

Ćwiczenie 9 Częstościomierz oparty na μC 8051(8052)

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z możliwościami zastosowania mikrokontrolerów jako urządzeń pomiarowych na przykładzie miernika częstotliwości.

Wymagane wiadomości

- Budowa, sposób programowania mikrokomputerów rodziny MCS-51 (8052) ze szczególnym uwzględnieniem układu czasowo-licznikowego.
- Metody pomiaru częstotliwości i okresu.

Wykorzystywany sprzęt

- Komputer klasy PC do przygotowania tekstu źródłowego i kodu wynikowego.
- Zestaw laboratoryjny 8052 z interfejsem RS232C, wyświetlaczem LCD i emulatorem EPROM
- Generator funkcyjny lub impulsowy jako źródło sygnału mierzonego.
- Częstościomierz laboratoryjny do kontroli poprawności wskazań.

Literatura

1. Rydzewski A.: *Mikrokomputery jednocukładowe rodziny MCS-51*, WNT, Warszawa 1997
2. Małysiak h.: *Mikrokomputery jednocukładowe serii MCS48, MCS51, MCS96*.
3. Mielczarek W.: *Szeregowe interfejsy cyfrowe*. Wyd. Helion 1993
4. Metzger P.: *Anatomia PC*, Wyd. Helion 1996

Przeprowadzenie ćwiczenia

W trakcie ćwiczenia należy napisać i uruchomić program dla 8051 realizujący funkcje miernika częstotliwości i okresu.

Do wyświetlania wyników wykorzystany zostanie wyświetlacz LCD. Procedury obsługi wyświetlacza LCD zawarte są w pliku

Wersja minimalna programu powinna umożliwiać pomiar częstotliwości z dokładnością do 100Hz, bez odczytu wskazań preskalera. Wynik może być wyświetlany w postaci heksadecymalnej.

Wersja bardziej rozbudowana powinna realizować pomiar z dokładnością do 1Hz i uwzględniać wskazania preskalera, oraz realizować funkcje automatycznej zmiany zakresu. Wynik powinien być wyświetlany w postaci dziesiętnej.

Opcjonalnie można przedstawić aplikacje realizującą pomiar okresu.

Program może korzystać z systemu przerwań.

Program powinien składać się z modułów realizujących następujące funkcje:

- Inicjalizacja wyświetlacza LCD (`test.asm`),
- Konfiguracja układu czasowo-licznikowego 8051,
- Pomiar częstotliwości,
- Konwersja wyniku do postaci akceptowalnej przez wyświetlacz i wyświetlanie wyniku.

Programowanie μ C 8052

Obsługa asemblera

Aby zasemblować program należy wywołać program `asm51.exe` z nazwą pliku zawierającego kod programu. W wyniku działania programu powstają dwa pliki z rozszerzeniami `.lst` oraz `.hex`. Pierwszy z nich zawiera przetworzony listing programu. Drugi plik w przypadku bezbłędnej asemblacji zawiera kod wynikowy w formacie Intel HEX. Dokładniejsze informacje na temat programu asemblera można znaleźć w pliku `asm51.doc`.

Kod zapisany w formacie Intel HEX nie jest wersją ostateczną. Przed umieszczeniem kodu w pamięci mikrokomputera należy zamienić go na postać binarną za pomocą programu `hex-bin.exe`.

Niestety, program `hex-bin` oczekuje podania nazwy pliku bez rozszerzenia i usiłuje wczytać plik z rozszerzeniem `.obj`, należy więc wcześniej skopiować plik z rozszerzeniem `.hex` do pliku z rozszerzeniem `obj`.

Do kompilacji i konwersji formatu można wykorzystać skrypt `go.bat` którego argumentem jest nazwa programu bez żadnego rozszerzenia.

Programowanie EPROM

Otrzymany plik binarny należy skierować do portu równoległego `lpt1`, do którego podłączony jest emulator pamięci EPROM, za pomocą polecenia `copy`. Należy przy tym pamiętać o opcji `/b`, gdyż w innym wypadku MS-DOS potraktuje plik jako tekstowy i uszkodzi przesyłane dane. Transmisja jest sygnalizowana przez emulator EPROM poprzez zieloną diodę elektroluminescencyjną. Dioda gaśnie dopiero po zakończeniu transmisji.

Podczas kopiowania obrazu pamięci wskazane jest utrzymanie sygnału `RST` mikrokontrolera w stanie wysokim (lewy niebieski przycisk pod wyświetlaczem). Ma to zapobiec wykonywaniu przez system niekompletnego programu.

Metody pomiaru częstotliwości i okresu.

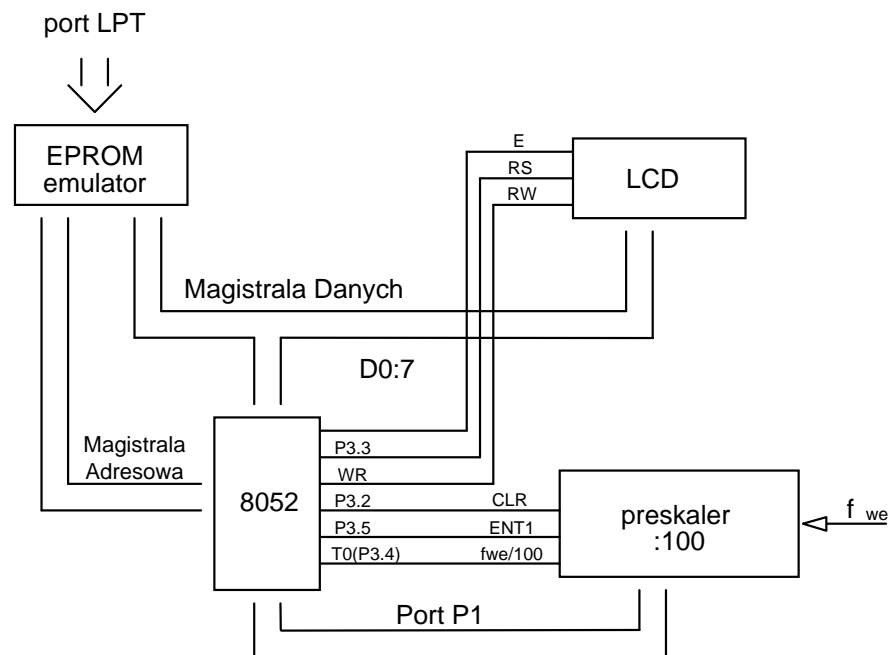
Pomiar częstotliwości polega na zliczaniu w ustalonym okresie czasu (1s; 0,1s; 0,01s) ilości impulsów doprowadzonych do wejścia częstotściomierza. W zależności od ustalonego czasu zliczania uzyskujemy dokładność odpowiednio do 1Hz; 10 Hz; 100 Hz. Wpływ na dokładność pomiaru ma także stabilność wzorca czasu używanego do odmierzenia czasu pomiaru. Stabilność wykorzystywanych rezonatorów kwarcowych pozwala na zbudowanie częstotściomierza z dokładnością do 6 cyfr znaczących.

Pomiar okresu polega natomiast na zliczaniu impulsów wzorcowych w czasie 1 okresu sygnału doprowadzonego do wejścia.

Z uwagi na częstotliwość zegara mikrokontrolera 8051 wynoszącą 12 MHz maksymalna częstotliwość sygnału mierzonego z użyciem wyłącznie mikrokontrolera wynosi 500 kHz .

W ćwiczeniu wykorzystano mikrokontroler 8051 z zegarem 12MHz pracujący w konfiguracji z zewnętrzną pamięcią programu. Aby rozszerzyć zakres mierzonych częstotliwości wprowadzono dodatkowy preskaler przez 100 w postaci synchronicznego 8 bitowego licznika w kodzie BCD.

Schemat blokowy aplikacji 8051 jako częstotściomierza



Mierzony sygnał jest doprowadzany do wejścia preskalera. Przez bramkę Shmidta 74LS132 sygnał podawany jest na wejścia zegarowe liczników 74LS160. Po przejściu przez licznik sygnał o 100 razy mniejszej częstotliwości jest doprowadzany do wyjścia preskalera. Z wyjścia przekalera sygnał podawany jest do wejścia **T0 (P3.4)** mikrokontrolera. Stopień podziału preskalera jest stały i nie może być zmieniony.

Do sterowania preskalerem wykorzystane są 2 linie: **ENP (P3.5)** do blokowania preskalera (logiczne 0 powoduje zablokowanie pracy preskalera bez zmiany jego stanu) i **CLR (P3.2)** do zerowania zawartości licznika preskalera (logiczne 0 powoduje zablokowanie zliczania i wpisanie stanu 00 DEC do licznika). Aby umożliwić odczyt stanu licznika preskalera, jego wyjścia zostały podłączone do portu P1 mikrokontrolera (linie P1.0 - P1.7).

Po włączeniu zasilania i zerowaniu mikrokontrolera linie P3.5 i P3.2 są w stanie wysokim, co powoduje, że zawartość preskalera jest nieokreślona, i przepuszcza on impulsy wejściowe do mikrokontrolera.

W przypadku niewykorzystania preskalera linie P3.5 i P3.2 należy ustawić w stan 1. Jeśli preskaler ma być wykorzystany, należy odpowiednio sterować tymi liniami.

Do wyświetlania wskazań częstotściomierza wykorzystany został wyświetlacz LCD. Wyświetlacz stanowi całkowicie niezależny moduł. Mikrokontroler komunikuje się z nim poprzez 11 linii (8 dwukierunkowych linii danych i 3 linie sterujące). Dla programisty jest on widoczny w postaci 2 ośmiobitowych rejestrów pod adresami 00H i 01H w zewnętrznej pamięci danych (dostęp rozkazem MOVX @Rn,A).

W trakcie ćwiczenia można skorzystać z gotowych procedur obsługi wyświetlacza zawartych w pliku test.asm.

Układ czasowo-licznikowy 8051

Układ czasowo-licznikowy mikrokomputera 8051 zawiera dwa 16-bitowe liczniki T0 i T1. Mogą one zliczać impulsy zewnętrzne, doprowadzone do wejść, odpowiednio, T0 (P3.4) lub T1 (P3.5), spełniając w ten sposób funkcję licznika. Mogą też zliczać wewnętrzne impulsy zegarowe, w celu odmierzania opóźnień czy generowania przerw zegarowych o zadanej częstotliwości. W tym przypadku spełniają funkcję czasomierza. Poza tym każdy z nich może pracować w jednym z czterech indywidualnie ustawionych trybów.

Układ czasowo-licznikowy mikrokomputera 8052 zawiera dodatkowo trzeci - 16-bitowy licznik T2, który może pracować jako czasomierz, jako licznik impulsów zewnętrznych na wejściu T2 (P1.0) lub może być wykorzystany do określenia szybkości transmisji prowadzonej przez port szeregowy.

Do programowego sterowania pracą liczników T0 i T1 służą dwa słowa sterujące: TMOD (SFR - adres 89H) i TCON (SFR - adres 88H, adresowany bitowo).



Rys. 1 Słowo sterujące TMOD

Słowo TMOD (Rys. 1) służy do ustawiania trybu pracy i funkcji realizowanej przez licznik. Znaczenie bitów słowa jest następujące:

M 1, M0 - ustawienie trybu pracy, przy czym:

M 1 M0 = 00 - tryb 0,

M 1 M0 = 01 - tryb 1,

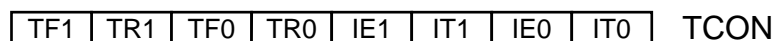
M 1 M0 = 10 - tryb 2,

M 1 M0 = 11 - tryb 3;

C/T - ustawienie realizowanej funkcji, przy czym C/T = 0 oznacza funkcję czasomierza,

a C/T = 1 funkcję licznika impulsów zewnętrznych;

GATE - uaktywnienie bramkowania zliczania zewnętrznym sygnałem z wejścia INT_i (i = 0, 1).



Rys. 2 Słowo sterujące TCON.

W słowie TCON (Rys. 2) do kontroli i sterowania pracą liczników służą:

TCON.7 (TF1) i TCON.5 (TF0) - znaczniki przepełnienia liczników,

TCON.6 (TR1) i TCON.4 (TR0) - bity sterujące zliczaniem, tzn. TR_i = 0 (i = 0, 1) powoduje zatrzymanie licznika T_i, TR_i = 1 (i = 0, 1) powoduje pracę licznika T_i.

Pozostałe bity rejestru TCON związane są z pracą systemu przerw.

TCON.3 (IE1) - znacznik zgłoszenia przerwania na wejściu INT1

TCON.2 (IT1) - sterowanie sposobem zgłoszenia przerwania na wejściu INT1

TCON.1 (IE0) - znacznik zgłoszenia przerwania na wejściu INTO

TCON.2 (IT0) - sterowanie sposobem zgłoszenia przerwania na wejściu INTO

Jeżeli jest realizowana funkcja czasomierza (tzn. w słowie TMOD jest C/T równe 0), to zawartość licznika jest zwiększana o 1 w każdym cyklu maszynowym. Cykl jest wykonywany w ciągu 12 taktów zegara. Częstotliwość sygnału zegarowego taktującego licznik wynosi zatem $f_T = f_{XTAL}/12$ (f_{XTAL} - częstotliwość rezonatora). Maksymalna częstotliwość zliczanych impulsów $f_{CNTmax} = f_{XTAL}/24$

Liczniki pracują tak samo, bez względu na realizowaną funkcję. Różne jest tylko źródło zliczanych impulsów. Uruchomienie licznika Ti ($i = 0, 1$) następuje po wpisaniu 1 do bitu TRi w słowie TCON. Wtedy, jeśli w słowie TMOD jest GATE = 0, to do wejścia zegarowego licznika zostaje dołączone wejście Ti mikrokomputera (gdy C/T = 1) lub wewnętrzny sygnał zegarowy (gdy C/T = 0). Uruchomiony licznik pracuje w sposób ciągły, zgodnie z ustawionym trybem. Zatrzymanie zliczania (czyli odłączenie źródła impulsów od wejścia zegarowego licznika) następuje wyłącznie w wyniku wyzerowania bitu TRi. Jeśli w słowie TMOD jest GATE równe 1, to zewnętrzne lub wewnętrzne impulsy zegarowe licznika są dodatkowo bramkowane zewnętrznym sygnałem z wejścia INTi. W tym przypadku, po programowym uruchomieniu licznika (wpisaniu jedynki do TRi), zliczanie może być sterowane zewnętrznym - licznik pracuje tylko wtedy, kiedy INTi = 0.

Każdorazowo, na skutek przepełnienia licznika Ti (po zwiększeniu o 1 jego maksymalnej zawartości), jest wpisywana jedynka do znacznika TFi w słowie TCON. Jest to także sygnałem zgłoszenia przerwania wewnętrznego z licznika-czasomierza Ti. Na skutek przyjęcia przerwania (patrz punkt 2.8) znacznik TFi jest automatycznie zerowany. Jego stan może być też oczywiście testowany programowo, na przykład za pomocą rozkazu JBC.

Szesnastobitowe liczniki układu czasowo-licznikowego są dostępne programowo jako rejestry specjalne:

- TH0 (SFR - adres 8Ch) - bardziej znaczący bajt licznika T0,
- TL0 (SFR - adres 8AH) - mniej znaczący bajt licznika T0,
- TH1 (SFR - adres 8DH) - bardziej znaczący bajt licznika T1,
- TL1 (SFR - adres 8BH) - mniej znaczący bajt licznika T1.

Do działania na zawartościach liczników można więc używać dowolnych rozkazów z adresowaniem bezpośrednim, przy czym wykonanie jakiejkolwiek operacji na zawartości pracującego licznika nie ingeruje w proces liczenia.

Należy jednak zwrócić uwagę, że przy odczytywaniu "w locie" obu bajtów licznika pracującego jako czasomierz, zawartość licznika jest zwiększana o 1 również między pobraniem pierwszego i drugiego bajtu. Są więc pobierane dwa bajty, ale przy różnej zawartości licznika. To z kolei doprowadza do błędów, kiedy między jednym a drugim odczytaniem zmieni się bardziej znaczący bajt licznika. Należy taką sytuację przewidzieć, pisząc odpowiedni program korekcji.

Każdy z liczników może pracować w jednym z czterech trybów określonych przez stan bitów M0 i M1 w słowie TMOD i to niezależnie od realizowanej funkcji. Tryby 0, 1 i 2 są identyczne dla obu liczników. Tryb 3 jest różny.

W trybie 0 licznik działa jako 13-bitowy, złożony z ośmiu bitów rejestru THi i bitów 3-7 (pięciu bardziej znaczących) rejestru TLi. Stan bitów 0-2 rejestru TLi nie jest określony i powinien być ignorowany. Po uruchomieniu licznika (ustawieniu TRi = 1) są zliczane impulsy (zgodnie z ustawioną funkcją), począwszy od zawartości początkowej licznika. Po osiągnięciu wartości maksymalnej (same jedynki) liczenie jest kontynuowane od zera. W trybie 0 układ jest przeważnie wykorzystywany jako czasomierz. Jego organizacja jest podobna do występującej w mikrokomputerze 8048, tzn. 8-bitowy licznik THi jest taktowany zegarem systemowym poprzez dzielnik częstotliwości przez 32 - TLi. Jeśli nie jest wymagana duża rozdzielczość pomiaru, to układ może być użyty do odmierzenia opóźnień i generowania przerw zegarowych.

W trybie 1 struktura licznika-czasomierza jest taka sama, jak w trybie 0 z tym, że pracuje cały 16-bitowy licznik. W trybie I układ jest wykorzystywany zarówno jako czasomierz, jak i jako licznik impulsów zewnętrznych. Przy użyciu funkcji czasomierza do generowania przerw zegarowych konieczne jest - po każdym przerwaniu - programowe ładowanie do licznika wartości początkowej, określającej częstotliwość przerw. Ponieważ czas od chwili przepełnienia licznika (zgłoszenia

przerwania) do momentu jego przyjęcia jest różny (zależny od organizacji oprogramowania i często nieznany, zwykle kilka lub kilkanaście cykli maszynowych), a licznik pracuje cały czas, to załadowanie wartości początkowej do mniej znaczącego bajtu kasuje naliczoną wartość. To z kolei powoduje wystąpienie pewnego błędu w odmierzaniu okresu przerw. Aby go uniknąć, przy wpisywaniu wartości początkowej mniej znaczącego bajtu -- o ile nie jest ona zerowa - należy uwzględnić (dodać) bieżącą zawartość licznika.

W trybie 2 licznik Ti pracuje jako licznik 8-bitowy (TLi) z automatycznym wpisywaniem wartości początkowej zapisanej w THi. Przepisanie zawartości THi do TLi następuje w chwili przepełnienia licznika. Jednocześnie jest ustawiany znacznik TFi. Zawartość THi pozostaje bez zmiany. Wartość początkowa może być wpisywana do THi i zmieniana programowo. Licznik pracujący w trybie 2 może być użyty dowolnie, zależnie od potrzeb. Szczególnie wygodne jest wykorzystanie licznika do wytwarzania przerw zegarowych o zadanym okresie, przy czym maksymalny okres przerw w tym trybie wynosi 256 cykli maszynowych, czyli 256 μ s przy zegarze 12 MHz.

Tryb 3 jest różny dla liczników T0 i T1. Licznik T1 w trybie 3 nie pracuje jest zatrzymany, tak jakby TR1 było równe 0. Poszczególne bajty licznika T0, tzn. TH0 i TL0, działają w tym trybie jako dwa niezależne 8-bitowe liczniki. Bajt TL0 może być wykorzystany jako czasomierz lub jako licznik impulsów z wejścia T0. Jest wtedy sterowany za pomocą bitów sterujących licznika T0: C/T, GATE, TR0, INT0 i TF0 - podobnie jak licznik T0 w trybie 0 i 1. Natomiast TH0 może pracować tylko jako czasomierz (zliczanie wewnętrznych impulsów zegarowych). Jest on przy tym sterowany (start, stop) za pomocą bitu TR1, ustawia znacznik przepełnienia TF1 - są tu więc używane bity sterujące licznika T1. Tryb 3 jest stosunkowo rzadko wykorzystywany. Jest on przewidziany dla mikrokomputera 8051 w zasadzie wyłącznie na wypadek, kiedy licznik T1 (pracujący np. w trybie 2) jest użyty do określenia szybkości transmisji portu szeregowego, a do innych celów są potrzebne dwa niezależne liczniki.

System przerw

System przerw mikrokomputerów 8051/52 może przyjmować zgłoszenia następujących przerw:

zewnętrznych, tzn.:

- z wejścia INT0 (IE0 - TCON.1)
- z wejścia INT1 (IE1 - TCON.3)

z układu czasowo-licznikowego:

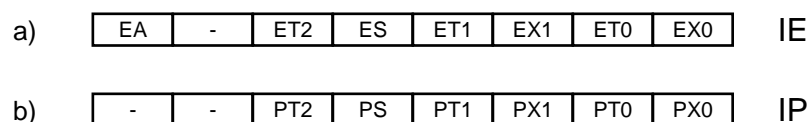
- przepełnienie licznika T0 (TF0 - TCON.5)
- przepełnienie licznika T1 (TF1 - TCON.7)
- tylko w 8052/32 - przepełnienie licznika T2 (TF2 - T2CON.7) lub opadające zbocze impulsu na wejściu T2EX (EXF2 - T2CON.6)

z portu szeregowego:

- koniec nadawania znaku (TI - SCON.1) lub koniec odbierania znaku (RI - SCON.0).

Z każdą przyczyną przerwania jest związany wyżej wymieniony znacznik. Wpisanie jedynki do odpowiedniego znacznika jest zgłoszeniem przerwania. Wyzerowanie znacznika powoduje skasowanie zgłoszenia. Odbywa się to automatycznie - odpowiednio przy wystąpieniu przyczyny przerwania i przy jego przyjęciu (jedynie znaczniki TI, RI oraz TF2 i EXF2 nie są zerowane automatycznie). Wszystkie wymienione znaczniki mogą być też ustawiane i zerowane programowo. Skutek jest taki sam, tzn. zgłoszenie lub skasowanie zgłoszenia przerwania.

System przerw może być włączany i wyłączany oraz każde zgłoszenie przerwania może być indywidualnie zamaskowane przez ustawienie odpowiedniego bitu w słowie sterującym IE (SFR - adres 0ABH, adresowany bitowo), pokazanym na Rys. 3a. Wyzerowanie bitu w IE oznacza zablokowanie, wpisanie jedynki - odblokowanie odpowiadającego temu bitowi zgłoszenia przerwania. Po zainicjowaniu mikrokomputera (RESET) słowo sterujące IE jest wyzerowane, tzn. system przerw jest wyłączony, a wszystkie przerwy zamaskowane.



Rys. 3 Sterowanie systemem przerwań.

Tabela 1 Bity sterujące systemem przerwań.

IE	IP	Przerwanie	Priorytet
IE.0 - EX0	IP.0 - PX0	zewnętrzne INTO	najwyższy
IE.1 - ET0	IP.1 - PT0	od licznika / czasomierza T0	
IE.2 - EX1	IP.2 - PX1	zewnętrzne INT1	
IE.3 - ET1	IP.3 - PT1	od licznika / czasomierza T1	
IE.4 - ES	IP.4 - PS	od portu szeregowego	
IE.5 - ET2	IP.5 - PT2	od licznika / czasomierza T1	najniższy
IE.6	IP.6		
IE.7 - EA	IP.7	system przerwań	

Każde z przerwań, przez ustawienie lub wyzerowanie właściwego bitu w słowie sterującym IP (SFR -adres 0B8H), może być programowo umieszczone na wyższym (po ustawieniu bitu) lub niższym (po wyzerowaniu bitu) poziomie priorytetu. Format słowa IP pokazano na Rys. 3b , a przyporządkowanie bitów przyczynom przerwań - Tabela 1. W razie jednoczesnego zgłoszenia dwóch przerwań, jako pierwsze będzie przyjęte przerwanie z wyższego poziomu priorytetu. Natomiast, przy jednoczesnym zgłoszeniu kilku przerwań umieszczonych na tym samym poziomie, o kolejności przyjęcia zadecyduje sztywno ustalony priorytet zgłoszeń, przedstawiony w Tabela 1.

Ponadto, umieszczenie przerwań na danym poziomie priorytetu decyduje o możliwości przerywania programów obsługi innych przerwań. W czasie wykonywania programu obsługi przerwania z niższego poziomu priorytetu będzie przyjęte zgłoszenie przerwania z wyższego poziomu (oczywiście jeżeli nie jest zablokowane), a nie będzie przyjęte zgłoszenie przerwania z niższego poziomu. W czasie wykonywania programu obsługi przerwania z wyższego poziomu priorytetu nie będzie przyjęte żadne zgłoszenie przerwania. Program obsługi przerwania z wyższego poziomu jest nieprzerwalny.

Jeżeli w słowie IE jest EA równe 1 (włączony system przerwań), to w każdym cyklu maszynowym są przeglądane znaczniki zgłoszenia nie zamaskowanych przerwań. Wykrycie zgłoszenia (ustawienia któregoś ze znaczników) spowoduje, że jeśli nie jest spełniony żaden z wymienionych niżej warunków:

- wykonywany w danej chwili cykl maszynowy nie jest ostatnim w cyklu rozkazowym; przerwanie zostaje przyjęte po zakończeniu wykonywania bieżącego rozkazu;
- w danej chwili jest wykonywany rozkaz RETI lub rozkaz działający na zawartości słów sterujących IE albo IP; przerwanie zostaje przyjęte dopiero po zakończeniu wykonywania następnego rozkazu (jeżeli nie jest to RETI lub rozkaz działający na IP albo IE);
- w danej chwili jest wykonywany program obsługi przerwania z poziomu priorytetu wyższego lub równego temu, na którym jest umieszczone zgłoszone przerwanie; zostaje ono przyjęte dopiero po zakończeniu programu obsługi (wykonaniu rozkazu RETI).

to w następnym cyklu maszynowym rozpocznie się wykonywanie cyklu przyjęcia przerwania o najwyższym priorytecie ze zgłoszonych.

Podczas cyklu przyjęcia przerwania są wykonywane następujące operacje:

- ustawienie wewnętrznego przerzutnika poziomu przerwania (są dwa takie przerzutniki odpowiadające wyższemu i niższemu poziomowi priorytetu, ich stan jest sprawdzany jako trzeci wymieniony wyżej warunek),
- wyzerowanie znacznika zgłoszenia przyjętego przerwania (nie są zerowane znaczniki TI, RI oraz TF2 i EXF2),
- zapisanie na stosie zawartości licznika rozkazów PC (nie jest zapisywana zawartość słowa stanu PSW),
- wpisanie do licznika rozkazów adresu początku programu obsługi przerwania:

0003H - dla przerwania zewnętrznego INT0,
000BH - dla przerwania z licznika-czasomierza T0,
0013H - dla przerwania zewnętrznego INT1,
001BH - dla przerwania z licznika-czasomierza T1,
0023H - dla przerwania z portu szeregowego,
002BH - dla przerwania z licznika-czasomierza T2.

Program obsługi przerwania musi być zakończony rozkazem powrotu z przerwania - RETI. Do chwili wykonania tego rozkazu nie zostaje przyjęte zgłoszenie żadnego przerwania z poziomu równego lub niższego niż poziom obsługiwanego przerwania. Wykonanie rozkazu RETI powoduje wyzerowanie przerzutnika poziomu, ustawionego przy przyjęciu przerwania, oraz zdjęcie ze stosu adresu powrotu (dwa bajty) i wpisanie go do licznika rozkazów.