena	Wysoka cena	Wysoka cena	Niska trwałość	Konieczność stosowania prekalibracji

- TVR – *Touch Variance*,
- EVR – *Environmental Variance*.

Układy STMPE1208S mają linie czujników dotykowych oddzielone od linii GPIO, wyposażono je także w programowane generatory sygnałów akustycznych, służących do zasilania przetworników piezoceramicznych. Generatory te można wykorzystać np. do akustycznego potwierdzenia lub sygnalizacji naciśnięcia przycisku. Układy STMPE321 i STMPE821 wyposażono w linie współdzielone, podobnie jak w przypadku układów STMPExxM31, które w wersji STMPE24 wyposażono w grupę wejść pojemnościowych bez możliwości pracy jako GPIO.

Wszystkie „duże” układy (STMPE12/16/24) wyposażono w wejścia adresowe, za pomocą których można modyfikować ich adresy bazowe na magistrali I²C, co pozwala na wygodne tworzenie klawiatur/nastawników o dużej liczbie pól czujnikowych.

Układy prezentowane w artykule wyposażono w mechanizmy oszczędzania energii, w tym możliwość kontrolowanego przechodzenia w tryb *idle*, charakteryzujący się niską wewnętrzną częstotliwością taktowania oraz tryb *sleep* (lub *hibernate* – w STMPE321/821). Wyjście z trybu *idle* odbywa się automatycznie po wykryciu przez układy dotknięcia pola czujnikowego lub po odebraniu polecenia przesłanego magistralą I²C. Wybudzenie układów STMPE321/821 z trybu *hibernate* jest możliwe programowo lub przez dotknięcie pola czujnikowego. W przypadku układów STMPE1208S wybudzenie z trybu *sleep* jest możliwe tylko programowo, natomiast układy STMPExxM31 mogą być budzone za pomocą zbliżenia palca do pola czujnikowego, a dodatkowo aktywne są generatory PWM.

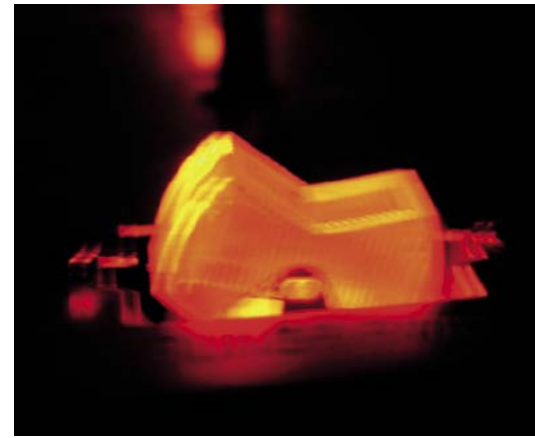
Zgodnie z informacjami zawartymi w notach katalogowych układy w poszczególnych trybach pracy pobierają:

- STMPE321 (odpowiednio: *active/sleep/hibernate*): 280 mA/27 mA/1,8 mA,
- STMPE821 (odpowiednio: *active/sleep/hibernate*): 40...350 mA/25 mA/4 mA,
- STMPE1208S (odpowiednio: *active/idle/sleep*): 100 mA/60 mA/0,1 mA,
- STMPExxM31 (odpowiednio: *active/sleep/hibernate*): 400 mA/50 mA/5 mA,

Oszczędzaniu energii sprzyjają także niskie napięcia zasilania układów oraz wbudowane w nie stabilizatory LDO: 1,8 V w układach STMPE821 i STMPExxM31 oraz 2,5 V w STMPE1208S. W przypadku wykorzystania wewnętrznych stabilizatorów napięcia obydwa układy mogą pracować z napięciami zasilającymi o wartości z przedziału od 3 do 5,5 V.

Jak widać, konstruktorzy prezentowanych układów zapewnili nie tylko ich dużą

elastyczność (pod względem konfiguracji zasilania), ale zoptymalizowali je także pod kątem minimalizacji start energii. Całość wygląda niezwykle zachęcająco, z jednym kłopotliwym „drobiazgiem”: obydwa układy są oferowane w obudowach QFN z wyprowadzeniami rozmieszczonymi co 0,4 mm, czyli mogą być kłopotliwe w montażu, z drugiej jednak strony zajmują bardzo mało miejsca na powierzchni PCB (i dzięki niewielkim wysokościom swoich obudów od 0,25 mm do 0,85 mm – w wewnętrznej objętości obudów urządzeń).

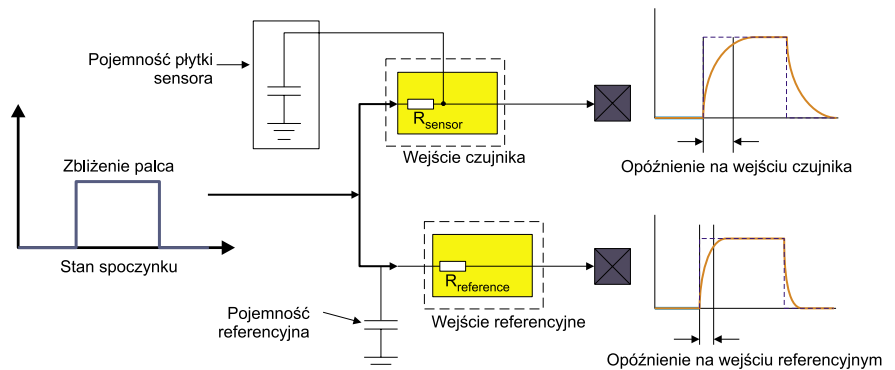


Perspektywy

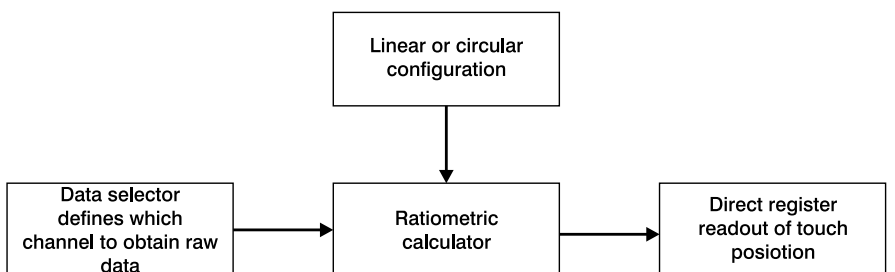
Nie trzeba nikogo przekonywać, że bezstykowe interfejsy użytkownika zdobywają świat, czego przykłady możemy znaleźć w wielu urządzeniach codziennego użytku: telefonach komórkowych, sprzęcie AGD, notebookach, odtwarzaczach MP3/MP4 itp. Półprzewodnikowe kontrolery klawiatur dotykowych będą stopniowo poszerzać swoje obszary aplikacyjne, w czym drobną przeszkodą – w realiach małych firm działają-

cych w naszym kraju – są nie najłatwiejsze w montażu (w przeciętnych warunkach) miniaturowe obudowy (QFN). Nie zmienia to faktu, że stopniowo trafią one także pod konstruktorskie „strzechy”, również w typowych dla naszego rynku aplikacjach niskonakładowych.

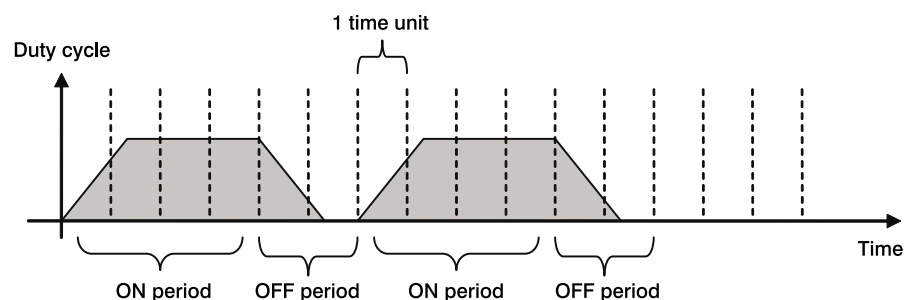
Tomasz Starak



Rys. 1. Zasada działania czujników zastosowanych w układach S-Touch



Rys. 2. Układy STMPExxM31 wyposażono w wewnętrzny przelicznik ratiometryczny, który upraszcza określenie położenia palca na nastawniku suwakowym lub obrotowym



Rys. 3. Generatory PWM w budowane w układy STMPExxM31 wyposażono w autonomiczny system zapewniający płynne narastanie/opadanie wartości współczynnika wypełnienia sygnału wyjściowego