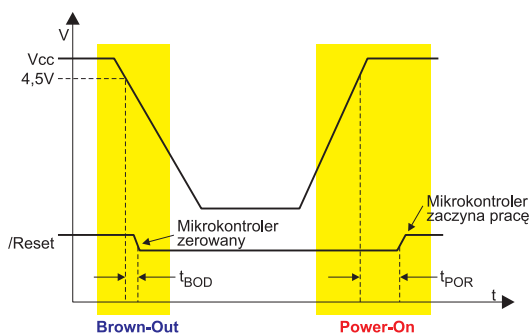


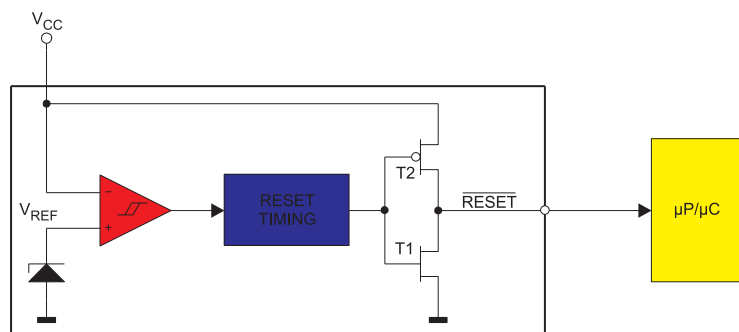
Układy nadzorujące pracę systemów cyfrowych, część 1

Właściwy dobór układu nadzorującego pracę systemu cyfrowego jest coraz trudniejszy zważywszy na fakt, iż coraz więcej funkcji integruje się wewnątrz jednego układu scalonego. Bloki funkcjonalne, takie jak generator sygnału zerującego, watchdog, kontroler napięcia zasilającego, układ podtrzymywania zasilania RAM są coraz bardziej skomplikowane i wybór układu, który realizowałby narzucony przez projekt zestaw funkcji nie jest sprawą trywialną. Niniejszy artykuł ma pomóc czytelnikom w pełniejszym poznaniu struktury wewnętrznej oraz zasady działania poszczególnych bloków funkcjonalnych oraz w doborze odpowiedniego układu w zależności od aplikacji.

Artykuł został napisany w taki sposób, że na początku znajdują się informacje najbardziej elementarne, które zapewne dla większości czytelników są dobrze znane. Przechodząc przez kolejne akapity czytelnik zapozna się z coraz bardziej skomplikowanymi blokami funkcjonalnymi stosowanymi do nadzorowania pracy aplikacji. Na końcu artykułu podano kilka przykładów zastosowania elementów wybranych z oferty firmy STMicroelectronics, realizujących opisane wcześniej funkcje.



Rys. 1.

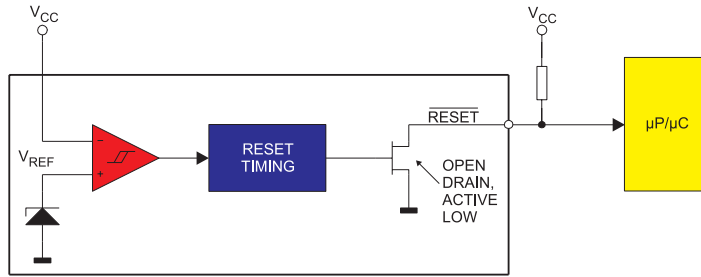


Rys. 2. Schemat blokowy generatora sygnału zerującego z wyjściem *push-pull*

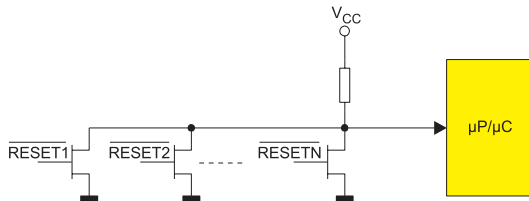
Podstawowa funkcjonalność

Zasadniczą funkcją każdego generatora sygnału zerującego jest wytworzenie odpowiedniego sygnału w zależności od wartości napięcia zasilającego lub stanu monitorowanego wejścia. Tę bardzo ogólną definicję prześledzimy na przykładzie pokazanym na **rys. 1**. Założmy, że układ jest zasilany napięciem o wartości nominalnej 5 V i napięcie to jest monitorowane. Założmy także, że układ znajduje się w stanie normalnym, tj. napięcie wynosi dokładnie 5 V. W pewnym momencie napięcie zaczyna zanikać. W momencie kiedy spadnie do progu zadziałania układu (w tym przypadku 4,5 V),

po czasie t_{BOD} wyjście /RESET zostaje ustawione w stan niski. Czas opóźnienia t_{BOD} wynika z konstrukcji układu detekcji napięcia, założonej histerezy, czasów propagacji etc. Zwykle wynosi kilka do kilkunastu mikrosekund. W tym momencie monitorowany system jest zatrzymywany. Po pewnym czasie (np. po ponownym włączeniu zasilania) napięcie zasilające zaczyna narastać. W realnej aplikacji może to być pierwszy etap działania generatora sygnału zerującego. Dopóki napięcie zasilania nie osiągnie progu zadziałania, tutaj 4,5 V, wyjście /RESET jest utrzymywane w stanie niskim (aktywnym). Po osiągnięciu napięcia 4,5 V zaczyna się odliczanie czasu zerowania t_{POR} . Czas ten jest różny w zależności od układu



Rys. 3. Schemat blokowy generatora sygnału zerującego z wyjściem *open drain*



Rys. 4. Układy z wyjściami *open drain* można łączyć równoległe

i może się wahać od kilku mikrosekund do kilkuset milisekund. Po tym czasie następuje ustawienie wyjścia /RESET w stan wysoki (koniec zerowania).

Teraz przyjrzymy się praktycznym rozwiązaniom układowym stopni wyjściowych, stosowanych w generatorach sygnałów zerujących. Największą popularnością cieszą się dwa ich typy: *push-pull* oraz *open drain*. Schematy blokowe generatorów z takimi wyjściami pokazano na rysunkach **rys. 2 i 3**.

W obydwu układach jest zawarty komparator, który porównuje napięcie zasilania z napięciem referencyjnym. Napięcie referencyjne zazwyczaj jest wytwarzane wewnątrz generatora sygnału zerującego, aczkolwiek istnieją układy, w których napięcie to jest podawane z zewnątrz. Wyjście z komparatora jest podawane na układ generacji czasu trwania sygnału zerującego. Układ ten steruje tranzystorami lub tranzystorem wyjściowym. W układzie z wyjściem *push-pull* zawsze przewodzi jeden z tranzystorów T1 lub T2. Uzyskujemy w ten sposób stan niski (poziom masy układu) lub wysoki (poziom zasilania) na wyjściu /RESET. W przypadku wyjścia typu *open drain* mamy tylko jeden tranzystor, który może być otwarty lub zamknięty. Żeby wymusić stan wysoki na linii /RESET, niezbędne jest dodanie zewnętrznego rezystora, np. 47 kΩ, dołączonego do V_{CC} .

Tutaj mała uwaga: większość generatorów z wyjściami typu *open drain* zawiera tranzystor N-kanałowy,

ale należy mieć świadomość, że istnieje grupa układów z tranzystorem P-kanalowym. W takim wypadku zewnętrzny rezystor należy dołączyć do masy.

Teraz porównamy wady i zalety obydwu rozwiązań. Pierwszą cechą która je różni jest możliwość łączenia równoległego. Układów *push-pull* w zasadzie nie daje się łączyć, bądź wymaga to stosowania dodatkowych elementów. Układy *open drain* natomiast dają się łączyć bez problemu. Jest to przykładowo pokazane na **rys. 4**. Takie połączenie umożliwia monitorowanie kilku napięć, np. 5 V oraz 3,3 V i wygenerowanie sygnału zerującego jeśli zaniknie jedno z nich.

Następną cechą, która różni te układy jest szybkość działania. Układy *push-pull* „z definicji” reagują szybciej na zmiany wartości monitorowanego napięcia. Wynika to z tego, że zarówno ładowanie i rozładowanie pojemności wewnętrznej układu wejściowego mikrokontrolera odbywa się poprzez otwarty kanał tranzystora MOSFET. W przypadku *open drain* ładowanie odbywa się poprzez zewnętrzny rezystor. Tak więc mamy do czynienia ze standardowym układem RC, którego stała czasowa zależy w dużym stopniu od wybranego R (ponieważ C jest zazwyczaj stałe).

Ostatnią różnicą jest prąd płynący w obwodzie w stanie ustalonym.

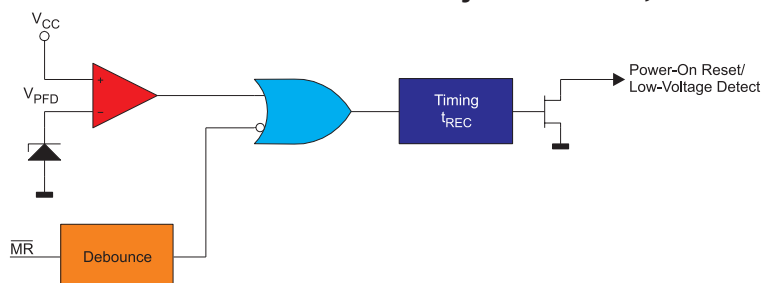
W przypadku *push-pull* efekt ten jest do pominięcia. Prąd płynie tylko w momencie przełączania pomiędzy stanami. Natomiast w układzie *open drain* w stanie aktywnym (otwarty tranzystor) płynie prąd, którego natężenie jest silnie zależne od wartości R. Tu niestety występuje sprzeczność interesów: duża wartość R zmniejsza prąd w stanie aktywnym, ale zwiększa czas przejścia ze stanu zerowania do stanu normalnego. I odwrotnie mała wartość R zwiększa prąd w stanie aktywnym, ale powoduje szybsze wyłączenie sygnału zerującego.

Dodatkowe wejście zerowania ręcznego

W niektórych przypadkach zachodzi potrzeba ręcznego sprowadzenia urządzenia do ustalonego stanu początkowego. Oczywiście można to zrobić na wiele sposobów, np. wprowadzając linię z przycisku bezpośrednio na wejście zerujące mikrokontrolera. Nie jest to metoda godna polecenia, chociażby z uwagi na brak eliminacji drgań zestyków przycisku. O wiele lepszym rozwiązaniem jest użycie układu z dedykowanym wejściem zerowania ręcznego. Przykładowy schemat blokowy takiego generatora pokazano na **rys. 5**. Wejście zerujące może być dołączone zarówno do przełącznika, jak i do wyjścia innego układu. W ten sposób można układy zerujące łączyć kaskadowo.

Sygnał z przycisku jest podawany poprzez układ eliminacji drgań zestyków oraz bramkę na wejście układu generacji czasu trwania impulsu zerującego. Z punktu widzenia mikrokontrolera nie ma znaczenia, co spowodowało zerowanie. Za każdym razem jego parametry (czas trwania, poziomy napięcie, etc.) będą takie same.

Na podstawie materiałów firmy **STMicroelectronics** przygotował **Jerzy Baratowicz, ST**



Rys. 5. Układ generatora sygnału zerującego z dedykowanym wejściem zerowania ręcznego