

Układy zerujące do urządzeń cyfrowych, część 2

Zgodnie z zapowiedzią z poprzedniego numeru EP, w tej części artykułu skupimy się na prezentacji układów scalonych integrujących w jednej strukturze systemu kontroli napięcia zasilającego wraz z innymi modułami peryferyjnymi, które są często wykorzystywane w systemach mikroprocesorowych.

W pierwszej części artykułu przedstawiliśmy trzy podstawowe grupy układów: standardowe układy zerujące, układy zerujące zintegrowane z watchdogiem oraz układy zerujące z wbudowanymi komparatorami, umożliwiającymi wczesne wykrycie zaniku napięcia zasilającego.

W tej części zajmiemy się układami o nieco większych możliwościach.

Dbamy o pamięć

Kolejnym rozszerzeniem możliwości układów nadzorujących było dodanie automatycznego przełącznika, który pozwala na zmianę źródła zasilania systemu po wykryciu zaniku napięcia źródła podstawowego. Zasilanie awaryjne dostarczane jest zazwyczaj do pamięci SRAM, które służą do przechowywania istotnych danych systemowych.

Przykładem układu zerującego, połączonego z supervisorem napięcia zasilającego, może być układ MAX791, którego schemat aplikacyjny przedstawiono na rys. 17. Układ ten integruje w jednej strukturze kompletny układ zerowania (komparator napięcia zasilania (umożliwiający wczesne wykrycie zaniku napięcia), automatyczny przełącznik zasilania, który pozwala podtrzymać zawartość systemowej pamięci SRAM oraz timer-watchdog. Układ MAX791 nie jest już jednak produkowany.

Podobny, konstrukcyjnie jest nowszy układ, noszący oznaczenie MAX808 (jego schemat blokowy znajduje się na rys. 18). Układ ten jest pozbawiony watchdoga, obniżono natomiast w znacznym stopniu rezystancję przejścia przełącznika półprzewodnikowego, który służy do wyboru źródła zasilania.

Bardziej rozbudowaną wersją układu MAX808 jest układ MAX801. Rozszerzenie możliwości tego układu obejmuje elementy zaznaczone szarym wypełnieniem na rys. 18, tzn. watchdog oraz blok sterowania sygnałem zezwolenia na dostęp do pamięci !CE (ang. Chip Enable). W chwili przełączania zasilania na bateryjne, na wejście !CE

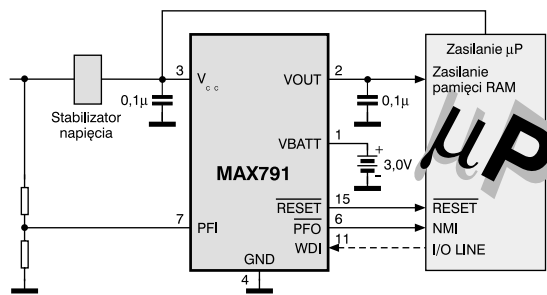
„1“, co powoduje, że nie będzie możliwy ani odczyt, ani modyfikacja jej zawartości. Tak więc, oprócz zapewnienia ciągłości zasilania, układ ten pozwala ograniczyć ryzyko błędnych, przypadkowych wpisów, których może dokonać procesor wraz z opadaniem napięcia zasilającego.

Na rys. 19 przedstawione zostały przebiegi na wejściach i wyjściach MAX801, które ułatwią analizę działania tego układu. Jak widać, nawet chwilowe obniżenie się napięcia zasilającego poniżej wartości bezpiecznej dla pracy systemu powoduje zablokowanie pracy pamięci RAM.

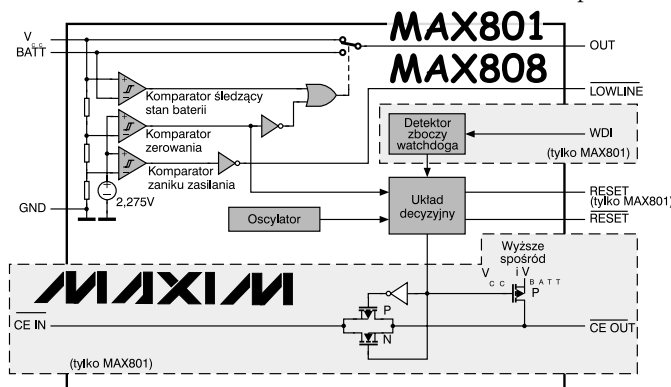
Jeszcze inne rozwiązanie zaproponowali konstruktorzy układów MAX691A i pochodnych (schemat blokowy na rys. 20). We wnętrzu tego układu zintegrowano komplet bloków realizujących wszystkie dotychczas przedstawione funkcje, tzn. zerowanie systemu, kontrolę napięcia zasilającego, automatyczne przełączanie na zasilanie bateryjne, programowany timer-watchdog, blokadę zapisu pamięci SRAM oraz wczesne wykrywanie zaniku zasilania podstawowego. W odróżnieniu od układu MAX801, układ MAX691A ma osobne wyjście watchdoga. Dzięki temu system mikroprocesorowy może wykryć zawieszenie się programu i podjąć akcję ratunkową. W przypadku MAX801 przepełnienie watchdoga powoduje zerowanie procesora, co nie zawsze jest rozwiązaniem bezpiecznym.

Na rys. 21 został przedstawiony podstawowy schemat aplikacyjny układu MAX691A (i pochodnych). W przypadku, gdy prąd pobierany przez układy zasilane poprzez wbudowany w strukturę układu klucz prądowy przekracza 250mA, możliwe jest zastosowanie zewnętrznego wzmacniacza w postaci tranzystora pnp, który na schemacie z rys. 21 otoczono szarym kołem. Wyjścia !LowLine i !WDO zostały wykorzystane do określenia stanu systemu - można do nich dołączyć wskaźniki świetlne lub akustyczne (jako druga opcja na rys. 21).

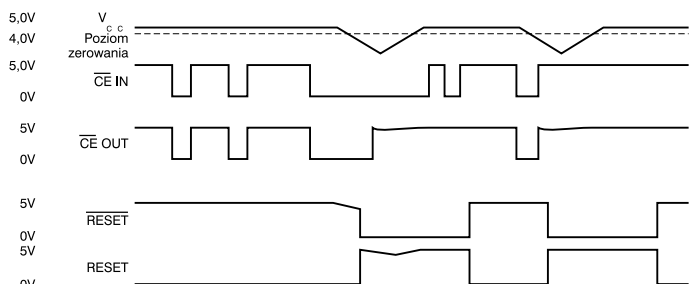
Coraz silniejszy trend „przechodzenia“ w systemach cyfrowych na zasilanie 3,3V spowodował, że produkowane są także specjalizowane układy zerujące dla systemów niskonapięciowych. Na rys. 22 przedstawiony został schemat aplikacyjny układów MAX690T i pochodnych. Struktura wewnętrzna tych układów jest identyczna



Rys. 17.



Rys. 18.



Rys. 19.

Oznaczenie układu	Napięcie zasilania [V]	Czas trwania sygnału zerującego [ms]	Wyjścia zerujące o polaryzacji dodatniej/ujemnej	Typ wyjścia	Watchdog	Współpraca z przyciskiem zerowania ręcznego	Wbudowany system przełączania na zasilanie bateryjne	Inne	Obudowa
DS1231	5	500	+/-	OD	-	-	-	Kontrola zaniku napięcia zasilającego - sygnalizacja NMI	DIP8/SOIC16
DS1232	5	610	+/-	OD	+	+	-	Kontrola zaniku napięcia zasilającego	DIP8/SOIC16/SOIC8 (tylko wersja LPS)
DS1233	3,3/5	350	-/+	5kΩ pull-up	-	+	-	-	T092/SOT223
DS1236	5	100	+/-	push-pull	+	+	+	Kontrola zaniku napięcia zasilającego - sygnalizacja NMI. Kontrola stanu baterii. Zabezpieczenie pamięci RAM przed zapisem po zaniku zasilania.	DIP16/SOIC16
DS1238	5	85	+/-	push-pull	+	+	+	Kontrola zaniku napięcia zasilającego - sygnalizacja NMI. Kontrola stanu baterii. Zabezpieczenie pamięci RAM przed zapisem po zaniku zasilania.	DIP16/SOIC16
DS1705	3,3	205	+ (tylko w wersji L i P)/+	push-pull	+	+	-	Kontrola zaniku napięcia zasilającego - sygnalizacja NMI	DIP8/SOIC8μSOP8
DS1706	5	205	+ (tylko w wersji L i P)/+	push-pull	+	+	-	Kontrola zaniku napięcia zasilającego - sygnalizacja NMI	DIP8/SOIC8μSOP8
DS1707	3,3	205	+/-	push-pull	-	+	-	Kontrola zaniku napięcia zasilającego - sygnalizacja NMI	DIP8/SOIC8μSOP8
DS1708	5	205	+/-	push-pull	-	+	-	Kontrola zaniku napięcia zasilającego - sygnalizacja NMI	DIP8/SOIC8μSOP8
DS1810	5	150	-/+	push-pull	-	-	-	-	T092/SOT23
DS1811	5	150	-/+	5kΩ pull-up	-	-	-	-	T092/SOT23/SOT223
DS1812	5	150	+/-	push-pull	-	+	-	-	T092/SOT23
DS1813	5	150	-/+	5kΩ pull-up	-	+	-	-	T092/SOT23
DS1815	3,3	150	-/+	push-pull	-	+	-	-	T092/SOT23
DS1816	3,3	150	-/+	5kΩ pull-up	-	-	-	-	T092/SOT23
DS1817	3,3	150	+/-	push-pull	-	-	-	-	T092/SOT23
DS1818	3,3	150	-/+	5kΩ pull-up	-	+	-	-	T092/SOT23
DS1832	3,3	610	+/-	push-pull	+	+	-	Sygnalizacja zaniku napięcia zasilającego, możliwość ustawienia tolerancji zadziałania komparatora napięcia.	DIP8/SOIC8
DS1833	5	350	+/-	5kΩ pull-up	-	-	-	-	T092/SOT223
DS1834	3,3/5	350	-/+	push-pull	-	+	-	Podwójny kontroler napięć 3,3V oraz 5V. Ma dwa niezależne wejścia kontrolne i dwa niezależne wyjścia zerujące. Istnieje możliwość ustalenia tolerancji progu zadziałania.	DIP8/SOIC8
DS1836	3,3/5	350	+ (wersje B i D)/+ (wersje A i C)	push-pull	-	-	+	Kontrola zaniku napięcia zasilającego - sygnalizacja NMI	DIP8/SOIC8
MAX690	3,3/5	200	-/+	push-pull	+	-	+	Układ wykrywania zaniku napięcia zasilającego.	DIP8/SO8
MAX692	5	200	-/+	push-pull	+	-	+	Układ wykrywania zaniku napięcia zasilającego.	DIP8/SO8
MAX696	5	35	+/-	push-pull	+	-	+	Czasy trwania sygnałów wyjściowych i próg zadziałania komparatora można zmieniać.	DIP16/SO16
MAX697	5	35	+/-	push-pull	+	-	-	Wbudowany układ zabezpieczenia pamięci RAM przed zapisem. Czasy trwania sygnałów wyjściowych i próg zadziałania komparatora można zmieniać.	DIP16/SO16
MAX700	5	200	+/-	push-pull	-	+	-	Możliwość regulacji progu zadziałania komparatora napięcia.	DIP8/SO8
MAX701	5	200	+/-	push-pull	-	+	-	-	DIP8/SO8
MAX702	5	200	-/+	push-pull	-	+	-	-	DIP8/SO8
MAX703/704	5	200	-/+	push-pull	-	+	+	Wbudowany komparator wykrywający zanik napięcia zasilającego.	DIP8/SO8
MAX705/706/813L	5	200	+ (MAX813L)/+ (MAX705/706)	push-pull	+	+	-	Kontrola zaniku napięcia zasilającego - sygnalizacja NMI	DIP8/SO8μSOP8
MAX707/708	5	200	+/-	push-pull	-	+	-	Kontrola zaniku napięcia zasilającego - sygnalizacja NMI	DIP8/SO8μSOP8
MAX792/820	3,3/5	200	+/-	push-pull	+	+	-	Czas reakcji watchdoga można programować. Wbudowany moduł kontroli napięcia zasilającego oraz zabezpieczenia pamięci RAM przed zapisem.	DIP16/SO16
MAX793/794	3,3	200	+/-	push-pull	+	+	+	Wbudowany układ kontroli stanu baterii oraz zabezpieczenia pamięci RAM przed zapisem. Kontrola zaniku napięcia zasilającego.	DIP16/SO16
MAX795	3,3	200	-/+	push-pull	-	-	+	Układ zabezpieczenia pamięci RAM przed zapisem.	DIP8/SO8
MAX801	5	200	+/-	push-pull	+	-	+	Układ wykrywania zaniku napięcia zasilającego.	DIP8/SO8
MAX802	5	200	-/+	push-pull	+	-	+	Układ wykrywania zaniku napięcia zasilającego.	DIP8/SO8
MAX804	3,3	200	+/-	push-pull	+	-	+	Układ wykrywania zaniku napięcia zasilającego.	DIP8/SO8
MAX805	5	200	+/-	push-pull	+	-	+	Układ wykrywania zaniku napięcia zasilającego.	DIP8/SO8
MAX806	3,3	200	-/+	push-pull	-	+	+	Układ wykrywania zaniku napięcia zasilającego.	DIP8/SO8
MAX807	5	200	+/-	push-pull	+	+	+	Kontroler stanu baterii. Zabezpieczenie przed zapisem pamięci RAM. Wskaźnik przełączenia na zasilanie bateryjne. Układ wykrywania zaniku napięcia zasilającego.	DIP16/SO16
MAX808	5	200	-/+	push-pull	-	-	+	Układ wykrywania zaniku napięcia zasilającego. Zabezpieczenie przed zapisem pamięci RAM.	DIP8/SO8
MAX809	3,3/5	200	-/+	push-pull	-	-	-	-	SOT23
MAX810	3,3/5	200	+/-	push-pull	-	-	-	-	SOT23

Uwagi:

1. W oznaczeniach układów nie uwzględniono dodatkowych znaków informujących o dopuszczalnych temperaturach pracy, wersji obudowy, itp.
2. Parametr "Napięcie zasilania" nie określa precyzyjnie napięcia pracy, wskazuje tylko w jakich systemach zaleca się stosowanie wybranego typu układu.
3. Podane parametry czasowe są średnimi wartościami katalogowymi.
4. "OD" oznacza wyjście typu otwarty dren. "OC" oznacza wyjście typu otwarty kolektor. "Push-pull" oznacza wyjście z dwoma tranzystorami, zwierającymi końcówkę wyjściową do plusa lub masy zasilania. "Pull-up" oznacza wyjście otwarty dren lub otwarty kolektor z wewnętrznym rezystorem "podwieszającym".

jak dla wersji przystosowanych do pracy w systemach zasilanych napięciem 5V. Najważniejsze modyfikacje polegają na przesunięciu punktów pomiarowych wewnętrznych komparatorów nieco w dół.

To nie wszystko...

Wydawać by się mogło, że już nic wię-

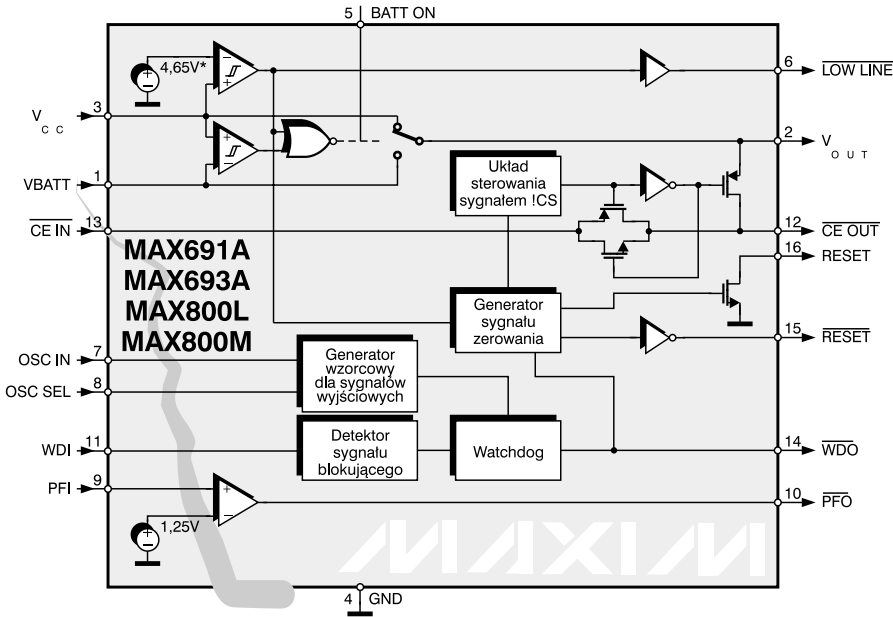
cej nie da się wymyśleć. Różnorodność konfiguracji dotychczas opisanych układów przypomina wprawdzie barokowy przepych, ale na początku okazało się, że pomysłowość projektantów układów scalonych posunęła się jeszcze dalej.

Inżynierowie firmy Xicor opracowali rodzinę układów integrujących w 8-końców-

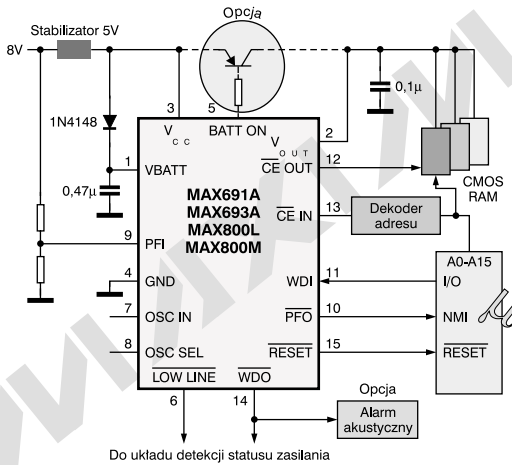
kowej obudowie układ zerujący z szeregową pamięcią EEPROM (X25168/9, X25328/9, X25648/9)

Dostęp do matrycy pamięciowej jest możliwy poprzez 4-przewodowy interfejs szeregowy SPI o dużej maksymalnej częstotliwości taktowania (do 2MHz). W zależności od wersji układu, pojemność pamię-

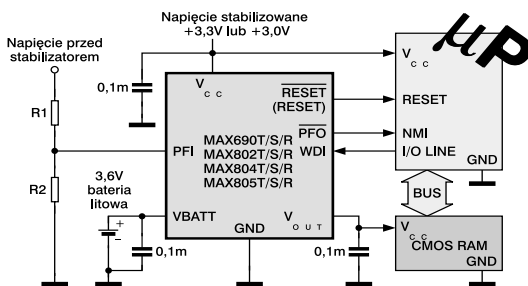
Oznaczenie układu	Napięcie zasilania [V]	Czas trwania sygnału zerującego [ms]	Wyjścia zerujące o polaryzacji dodatniej/ujemnej	Typ wyjścia	Watchdog	Współpraca z przyciskiem zerowania ręcznego	Wbudowany system przełączania na zasilanie bateryjne	Inne	Obudowa
MAX811	3,3/5	200	-/+	push-pull	-	+	-	-	SOT143
MAX812	3,3/5	200	+/-	push-pull	-	+	-	-	SOT143
MAX814	3,3/5	200	+/+	push-pull	-	+	-	Detekcja zaniku napięcia zasilającego.	DIP8/SO8
MAX815	3,3/5	200	-/+	push-pull	+	+	-	Detekcja zaniku napięcia zasilającego.	DIP8/SO8
MAX816	3,3/5	200	+/+	push-pull	-	+	-	Detekcja zaniku napięcia zasilającego. Możliwość regulacji progu zadziałania komparatorów.	DIP8/SO8
MAX817	5	200	-/+	push-pull	+	-	+	Detekcja zaniku napięcia zasilającego. Blok kontroli stanu baterii.	DIP8/SO8 μ MAX8
MAX818	5	200	-/+	push-pull	+	-	+	Zabezpieczenie pamięci RAM przed zapisem. Blok kontroli stanu baterii.	DIP8/SO8 μ MAX8
MAX819	5	200	-/+	push-pull	-	+	+	Detekcja zaniku napięcia zasilającego. Blok kontroli stanu baterii.	DIP8/SO8 μ MAX8
ADM690	5	50	-/+	push-pull	+	-	+	Detektor zaniku napięcia zasilającego.	DIP8
ADM691	5	50	+/+	push-pull	+	-	+	Detektor zaniku napięcia zasilającego. Zabezpieczenie pamięci RAM przed zapisem. Sygnalizacja zbyt niskiego napięcia zasilania. Możliwość zmiany czasu zadziałania watchdoga.	DIP16/SOIC16
ADM692	5	50	-/+	push-pull	+	-	+	Detektor zaniku napięcia zasilającego.	DIP8
ADM693	5	50	+/+	push-pull	+	-	+	Detektor zaniku napięcia zasilającego. Zabezpieczenie pamięci RAM przed zapisem. Sygnalizacja zbyt niskiego napięcia zasilania. Możliwość zmiany czasu zadziałania watchdoga.	DIP16/SOIC16
ADM694	5	200	-/+	push-pull	+	-	+	Detektor zaniku napięcia zasilającego.	DIP8
ADM695	5	50	+/+	push-pull	+	-	+	Detektor zaniku napięcia zasilającego. Zabezpieczenie pamięci RAM przed zapisem. Sygnalizacja zbyt niskiego napięcia zasilania. Możliwość zmiany czasu zadziałania watchdoga.	DIP16/SOIC16
ADM696	5	50	+/+	push-pull	+	-	+	Detektor zaniku napięcia zasilającego.	DIP16/SOIC16
ADM697	5	50	+/+	push-pull	+	-	-	Układ zabezpieczający pamięć RAM przed zapisem. Detektor zaniku napięcia zasilającego.	DIP16/SOIC16
ADM698	5	200	+/+ (SOIC16) -/+ (DIP8)	push-pull	-	-	-	-	DIP8/SOIC16
ADM699	5	200	+/+ (SOIC16) -/+ (DIP8)	push-pull	+	-	-	-	DIP8/SOIC16
ADM705	5	200	-/+	push-pull	+	+	-	Detektor zaniku napięcia zasilającego.	DIP8/SO8 μ SO8
ADM706	5	200	-/+	push-pull	+	+	-	Detektor zaniku napięcia zasilającego.	DIP8/SO8 μ SO8
ADM707	5	200	+/-	push-pull	-	+	-	Detektor zaniku napięcia zasilającego.	DIP8/SO8 μ SO8
ADM708	5	200	+/-	push-pull	-	+	-	Detektor zaniku napięcia zasilającego.	DIP8/SO8 μ SO8
ADM709	3,3/5	140	-/+	push-pull	-	-	-	-	DIP8/SO8
X25163	2,7/3,3/5	200	-/+	push-pull	+	-	-	Szeregowa (SPI) pamięć EEPROM o pojemności 2kx8. Programowany czas trwania impulsu zerującego.	SOIC8/TSSOP14
X25165	2,7/3,3/5	200	+/-	push-pull	+	-	-	Szeregowa (SPI) pamięć EEPROM o pojemności 2kx8. Programowany czas trwania impulsu zerującego.	SOIC8/TSSOP14
X25168	2,7/3,3/5	200	-/+	push-pull	-	-	-	Szeregowa (SPI) pamięć EEPROM o pojemności 2kx8. Programowany czas trwania impulsu zerującego.	SOIC8/TSSOP14
X25169	2,7/3,3/5	200	+/-	push-pull	-	-	-	Szeregowa (SPI) pamięć EEPROM o pojemności 2kx8. Programowany czas trwania impulsu zerującego.	SOIC8/TSSOP14
X25323	2,7/3,3/5	200	-/+	push-pull	+	-	-	Szeregowa (SPI) pamięć EEPROM o pojemności 4kx8. Programowany czas trwania impulsu zerującego.	SOIC8/TSSOP14
X25325	2,7/3,3/5	200	+/-	push-pull	+	-	-	Szeregowa (SPI) pamięć EEPROM o pojemności 4kx8. Programowany czas trwania impulsu zerującego.	SOIC8/TSSOP14
X25328	2,7/3,3/5	200	-/+	push-pull	-	-	-	Szeregowa (SPI) pamięć EEPROM o pojemności 4kx8. Programowany czas trwania impulsu zerującego.	SOIC8/TSSOP14
X25329	2,7/3,3/5	200	+/-	push-pull	-	-	-	Szeregowa (SPI) pamięć EEPROM o pojemności 4kx8. Programowany czas trwania impulsu zerującego.	SOIC8/TSSOP14
X25643	2,7/3,3/5	200	-/+	push-pull	+	-	-	Szeregowa (SPI) pamięć EEPROM o pojemności 8kx8. Programowany czas trwania impulsu zerującego.	SOIC14
X25645	2,7/3,3/5	200	+/-	push-pull	+	-	-	Szeregowa (SPI) pamięć EEPROM o pojemności 8kx8. Programowany czas trwania impulsu zerującego.	SOIC14
X25648	2,7/3,3/5	200	-/+	push-pull	-	-	-	Szeregowa (SPI) pamięć EEPROM o pojemności 8kx8. Programowany czas trwania impulsu zerującego.	SOIC14
X25649	2,7/3,3/5	200	+/-	push-pull	-	-	-	Szeregowa (SPI) pamięć EEPROM o pojemności 8kx8. Programowany czas trwania impulsu zerującego.	SOIC14
TL7702	2,5	ustalany przy pomocy zewnętrznego kondensatora	+/+	OC	-	-	-	-	DIP8/PLCC20/SO8
TL7705	5	ustalany przy pomocy zewnętrznego kondensatora	+/+	OC	-	-	-	-	DIP8/PLCC20/SO8
TL7709	9	ustalany przy pomocy zewnętrznego kondensatora	+/+	OC	-	-	-	-	DIP8/PLCC20/SO8
TL7712	12	ustalany przy pomocy zewnętrznego kondensatora	+/+	OC	-	-	-	-	DIP8/PLCC20/SO8
TL7715	15	ustalany przy pomocy zewnętrznego kondensatora	+/+	OC	-	-	-	-	DIP8/PLCC20/SO8
TL7757	5	0,0035	-/+	OC	-	-	-	-	SO8/T0226/SOT89
TL7759	5	0,001	+/+	OC	-	-	-	-	DIP8/SO8
TL7770	5/12/15	ustalany przy pomocy zewnętrznego kondensatora	+/+	OC	-	-	-	Dwa jednakowe układy kontrolne. Możliwość programowania czasu trwania impulsu wyjściowego.	DIP16/PLCC20/SO16
TLC7705	5	2,1	+/+	push-pull	-	-	-	Detekcja zaniku napięcia zasilania.	DIP8/SO8



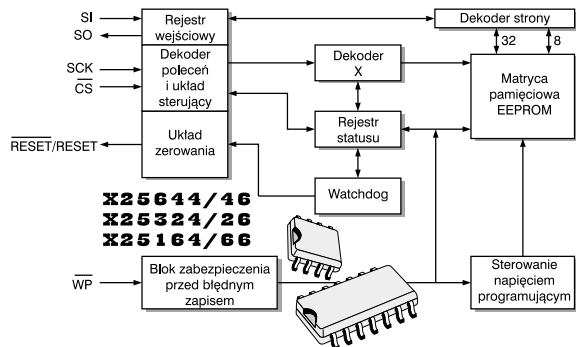
Rys. 20.



Rys. 21.



Rys. 22.



Rys. 23.

ci może wynosić 2..8kB, a wyjścia zerujące mają polaryzację dodatnią lub ujemną.

Na rys. 23 przedstawiony został schemat blokowy wnętrza nieco bardziej rozbudowanych układów tej serii, które są dodatkowo wyposażone

w programowany timer-watchdog. Współpracuje on z układem zerującym, tak więc jeżeli po przekroczeniu zadanego czasu procesor nie obsłuży timera, zostanie wyzerowany. Jeszcze więcej możliwości oferuje grupa układów: X25163/5, X25323/5 i X25643/5. Oprócz układu zerującego, pamięci EEPROM (odpowiednio 2kB, 4kB, 8kB) i watchdoga, we wnętrzu każdego z tych układów znajduje się obwód śledzący napięcie zasilające. Przekroczenie dozwolonych wartości w dół lub w górę powoduje blokadę pamięci, dzięki czemu przypadkowy zapis nie będzie możliwy. Schemat blokowy tej grupy układów znajduje się na

rys. 24.

Żaden z układów opracowanych przez firmę Xicor nie jest wyposażony w wejście współpracujące z przyciskiem zerowania ręcznego. W większości typowych przypadków nie jest on niezbędny, ale gdyby wystąpiła konieczność jego zastosowania, to prosta rozbudowa aplikacji (jak na rys. 25) pozwoli uniknąć tej niedogodności.

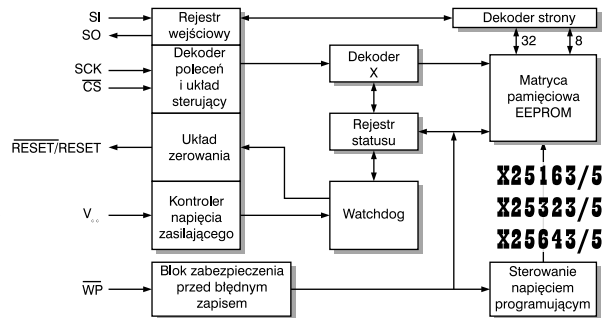
Oferta rynku

Oprócz układów, które przedstawiliśmy skrótowo w artykule, na krajowym rynku dostępne są także układy produkowane przez inne firmy (m.in. Linear Technology, Motorola, SGS Thomson). Zdaniem autora układy skrótowo opisane w artykule stanowią reprezentatywną próbkę konfiguracji i możliwości oferowanych przez nowoczesne układy nadzorujące pracę systemów mikroprocesorowych, nazwane skrótowo „zerującymi”.

Chcąc ułatwić Czytelnikom orientację w bardzo bogatej ofercie, w tab. 1 znajduje się zestawienie większości produkowanych w chwili obecnej układów wraz ze skróconym opisem ich wewnętrznego „wyposażenia”.

Tab. 1 będzie z pewnością pomocna przy podjęciu decyzji technicznych. Podjęcie decyzji o zakupie może ułatwić zestawienie firm handlowych, które mają w swojej ofercie przedstawione przez nas układy.

Piotr Zbysiński, AVT



Rys. 24.

Dystrybutorzy firm produkujących układy zerujące:

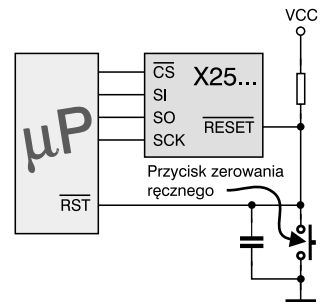
Analog Devices: **Alfine, Elbatex, Eltron, JM Elektronik, Micors, Soyter**

Dallas: **JM Elektronik, Soyter, WG Electronics,**

Linear Technology: **E2000-Setron, Eltron, Eurodis-Microdis, JM Elektronik, Macropol, Soyter**

Maxim: **Elatec, Elfa, Eltron, JM Elektronik, Micors, Soyter, Spezial Electronic**

Xicor: **E2000 Setron, Elatec, Eltron, JM Elektronik**



Rys. 25.