



# Mikrokontrolery Flexis

## Precyzyjne pomiary w urządzeniach medycznych

*Ważnym komponentem wielu urządzeń medycznych jest przetwornik analogowo-cyfrowy. W blokach pomiarowych i kontrolnych przetwarzają one sygnały analogowe do postaci cyfrowej, w której mogą być łatwo analizowane, przechowywane oraz przesyłane. Do pomiarów wykonywanych przez mikrokontrolery z przetwornikami A/C w urządzeniach medycznych należą pomiary napięcia albo natężenia prądu, gdyż są to zazwyczaj sygnały wyjściowe różnego rodzaju przetworników wielkości nieelektrycznych.*

Dobór mikrokontrolera oraz przetwornika A/C dla przetwarzania sygnału w projektowanej aplikacji nie jest zadaniem łatwym. Głównym czynnikiem decydującym o wyborze przetwornika będzie jego rozdzielczość. Należy jednak wziąć pod uwagę także jego maksymalną częstotliwość próbkowania, liniowość charakterystyki przetwarzania, szumy oraz inne parametry determinujące błędy pomiaru. Zależność błędów pomiaru od parametrów przetwornika A/C musi być dokładnie przeanalizowana przed jego wyborem lub selekcją mikrokontrolera wyposażonego w przetwornik A/C.

### 8- i 16-bitowe mikrokontrolery Flexis MM:

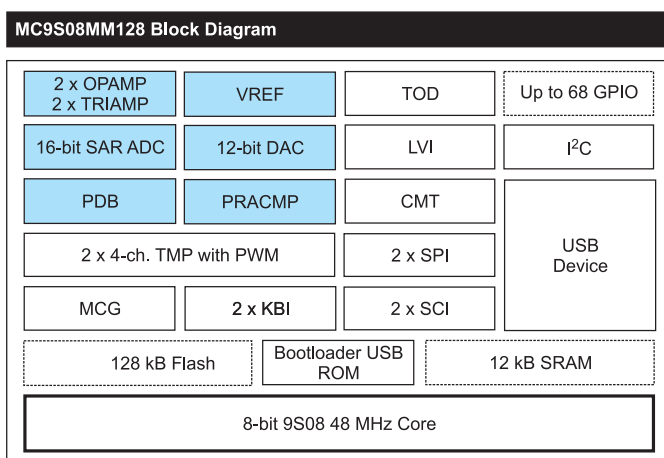
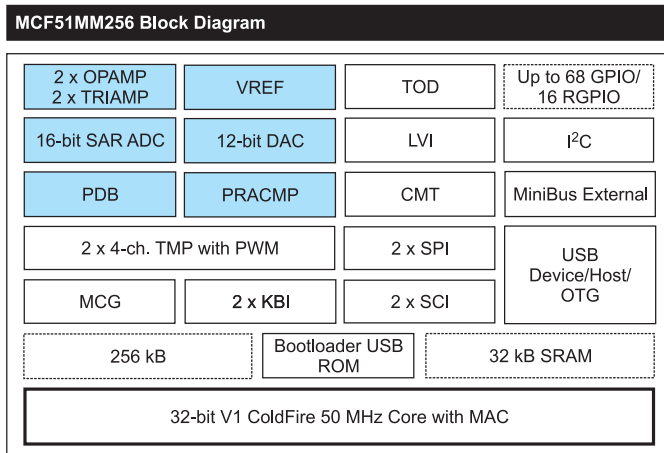
- zgodne pod względem wyprowadzeń dla obudów 80 LQFP i 81 MAPBGA,
- taka sama obsługa programowa peryferiów umożliwia ponowne użycie kodu w nowym projekcie,
- wspólne programowo-sprzętowe narzędzia projektowe,
- 32-bitowe  $\mu$ C Flexis MM mają dodatkowo USB OTG.

W ofercie firmy Freescale są 8- i 32-bitowe mikrokontrolery Flexis, których parametry spełniają wymagania urządzeń medycznych. Ponadto, są one wyposażone w dedykowaną dla tych urządzeń analogową jednostkę pomiarową.

Jej sercem jest 16-bitowy przetwornik A/C typu SAR. Ma on wymaganą w urządzeniach medycznych rozdzielczość i częstotliwość próbkowania. W aplikacjach tego rodzaju są bowiem zazwyczaj stosowane przetworniki 16-bitowe. Zapewniają one efektywną liczbę bitów na poziomie 13,5 (dla 4 par wejść różnicowych przy częstotliwości próbkowania  $\geq 100$  kHz). Efektywna liczba bitów jest rzeczywistą dokładnością danego przetwornika A/C. Zaleca się, aby przetwornik A/C przed wykonywaniem jakichkolwiek pomiarów (po każdym włączeniu urządzenia) został skalibrowany, aby zwiększyć ich dokładność.

Ważnym parametrem w aplikacjach medycznych jest prędkość przetwarzania. Jest ona bezpośrednio związana z liczbą kanałów próbkowania.

Oprócz przetwornika A/C jednostka pomiarowa jest wyposażona w inne przydatne bloki funkcjonalne:



Rysunek 1. Schemat blokowy a) 32- i b) 8-bitowych mikrokontrolerów Flexis

- Programowalny Blok Opóźniający (PDB). Jak już wspomniano, najczęściej wykonywany jest pomiar napięcia lub natężenia prądu. Jednak w wielu urządzeniach równocześnie mierzone są obie wielkości i często dochodzi do sytuacji, gdy widoczne jest przesunięcie w czasie próbek napięcia względem próbek natężenia prądu. Blok opóźniający umożliwia zsynchronizowanie przetwarzania obu próbek. Zmniejsza się wtedy liczba przerwania procesora potrzebnych do odczytu kolejnych próbek. Blok ten przyczynia się więc do zwiększenia ogólnej wydajności przetwornika, a także do zwiększenia dokładności pomiaru przez możliwość zdefiniowania stałych odstępów czasu, w których zbierane są próbki.
- Programowalny komparator analogowy (AMCP) umożliwia programową zmianę wewnętrznego napięcia odniesienia.
- 12-bitowy przetwornik C/A.
- Wbudowane wzmacniacze operacyjne umożliwiające dostosowanie amplitudy sygnału wejściowego do zakresu pomiarowego (zmniejsza się powierzchnia płytki drukowanej).

Mikrokontrolery Flexis MM charakteryzują się pracą z obniżonym zapotrzebowaniem na energię. Mają przy tym duży zestaw peryferiów (m.in. wbudowany kontroler interfejsu USB) i możliwości funkcjonalne, dzięki którym idealnie nadają się do stosowania w przenośnych urządzeniach medycznych.

Projektanci urządzeń medycznych mogą też łatwo dołączyć do mikrokontrolerów Flexis wyświetlacze LCD. W nocy aplikacyjnej AN3124 opisano sposób sterowania wyświetlaczami LCD za pośrednictwem wyprowadzeń GPIO. Dostępny jest też zestaw TWR-LCD, w którym mikrokontroler Flexis steruje za pośrednictwem interfejsu SPI pracą 3,5 calowego wyświetlacza graficznego z ekranem dotykowy. Firma Freescale oferuje projekty referencyjne oraz przykładowe programy obsługi segmentowych i graficznych wyświetlaczy LCD.

Wymienione peryferia dostępne są zarówno w 8-bitowych (rodzina MC9S08MM) jak i 32-bitowych (MCF51M) mikrokontrolerach firmy Freescale. Układy 8-bitowe z rodziny Flexis oznaczone symbolem MM mają swoje 32-bitowe odpowiedniki pod względem funkcji wyprowadzeń oraz wbudowanych peryferiów. Są one również obsługiwane przez jedno środowisko programistyczne. Takie podejście umożliwia dobranie odpowiedniego mikrokontrolera do projektowanej aplikacji: taniego, 8-bitowego lub 32-bitowego o większej wydajności.

Do układów oznaczonych symbolem MM256/128, podobnie jak do innych mikrokontrolerów USB z oferty firmy Freescale, producent oferuje pomoce programowe i sprzętowe. Wśród nich jest system operacyjny typu RTOS Freescale MQX. Zawiera on programowy stos USB dla układów MCF51MM. Stos USB obsługuje wiele popularnych klas urządzeń USB, takich jak: HID (interfejs użytkownika), MSD (pamięci masowe) czy CDC (urządzenia komunikacyjne), jak również specjalistyczną klasę osobistych urządzeń medycznych (PHDC). Stos ten może być również uruchamiany bez systemu MQX. Jest on wtedy obsługiwany zarówno przez układy 32-bitowe jak i 8-bitowe.

Aby wesprzeć inżynierów przy projektowaniu aplikacji z wyświetlaczem graficznym, firma Freescale opracowała bibliotekę programistyczną eGUI (*enhanced Graphical User Interface*). Zawiera ona funkcje tworzenia graficznego interfejsu użytkownika (GUI), w tym popularne w wielu urządzeniach HMI kontrolki, dzięki którym znacznie skracą się czas tworzenia GUI urządzenia. Biblioteka eGUI jest dostępna bezpłatnie, a jej kod źródłowy może być dowolnie zmieniany przez użytkownika.

### Przykładowa aplikacja

Wszystkie przenośne, domowe urządzenia medyczne muszą charakteryzować się długą pracą z zasilaniem baterijnym, krótkim czasem wykonywania pomiarów, wydajną jednostką obliczeniową oraz możliwością komunikacji zarówno przewodowej jak i bezprzewodowej.

Diabetycy muszą ciągle sprawdzać poziom glukozy we krwi, aby w miarę potrzeb wyrównać jego poziom. Z tego powodu na rynku medycznym pojawiły się produkty ułatwiające pacjentom monitorowanie poziomu glukozy. Firma Freescale opracowała przykładową aplikację przenośnego glukometru. Urządzenia tego typu są zasilane z baterii i mają stosunkowo prosty interfejs użytkownika. Zdecydowana większość obecnie produkowanych glukometrów ma wbudowany zegar oraz pamięć, a wiele umożliwia także przesyłanie danych do komputera PC, a nawet bezpośrednio do lekarza poprzez sieć telefoniczną. Niektóre urządzenia są wyposażone w mały silniczek DC, który wysuwa niewielką igłę w celu pobrania krwi z palca pacjenta. Reakcje chemiczne zachodzące w pobranej próbce krwi wytwarzają prąd, którego natężenie odpowiada poziomowi glukozy. Należy zaznaczyć, że typowy poziom glukozy w krwi jest rzędu kilku mg/dL. Odczyt poziomu glukozy może trwać do kilku sekund, gdyż wartość mierzonego natężenia prądu musi się ustabilizować. Ważnym parametrem jest dokładność domowych glukometrów, gdyż muszą one spełniać wymogi zdefiniowane w normie ISO 15197, która dokładnie specyfikuje dopuszczalne błędy pomiarowe w glukometrach.

Do czynników mających wpływ na dokładność pomiarów należy zaliczyć kalibrację urządzenia i dostosowanie do temperatury otoczenia, wielkość i jakość pobranej próbki krwi, wysoki poziom we krwi substancji innych niż glukoza, hematokryt (stosunek objętości skoagulowanych erytrocytów do objętości całej krwi), zabrudzenia czujnika, wilgotność powietrza oraz starzenie się pasków używanych w pomiarach. Kryterium dokładności pomiarów tyczy się całego urządzenia elektronicznego, jednakże przyjmuje się, że przetwornik A/C musi mieć 16-bitową rozdzielczość oraz efektywną liczbę bitów większą od 13,5 (przy czterech parach wejść różnicowych) oraz częstotliwość próbkowania powyżej 100 kHz. Większość producentów ma własne sposoby na zwiększenie dokładności pomiarów poziomu glukozy, jednakże powyższe wartości parametrów, które muszą mieć przetworniki A/C, są przytaczane najczęściej.

Artykuł udostępniony przez Farnell we współpracy z Freescale.