Mikrokontrolery? To takie proste...

Część 14
Licznik T2 oraz specjalne tryby pracy

W kolejnym odcinku naszego cyklu zapoznamy się z pracą dodatkowego układu czasowo licznikowego, który występuje w mikrokontrolerach 8052/C. W drugiej części artykułu przedstawię specjalne tryby pracy procesorów, dzięki którym możliwe jest konstruowanie energooszczędnych autonomicznych układów bateryjnych. I choć na tym etapie nauki panowania nad mikrokontrolerem 8051 i jemu podobnymi, za wcześnie na podawanie przykładowych rozwiązań konstrukcyjnych, to tę część teorii warto poznać, zanim zabierzemy się do budowania „inteligentnych urządzeń elektronicznych"... a raczej mikroelektronicznych.

Poprzedni odcinek szkoły mikroprocesorowej poświęciłem omówieniu strony praktycznej układów czasowo-licznikowych T0 i T1 procesora 8051/52. Podałem też praktyczne wskazówki na powiązanie pracy liczników z układem przerwań procesora. Dzięki takiemu połączeniu udało nam się wspólnie stworzyć i przeanalizować przykładowy programik odmierzający czas. To podstawa do zrozumienia prawidłowego programowania mikrokontrolerów, bowiem prawie 100% programów pisanych na procesory wykorzystuje procedury (podprogramy) obsługi przerwań do kontroli pewnych funkcji samego procesora jak i układów peryferyjnych.

Umiejętne zaprogramowanie układu licznikowego oraz układu przerwań gwarantuje sukces w działaniu programu a dodanie funkcji zabezpieczających – tzw. „programowych haczyków" (których omówieniem zajmę się przy okazji następnego odcinka klasy mikroprocesorowej) gwarantuje poprawną pracę mikrokontrolera nawet w sytuacjach z góry nieprzewidzianych, jak np. przypadkowe przeładowanie liczników, czy automatyczne rozpoznawanie prędkości transmisji szeregowej z urządzenia zewnętrznego. Wróćmy jednak do tematu i zajmijmy się układem czasowo-licznikowym (potocznie nazywanym licznikiem) T2.

TIMER T2 w 8052/C

Jak powiedziałem wcześniej, układ ten nie występuje w procesorach 8051/C51, jest natomiast integralną częścią struktury procesorów 8052/C. Z pewnych względów przy niektórych aplikacjach dwa układy czasowo-licznikowe (T0 i T1) to za mało, wtedy warto sięgnąć właśnie po kostkę '52.

Licznik T2 podobnie jak poprzednie T0 i T1 jest 16-bitowy, a zliczanie odbywa się przy pomocy dwóch 8-bitowych rejestrów z grupy SFR o adresach:
0CDh: TH2 – starsze 8 bitów licznika T2
0CCh: TL2 – młodsze 8 bitów licznika T2

Rejestry operacyjne licznika T2:

nazwa:									adres:
TH2	**d7**	**d6**	**d5**	**d4**	**d3**	**d2**	**d1**	**d0**	**CDh**
TL2	**d7**	**d6**	**d5**	**d4**	**d3**	**d2**	**d1**	**d0**	**CCh**

Tak jak poprzednio rejestry te można odczytywać jak i modyfikować, przeładowując (zmieniając) ich zawartość np. za pomocą instrukcji:

```
mov     TH2, #wartH
mov     TL2, #wartL
```

Z układem czasowo-licznikowym T2 związane są dwa dodatkowe 8-bitowe rejestry, (tworzące 16-bitowy rejestr **RLD**) a mianowicie:
0CBh: RLDH – starsze 8 bitów rejestru RLD
0CAh: RLDL – młodsze 8 bitów rejestru RLD

Rejestry dodatkowe licznika T2:

nazwa:									adres:
RLDH	**d7**	**d6**	**d5**	**d4**	**d3**	**d2**	**d1**	**d0**	**CBh**
RLDL	**d7**	**d6**	**d5**	**d4**	**d3**	**d2**	**d1**	**d0**	**CAh**

Rejestr RLD (RLDH.RLDL) pełni dwojaką rolę w zależności od trybu pracy licznika T2. Po pierwsze może być rejestrem wartości początkowej licznika T2 (TH2.TL2). Wtedy to w trybie pracy, który za chwilę omówię, po przepełnieniu licznika, wartość początkowa tego licznika zostaje automatycznie (bez programowego przeładowywania) przepisana z RLDH do TH2 oraz z RLDL do TL2.

W innym przypadku rejestr RLD może pełnić rolę rejestru zatrzaskowego, w którym zapamiętywana jest zawartość licznika T2 (TH2.TL2) w pewnych szczególnych momentach, o tym także za chwilę.

Podobnie jak omawiane w poprzednim odcinku układy T0 i T1, licznik T2 może pełnić dwie różne funkcje:
– może pracować jako czasomierz, czyli zliczać impulsy wewnętrzne o częstotliwości równej częstotliwości oscylatora Fxtal podzielonej przez 12 (zastosowanie takiego trybu pracy już poznaliście na przykładzie z lekcji nr 8)
– może także zliczać impulsy zewnętrzne z specjalnego wejścia T2, którym jest pin 1 procesora (alternatywna funkcja bitu 0 portu P1). Zwiększenie zawartości licznika T2 następuje w tym przypadku w momencie wykrycia zbocza opadającego na wejściu T2 (P1.0). Z licznikiem T2 związane jest także dodatkowe wejście T2EX – końcówka procesora P1.1 (pin 2). Końcówka ta może pełnić rolę sygnału strobującego zatrzaśnięcie zawartość licznika T2 (TH2.TL2) w rejestrach RLD (RLDH.RLDL), w innym przypadku umożliwia zdalne załadowanie wartości początkowej z rejestrów RLD do rejestrów licznika T2.

We wszystkich trybach pracy licznika T2 zasada jego pracy jest podobna jak dla układów T0 i T1. A więc obowiązują zasady dotyczące np. wykrywania stanów niskich i wysokich (na przemian) w przypadku zliczania impulsów zewnętrznych, ich częstotliwości maksymalnej, w zależności

od częstotliwości oscylatora procesora. Wszystkie omówiłem w poprzedniej części klasy mikroprocesorowej, warto więc je sobie przypomnieć.

Warto także wspomnieć o możliwości pracy licznika T2 w trybie taktowania portu szeregowego. Wtedy licznik T1 może być użyty do innych celów, natomiast T2 ze względu na swoją 16-bitową „naturę" pozwala na generowanie bardzo niskich częstotliwości taktowania portu, a dlaczego, o szczegółach powiem za chwilę.

Głównym rejestrem sterującym trybami oraz pracą licznika T2 jest rejestr T2CON (SFR adres 0C8h). Z pewnością pamiętasz drogi Czytelniku, że w przypadku liczników T0 i T1 był to rejestr TMOD (oraz częściowo TCON), natomiast w przypadku układu czasowo-licznikowego T2 wszystkimi funkcjami licznika T2 steruje tylko jeden rejestr T2CON.

bity:	CFh	CEh	CDh	CCh	CBh	CAh	C9h	C8h	
T2CON	**TF2**	**EXF2**	**RCLK**	**TCLK**	**EXEN2**	**TR2**	**C/T2**	**CP/RL2**	**C8h**
	7	6	5	4	3	2	1	0	

Rejestr jest adresowany bitowo (w odróżnieniu od TMOD w przypadku T0 i T1), co znacznie ułatwia operacje modyfikacji poszczególnych jego bitów. Oto ich znaczenie:

TF2 (bit T2CON.7, adres: CFh) – bit ustawiany w momencie przepełnienia licznika T2, jest znacznikiem zgłoszenia przerwania przez T2

EXF2 (bit T2CON.6, adres CEh) – bit ustawiany w momencie wykrycia opadającego zbocza na wejściu T2EX (pin 2 procesora), aktywny gdy bit EXEN2 = 1, jest sygnałem zgłoszenia przerwania

RCLK (bit T2CON.5, adres CDh) – ustawienie tego bitu powoduje przyłączenie licznika T2 jako taktującego (przepełnieniem) odbiornika portu szeregowego procesora

TCLK (bit T2CON.4, adres CCh) – ustawienie tego bitu powoduje przyłączenie licznika T2 jako taktującego (przepełnieniem) nadajnika portu szeregowego procesora

EXEN2 (bit T2CON.3, adres CBh) – bit uaktywniający wejście T2EX (pin 2 procesora), ustawienie – uaktywnienie, wyzerowanie – dezaktywacja

TR2 (bit T2CON.2, adres CAh) – bit sterujący zliczaniem licznika T2, ustawienie (TR2=1) powoduje pracę licznika, wyzerowanie (TR2=0) zatrzymanie zliczania

C/T2 (bit T2CON.1, adres C9h) – bit określający funkcję pracy T2, i tak :
- ustawienie (C/T2=1) przełącza T2 w tryb zliczania impulsów zewnętrznych
- wyzerowanie (C/T2=0) włącza funkcję czasomierza (zliczanie impulsów wewnętrznych Fxtal/12)

CP/RL2 (bit T2CON.0, adres C8h) – bit określający tryb pracy licznika, i tak:
- ustawienie (CP/RL2=1) powoduje aktywację trybu z zatrzaskiwaniem zawartości licznika (rejestrów T2 – TH2.TL2 w rejestrach RLD – RLDH.RLDL)
- wyzerowanie (CP/RL2=0) powoduje prace z automatycznym wpisywaniem wartości początkowej (z rejestrów RLD do rejestrów T2)

W zależności od kombinacji niektórych bitów z rejestru T2CON możliwe są różne stany pracy układu czasowo-licznikowego T2, oto kilka wskazówek:

1) W przypadku gdy ustawimy bit CP/RL2, licznik T2 będzie zliczał modulo 2^{16}, po każdym przepełnieniu będzie ustawiany znacznik zgłoszenia przerwania TF2.
   Jeżeli ustawimy dodatkowo bit EXEN2, co spowoduje aktywację wejścia T2EX procesora (P1.1), to możemy zatrzasnąć podając na to wejście opadające zbocze, zawartość licznika T2 w rejestrach RLD (RLDH.RLDL).
2) Jeżeli bit CP/RL2 jest wyzerowany, licznik T2 będzie pracował w trybie z automatycznym wpisywaniem wartości początkowej z rejestrów RLD w momencie przepełnienia. W tym miejscu nasuwa się podobieństwo pracy liczników T0 lub T1 w trybie 1, z tym, że przeładowanie licznika następuje w przypadku T2 automatycznie, co zwalnia nas od programowego wpisywania wartości początkowej do rejestrów TH2 i TL2. W momencie przepełnienia ustawiany jest znacznik TF2, co może być także sygnałem zgłoszenia przerwania. Dodatkowo przeładowanie zawartości rejestrów roboczych licznika (TH2.TL2) może nastąpić pod wpływem zewnętrznego zbocza opadającego, podanego na wejście T2EX, trzeba tylko dodatkowo ustawić bit EXEN2 (EXEN2=1). Takie wymuszenie powoduje także ustawienie znacznika EXF2. Dzięki temu możliwe jest zsynchronizowanie pracy wewnętrznego układu licznikowego T2 z zewnętrznym sygnałem zegarowym (dołączonym do wejścia T2EX).
3) W każdym trybie pracy ustawienie znacznika TF2 może być sygnałem zgłoszenia przerwania. W tym przypadku ustawiane znaczniki w słowie T2CON nie są automatycznie zerowane po przyjęciu przerwania, toteż należy o tym pamiętać w procedurze obsługi przerwania. Z drugiej strony niezerowanie znaczników umożliwia programiście ich analizę w procedurze obsługi przerwania, a dopiero po tym ich wyzerowanie.
4) Jak wspomniałem wcześniej, licznik T2 może taktować port szeregowy. W tym celu należy ustawić bity TCLK i RCLK. Taktowany w ten sposób port szeregowy będzie mógł pracować w trybie 1 (znaki 8-bitowe, prędkość określana programowo) oraz w trybie 3 (znaki 9-bitowe, prędkość określana programowo). Fizycznie w trybie taktowania portu licznika T2 pracuje zliczając impulsy z automatycznym ładowaniem wartości początkowej z rejestrów RLD (RLDH.RLDL). Zliczane mogą być impulsy wewnętrzne (czasomierz) o częstotliwości Fxtal/2, lub impulsy zewnętrzne z wejścia T2 (P1.0). Po podzieleniu impulsów taktujących (Fxtal/2 lub zewnętrznych z wejścia T2) dodatkowo przez 16 traktują one odbiornik (RCLK=1) lub nadajnik (TCLK=1) portu szeregowego. W tym trybie pracy licznika, jego przepełnienie nie ustawia znacznika jego przepełnienia TF2. Dzięki temu w przypadku gdy ustawimy bit EXEN2 (w słowie T2CON), to pod wpływem opadającego zbocza sygnału na wejściu T2EX (końcówka P1.1 procesora) ustawiony zostaje znacznik EXF2, co może być sygnałem zgłoszenia przerwania. Jak widać możliwe jest zatem wykorzystanie wejścia T2EX jako dodatkowego (obok INT0 i INT1) wejścia przerywającego procesora.

W przypadku taktowania portu szeregowego (T2 taktowany sygnałem wewnętrznym Fxtal / 2) prędkość transmisji (n) można określić wzorem:

$$n = \frac{Fxtal}{(65536 - RLD) \times 2 \times 16}$$

stąd łatwo po przekształceniu wzoru wyznaczyć wartość początkową rejestrów RLD przy zadanej prędkości transmisji:

$$RLD = 65536 - \frac{Fxtal}{2 \times 16 \times n} = 65536 - \frac{Fxtal}{32 \times n}$$

gdzie RLD to oczywiście wartość początkowa wpisana do rejestrów RLDH.RLDL. Poniżej podaję przykładowe prędkości transmisji dla rezonatora kwarcowego 11,0592 MHz.

Fxtal (MHz)	*RLD*	*n (bodów)*
11,0592	FFFFh	345600
11,0592	FFFDh	**115200**
11,0592	FFFCh	86400
11,0592	FFFAh	**57600**
11,0592	FFF7h	**38400**
11,0592	FFF4h	28800
11,0592	FFEEh	**19200**
11,0592	FFDCh	**9600**
11,0592	FFB8h	**4800**
11,0592	FF70h	**2400**
11,0592	FEE0h	**1200**
11,0592	FDC0h	600
11,0592	FB80h	300
11,0592	F700h	150
11,0592	EE00h	75

Jak widać, zakres możliwych do uzyskania prędkości transmisji jest o wiele szerszy, niż w przypadku taktowania portu licznikiem T1. Najmniejsza szybkość w przypadku rezonatora kwarcowego jak w tabeli czyli 11,0592 MHz przy użyciu licznika T2, to 5 bitów na sekundę, a więc prawdziwy żółw! Sprawdźmy:
n_{min}=11059200/(32×(65536–0))=11059200/(32×65536)=**5** (bitów/sek.)

Wtedy oczywiście wartością początkowa będzie zero (RLDH.RLDL=0). W tabeli pogrubioną czcionką zaznaczono typowe, spotykane w komputerach PC wartości transmisji szeregowej, realizowanej poprzez port RS232c.

A oto przykład programowania rejestru sterującego T2CON oraz roboczych i dodatkowych w celu uzyskania kilku trybów i funkcji pracy licznika T2.

Załóżymy, że nasz licznik T2 będzie pracował jako czasomierz z automatycznym ładowaniem wartości początkowej z RLD po przepełnieniu.

Załóżymy, że przepełnienie ma następować dokładnie co 1ms, a do procesora dołączony jest rezonator kwarcowy o częstotliwości 6 MHz. Obliczenia:
- przy fxtal= 6 MHz licznik pracując jako czasomierz będzie inkrementowany co 2µs

– w czasie 1 ms (milisekundy) zawiera się 1000 µs (mikrosekund), czyli 500 okresów zegara procesora
– wobec tego wartość początkowa licznika można obliczyć jako:
wart.początkowa = wartość maksymalna – 500 = 65536 – 500 = 65036 = FE0Ch (heksadecymalnie)
można więc zapisać komendy inicjujące licznik T2:

```
mov     T2CON, #0       ;czasomierz z automat.
                        ;ładowaniem wart. początkowej z RLD
mov     RLDH, #0FEh
mov     RLDL, #0Ch      ;załadowanie wartości FE0Ch
                        ;(początkowej)
mov     TH2, RLDH
mov     TL2, RLDL       ;aby prawidłowo zainicjować
                        ;pierwsze przepełnienie
setb    TR2             ;start licznika T2
.......
.......                 ;dalsze instrukcje
```

Analizując linie poleceń warto szczególną uwagę zwrócić na pierwszą komendę, która ustawia bity w słowie T2CON. Zauważmy, że wszystkie bity tego słowa zostały ustawione na zero, co zgadza się z opisem rejestru T2CON, który omówiłem przed chwilą.

Jeżeli ktoś teraz zechce dopisać procedurę obsługi przerwania, może to zrobić analogicznie jak w przypadku opisanej wcześnie procedury obsługi przerwania od przepełnienia licznika T0 (T1), pamiętając jednak o adresie wektora przerwania, który w tym przypadku wynosi:

002Bh

a w przypadku naszego komputerka edukacyjnego (AVT-2250) procedura powinna zaczynać się od adresu

802Bh

zgodnie z zasadami pisania takich podprogramów, które omówiłem w poprzednim numerze EdW.

Program na nasz komputerek mógłby więc zaczynać się następująco:

```
        org     8000h
        ljmp    START
        org     802Bh
intT2:  .........
        .........
        .........
        pop     DPL
        pop     DPH
        pop     Acc
        reti
;*******************************************************
START:
        mov     T2CON, #0       ;czasomierz z automat.
                                ;ładowaniem wart.
                                początkowej z RLD
        mov     RLDH, #0FEh
        mov     RLDL, #0Ch      ;załadowanie wartości FE0Ch
                                ;(początkowej)
        mov     TH2, RLDH
        mov     TL2, RLDL       ;aby prawidłowo zainicjować
                                ;pierwsze przepełnienie
        setb    TR2             ;start licznika T2
        .......
        .......                 ;dalsze instrukcje
        .......

        END
```

Nie należy jednak zapominać że w licznik T2 wyposażony jest procesor 8052/C, toteż jeżeli masz w komputerku AVT-2250 procesor 8051/C51, to musisz go po prostu wymienić na właściwa kostkę. W sklepie nie powinna ona kosztować więcej jak 5zł.

Specjalne tryby pracy

W tej części artykułu omówię tryby pracy procesora, dzięki którym możliwe jest realizowanie ciekawych rozwiązań układowych, np. urządzeń zasilanych z baterii – czyli takich, w których kwestia poboru energii jest elementem krytycznym.

W obszarze rejestrów SFR procesora (przypominam – jest to wewnętrzna pamięć danych RAM adresowana bezpośrednio, o adresach 80h...FFh) znajduje się jeszcze jeden ciekawy rejestr specjalnego przeznaczenia. Jego funkcją jest kontrola specjalnych trybów pracy procesora, a mianowicie:
– trybu tzw. „jałowego”,
– trybu tzw. „uśpienia”.

Z grubsza rzecz ujmując tryby te różnią się od siebie stopniem poboru mocy przez procesor, oraz funkcji, jakie pozostają aktywne w tych trybach pracy w odróżnieniu od normalnego trybu pracy procesora.

Przejdźmy zatem do omówienia rejestru PCON, bo o nim jest mowa. Poniżej przedstawione jest znaczenie poszczególnych bitów tego rejestru. Warto przy tym zauważyć, że rejestr nie może być adresowany bitowo, toteż nie da się sterować jego poszczególnymi bitami poprzez instrukcje typu:
SETB bit
lub
CLR bit

nazwa:									adres:
PCON	**SMOD**	**–**	**–**	**–**	**GF1**	**GF0**	**PD**	**IDL**	**87h**

Rejestr PCON jest umieszczony pod adresem 87h w obszarze SFR procesora. Zawiera 5 istotnych dla użytkownika bitów.

SMOD (bit .7) – bit podwojenia szybkości transmisji poprzez port szeregowy w trybach 1,2 lub 3 pracy. Ustawienie tego bitu (SMOD=1) powoduje dwukrotne zwiększenie częstotliwości taktowania portu szeregowego poprzez licznik T1, kiedy ten pracuje w trybie taktowania tego portu. W odcinku, w którym omawiałem port szeregowy, w zamieszczonej tam tabeli podałem przykłady wartości początkowych dla standardowych prędkości transmisji asynchronicznej. Wszystkie odnosiły się właśnie do podwojonego trybu prędkości transmisji, kiedy bit ten jest ustawiony. Jeżeli nie chcemy pracować w trybie podwojonej prędkości, bit ten powinien być wyzerowany (PCON=0).

Ustawienie bitu SMOD w rejestrze PCON można wykonać za pomocą instrukcji, np.:

```
ORL     PCON, #80h
```

wyzerowanie zaś za pomocą instrukcji:

```
ANL     PCON, #7Fh
```

– (bity: 6...4) – nie wykorzystane

GF1 (bit .3) – bit programowy do dowolnego wykorzystania przez programistę
GF0 (bit .2) – bit programowy do dowolnego wykorzystania przez programistę
PD (bit .1) – bit włączający tryb obniżonego poboru mocy – „uśpienia”. Ustawienie tego bitu powoduje wprowadzenie procesora w tryb uśpienia, kiedy to pobór prądu spada o około 500 razy, a napięcie zasilające Vcc może być obniżone do 2,0V. Wykonanie instrukcji ustawiającej ten bit jest ostatnim poleceniem wykonanym przez procesor w programie.
IDL (bit .0) – bit włączający tryb „jałowy” procesora.

Poniżej nieco dokładniej omówię oba tryby pracy.

Tryb jałowy

Instrukcja, która ustawia bit PCON.0 powoduje wprowadzenie procesora w ten tryb. Jest ona ostatnią wykonywaną przez procesor instrukcją. Wewnętrzny sygnał zegarowy zostaje odłączony od jednostki centralnej (CPU), ale układ przerwań, port szeregowy i licznikowy pracują dalej, jeżeli wcześniej były odpowiednio skonfigurowane i ustawione. Stan całego procesora, a więc stan:
– rejestrów specjalnych SFR,
– pamięci wewnętrznej RAM użytkownika
– pinów portów P0...P3
pozostaje bez zmian i jest taki sam jak był tuż przed wejściem procesora w tryb jałowy.

Końcówki ALE i /PSEN procesora ustawiają się w stan wysoki.

Istnieją dwa sposoby na wyjście z tego stanu:

1) Nadejście dowolnego przerwania – oczywiście jeżeli było ono wcześniej uaktywnione w rejestrze IE. Pojawienie się przerwania zeruje automatycznie (bez udziału programu użytkownika) flagę PCON.0 – i procesor powraca do normalnej pracy, z tym, że następną instrukcją po wyjściu ze stanu jałowego pod wpływem przerwania będzie pierwsza znajdująca się w procedurze obsługi danego przerwania, aż do instrukcji RETI, kiedy to procesor automatycznie powraca do instrukcji następnej po tej, która wprowadziła procesor w stan jałowy, czyli tej, która ustawiła bit IDL w rejestrze PCON.
2) Drugim sposobem na wyjście z tego stanu jest zerowanie procesora. Ze względu na fakt, że podczas trybu „jałowego” procesora pracuje nadal zegar systemowy, do prawidłowego zresetowania potrzebny jest impuls zerujący o długości co najmniej 24 okresów oscylatora.

Tryb uśpienia – obniżonego poboru mocy

W tym trybie, obecnie stosowanym przez producentów tylko w kostkach typu CMOS, czyli np. 80C51 lub 80C, cały mikrokontroler pobiera znacznie mniej energii, oraz dodatkowo napięcie zasilające układ może zostać zmniejszone od standardowych 5V do 2,0V. Instrukcja ustawiająca bit PD (PCON.1) jest ostatnią wykonywaną przez procesor. W trybie tym oscylator procesor

zostaje wyłączony (po prostu staje). Zostają odłączone wszystkie układy funkcjonalne procesora, takie jak układy licznikowe, port szeregowy, układ przerwań. Pozostaje jedynie niezmieniona zawartość wewnętrznej pamięci RAM, w tym pamięci użytkownika oraz rejestrów specjalnych SFR. Piny portów pozostają zgodne ze stanami odpowiadających im bitów w rejestrach P0...P3 w obszarze SFR. Końcówki ALE i PSEN znajdują się w stanie niskim. W tym trybie pracy procesora, a raczej nie trybie pracy, co uśpienia, procesor pobiera około 500 razy mniej prądu niż w stanie normalnej pracy. Dla przykładu podam, że dla kostki 80C51 (czyli w wersji CMOS) :

– w trybie pracy normalnej pobór prądu wynosi ok. 20mA (przy fxtal=12MHz)
– w trybie „jałowym” pobór prądu spada do około 3,0 mA (przy fxtal=12MHz)
– w trybie uśpienia pobór prądu przez układ wynosi ok. 50µA (mikroamper!), przy obniżeniu zasilania do 2,0V.

Jedyną metodą na opuszczenie trybu uśpienia i powrót do normalnej pracy jest wyzerowanie mikroprocesora poprzez podanie impulsu resetującego na wejście RST (pin 9) o czasie trwania ok. 10ms.

Reset procesora

Popularne zresetowanie odbywa się poprzez podanie impulsu dodatniego na wejście RST kostki (pin 9) zgodnie z zasadami, które omówiłem przed chwilą. Najprostsze i bardziej rozbudowane układy resetowania mikrokontrolerów serii MCS-51 podałem w jednym z pierwszych odcinków klasy mikroprocesorowej.

W wyniku zresetowania rejestru układy specjalne procesora (SFR) zostają automatycznie zainicjowane wartościami, jak podaję w tabeli poniżej:

Rejestr	*Wartość po „RESET”*	*Uwagi*
PC	0000h	licznik rozkazów
ACC	00h	akumulator
B	00h	rejestr B
PSW	00h	słowo stanu programu
SP	07h	wskaźnik stosu
DPTR	0000h	wskaźnik danych
P0...P3	FFh	porty
IP	xxx00000b	rejestr priorytetu przerwań
IE	0xx00000b	rejestr masek przerwań
TMOD	00h	rej. liczników T0 i T1
TCON	00h	rej. ster. liczników i przerwań
TH0	00h	
TL0	00h	
TH1	00h	
TL1	00h	
SCON	00h	rejestr portu szeregowego
SBUF	zmienny	bufor portu szeregowego
PCON (MOS)	0xxxxxxx	dla układów NMOS (8051/2)
PCON (CMOS)	0xxx0000b	dla ukł. CMOS (80C51/52)

Uwaga: litera „x” oznacza, że dany bit przyjmuje wartość przypadkową lub nie jest implementowany w danym rejestrze. Wartość po „RESECIE” przedstawiono w formacie szesnastkowym lub binarnym (z „b” na końcu) celem ułatwienia analizy i porównania z opisem rejestrów SFR na wkładce z numeru Edw 11/97.

Programując mikrokontrolery 8051/52, trzeba pamiętać o tym fakcie, toteż szczególnie w przypadku wykorzystania specjalnych trybów pracy należy mieć na względzie fakt, że rejestry specjalne zostają utracone po resecie procesora, a więc konieczne jest ich odtworzenie, oczywiście tylko w razie takiej konieczności.

Jeżeli ktoś interesuje się szczegółami, dotyczącymi architektury wewnętrznej mikrokontrolera 80C51 lub podobnych, które nie za często są wykorzystywane w projektach, przynajmniej przez początkujących programistów, może sięgnąć do literatury [1] i [2]. Obie pozycje wymagają jednak znajomości podstaw terminologii technicznej jęz. angielskiego. Chętnych zapraszam do lektury, pozostałym proponuję poczekać na kolejny odcinek naszego cyklu.

Sławomir Surowiński

Literatura:
[1] 80C51-based 8-bit Microcontrollers, Data Handbook, Philips 1995
[2] Microcontroller Data Book, Atmel 1995,6,7

Lekcja 9

Na początku lekcji zajmijmy się rozwiązaniem zadań z poprzedniego numeru EdW i odcinka klasy mikroprocesorowej.

Rozwiązanie zadania nr 1

Oto krótka analiza głównej części listingu od etykiety START.

W linii (72) profilaktycznie zatrzymujemy licznik T1. W dwóch kolejnych liniach ustawiamy tryb pracy licznika T1, jako czasomierza zliczającego wewnętrzne impulsy zegarowe (tryb pracy 0). W linii (75) wpisujemy obliczoną wartość początkową, przy której licznik będzie przepełniany okładnie co 1/128 sekundy.

W linii (76) wyzerowany zostaje licznik zliczający 1/128 części sekundy, a w kolejnej linii (77) załadowany zostaje do zmiennej systemowej komputerka starszy bajt 16-bitowego adresu tabeli wektorów przerwań w zewnętrznej pamięci programu.

Należy jeszcze w linii (78) odblokować przerwanie od licznika T1 (przepełnienie licznika) oraz ustawić priorytet na to przerwanie (linia 79) inaczej bowiem odmierzanie czasu może być zakłócone pracującym przecież stale licznikiem T0 i wywoływaną przez jego przepełnienia procedurą obsługi przerwania, która zajmuje się obsługą wyświetlacza i klawiatury komputerka edukacyjnego AVT-2250.

Po zainicjowaniu układu licznikowego T1 oraz przerwania od tego licznika, w linii 81 profilaktycznie czyścimy wyświetlacz, aby potem w liniach (82)...(85) pobrać z klawiatury godzinę początkową i w linii 86 zapamiętać ją w komórce GODZ. Podobnie dzieje się dla minut – linie (88)...(91) i sekund – linie (94)...(98).

Po wprowadzeniu (ustawieniu czasu) zapalone zostają poziome kreski oddzielające godziny od minut (linia 100) i minuty od sekund (linia 101), a następnie po koniecznym ze względu na drgania styków klawiatury opóźnieniu (ok. 0,5 s.) – linie (102),(103), komputerek oczekuje na naciśnięcie klawisza przez użytkownika celem uruchomienia zegara. Uruchomienie następuje w kolejnej linii (105), a dalej znajduje się część programu, której zadaniem jest wyświetlanie upływającego czasu na wyświetlaczu – od etykiety „pokaz:” w linii (107).

Dzięki badaniu bitu nr 6 w zmiennej „licz128”, który przecież zmienia swój stan co 0,5 sekundy (linia 109), możliwe jest naprzemienne gaszenie kresek (linie 110,111) oraz ich zapalanie – linie (113) i (114).

Dalej od etykiety „czas:” rozpoczyna się wypisanie czasu, czyli wyświetlane są godziny – linie (116...118), minuty – linie (119...121) oraz sekundy – linie (122...124).

W linii (125) następuje skok do początku, gdzie następuje kolejne uaktualnienie wyświetlanego czasu.

Rozwiązanie zadania nr 2

Aby wyświetlić aktualny czas w trybie jak pokazano w zadaniu, czyli:

1 2 – 3 4 .5 8

wystarczy zmodyfikować podane linie na postać jak poniżej:

```
linia  adres  kod          instrukcja
-----------------------------------------------
101  8099  757D80          mov    DL6,#_kropka
111  80AE  757D80          mov    DL6,#_kropka
114  80B6  757D80          mov    DL6,#_kropka
```

lub w zależności od swoich upodobań posłużyć się zmienną systemową: “blinks”, której każdy z bitów określa atrybut wyświetlanego znaku, czy ma migać, czy być normalnie wyświetlanym.

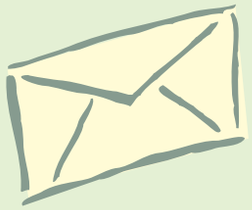
Ponieważ nie dotarły do mnie jeszcze listy z rozwiązaniami zadania nr 3, pozwolę sobie zamieścić najciekawsze propozycje w kąciku pocztowym 8051 w kolejnym numerze EdW.

Uwaga!

W poprzedniej lekcji nr 8 do listingu wkradły się drobne błędy, a mianowicie, komentarze w liniach o podanych numerach powinny wyglądać następująco:

(74) .... ;T1 jako 8-bitowy z preskalerem 5-bitowym
(76) .... ;wyzerowanie licznika 1/128 s.

Sławomir Surowiński



Kącik pocztowy 8051

Zasypany wieloma listami, dotyczącymi cyklu artykułów poświęconych programowaniu mikrokontrolerów 8051, postanowiłem uruchomić kącik pytań i odpowiedzi, które kierujecie do mnie w swoich listach.
Na wstępie chciałem bardzo podziękować za każdy list, zarówno te pochwalne jak i krytyczne. Przyznam że, cieszy mnie bardzo fakt, iż tak wielu z Was zdecydowało się sięgnąć po „mikroprocesory", a co najważniejsze odnosi już małe, ale jak ważne w nauce sukcesy.

Dziś kolejna porcja listów od Czytelników i odpowiedzi na niektóre pytania.

List 1

Zenon Rakoczy z Chropaczowa ma wątpliwości co do instrukcji
MOV adres1, adres2
a ponieważ, jak pisze, jest „ręczniakiem" problem pojawił się w transkrypcji na języka maszynowy bez korzystania z komputera i asemblera 8051.

Jak pisałem wcześniej w artykułach instrukcje typu
MOV X, Y
kopiują zawartość po stronie Y do literału X, czyli następuje przeniesienie typu
X <— Y
i wszystko się zgadza. Zenon ma wątpliwości, jak należy przetłumaczyć np. instrukcję:
MOV DPH, B

Jak wynika z wcześniejszych analiz instrukcji tego typu, najpierw należy zapisać bajt określający instrukcję MOV tego typu, czyli zgodnie z tabelą we wkładce będzie to:
85 – kod instrukcji „MOV adres1, adres2"
83 – adres rejestru DPH
F0 – adres rejestru B, czyli
instrukcję tę można zapisać jako ciąg bajtów: 85 83 F0.

Niestety, jak podawałem wcześniej, podczas opisu instrukcji procesora ten typ instrukcji jest wyjątkiem i kolejność rejestrów po przetłumaczeniu będzie odwrotna, czyli: **85 F0 83**.

Oczywiście nie zmienia to działania tej instrukcji, po prostu tak tłumaczy się ją na język maszynowy.

Przy okazji podczas omawiania tej instrukcji w EdW w opisie wkradł się błąd, było zatem:
MOV adres1, adres2
– przepisanie zawartości komórki o adresie **„adres1"** do komórki o adresie **„adres2"**
a powinno być:
MOV adres1, adres2
– przepisanie zawartości komórki o adresie **„adres2"** do komórki o adresie **„adres1"**
dalsza część opisu jest bez błędu, czyli:
(adres1) <- (adres2)
- kod: 1 0 0 0 0 1 0 1
- cykle: 2 bajty: 3 (kod instrukcji + adres2 + adres1)
- przykład:

```
MOV     7Fh, 7Eh  ;przepisanie zawartości dwóch
                  ;sąsiadujących komórek w
                  ;wew. RAM procesora
```

List 2

Marcin Jurzak nadesłał wiadomość przez Internet, że ma kłopoty z przesyłaniem programów z komputera do komputerka. Za każdym razem, kiedy transmisja zaczyna się na wyświetlaczu kompterka edukacyjnego, pojawia się napis **„Err"** – czyli komunikat błędu.

Jeżeli taki komunikat pojawia się oznacza to, że kabel wykonał poprawnie, i dane przesyłane są z PC-ta do komputerka AVT-2250, z tym, że nie są zrozumiałe dla BIOS-a, stąd komunikat o błędzie. Powodów takiego stanu rzeczy może być kilka:

a) nie ustawione parametry portu szeregowego w PC-cie – powinien wydać komendę ustawiającą je, jak opisywałem przy okazji opisu Bios-a komputerka, a mianowicie z poziomu DOS-a wywołać komendę:
MODE COM2: 4800, n, 8, 1 {Enter}

Jeżeli korzysta z Windows 95, należy parametry portu ustawić w Panelu sterowania w opcji System – Menedżer Urządzeń, ustawiają parametry:
Bitów na sekundę : 4800
Bity danych: 8
Parzystość: brak
Bity stopu: 1
Sterowanie przepływem: Brak

oraz dodatkowo w opcji „Zaawansowane..." koniecznie wyłączyć (odhaczyć) opcję buforowania poprzez FIFO.

b) inną przyczyną może być fakt, że próbuje wysyłać zbiory binarne, a nasz komputerek akceptuje tylko zbiory w formacie Intel-HEX, radzę sprawdzić.

Czytelnik ma także wątpliwości co do rysunku kabla połączeniowego PC z komputerkiem AVT-2250 w wersji 9 na 25 pinów. Informuję, że rysunek jest prawidłowy, a skrzyżowanie 2 z 3 występuje tylko w kablu „9 na 9". We wtyku DB25 znaczenie końcówek 2 i 3 jest dokładnie odwrotne niż na końcówce DB9, stad brak krzyżowych połączeń.

List 3

Łyżka miodu od Czytelników: **Wiesław Kusek z Mielca** pisze:
"...Otrzymałem niedawno obiecany bezpłatnie zestaw AVT-2250. Od razu chcę bardzo podziękować za ten zestaw. I w związku z tym mam kilka uwag i spostrzeżeń, oraz co nie udało mi się uniknąć – pytań. ... Kit AVT-2250 – bardzo dobra ocena. Rzecz droga, ale wiadomo pewnych rzeczy nie da się przeskoczyć. Układ przemyślany i dopracowany do końca, co świadczy o dużej fachowości autora opracowania i co dla mnie – początkującego w tym temacie najważniejsze – w dość jasny i czytelny sposób opisany. Chociaż kilku zdań nie rozumiem. Brawo za wysoką jakość płytek drukowanych. Układ został przeze mnie zmontowany i po włączeniu zasilania ruszył bez żadnego problemu."

Adam Szendzielorz z Wodzisławia Śląskiego napisał do nas:
„.. Niedawno otrzymałem od Was w/w układ „mikrokomputerka edukacyjnego.... Po odebraniu go na poczcie, czym prędzej wziąłem się do montowania go. W jakieś 3 godziny układ stał na stole gotowy – trzeba było tylko jeszcze sprawdzić czy działa... Po podłączeniu zasilania na wyświetlaczach ukazał się napis „-HELLO" !!! Sam nie mogłem uwierzyć – po raz pierwszy w mojej karierze już po pierwszym uruchomieniu (w sumie dość skomplikowanego układu) działał on poprawnie!!! – to chyba dzięki bardzo starannie wykonanych płytek drukowanych i sprawnych elementów, choć moja staranność przy jego wykonywaniu też na pewno temu sprzyjała. ("Ależ oczywiście! – przyp. red.) Po pierwszych emocjach zacząłem przerabiać wszystkie lekcje EdW dotyczące procesorów – nie jest to łatwe, ale myślę, że w drodze praktyki będzie to prostsze i lepiej to zrozumiem.
Ponieważ posiadam komputer PC, wykonałem kabel łączący go z układem. I tu mała uwaga i jednocześnie prośba... Ręczne wklepywanie to chyba strata czasu (który można by wykorzystać do innych celów), pisanie na komputerze to już coś – można to zapisać, ponownie odtworzyć i przesłać do komputerka, łatwiej coś zmienić, a przede wszystkim wykonuje się to „duuuużo" szybciej."

Takich listów otrzymuję bardzo duże. Cieszymy się z tego, że większość z Was nie ma problemów z uruchamianiem układu komputerka edukacyjnego AVT-2250. Jednak do redakcyjnego serwisu trafiają czasem z reklamacją zestawy nie działające. Powodem takiego stanu rzeczy i często zażenowania nabywcy jest niestaranny, często budzący zgrozę sposób montażu. Apeluję więc, nie starajcie się lutować elementów „byle czym" i mierzcie swoje siły na zamiary, a każdy układ elektroniczny odpali bez problemów. Jeżeli nie czujecie się na siłach w samodzielnym zmontowaniu, proponuje zamówienie w AVT zmontowanego komputerka – kit AVT-2250/C.

P.S. Adamie z Wodzisławia, brakującą dyskietkę AVT-2250/D otrzyma jak tylko pojawią się one w magazynie AVT. W razie kłopotów proszę o kontakt z Działem Handlowym AVT i potwierdzenie swego zamówienia.

List 4

Tomasz Jabłonowski z Moniek pisze:

– że, po pierwsze, nie może znaleźć „we wkładce" (zapewne EdW) np. *CLS, A2HEX* itp.
– po drugie, „inne" kompilatory nie rozumieją argumentów niektórych publikowanych w cyklu komend, np.
DL1,#_minus

Szanowny kolego, wyrażenia typu CLS, A2HEX, DPTR4HEX, to nie są komendy procesora 8051, ale zaproponowane przez autora cyklu szkoły mikroprocesorowej nazwy procedur (podprogramów) umieszczonych w pamięci EPROM komputerka. Pisałem o tym wiele razy. Pod nazwami tymi kryją się konkretne adresy, proszę zajrzeć do zbiorów BIOS.INC, które znajdują się na dyskietce AVT-2250/D.

To samo dotyczy niektórych zdefiniowanych konkretnie dla naszego komputerka edukacyjnego stałych i zmiennych, a więc:

DL1 – pod tą nazwą kryje się adres komórki w wewn. RAM procesora, która przechowuje znak do wyświetlenia na pozycji nr 1 (pierwszy wyświetlacz).

_minus – pod tą nazwą kryje się stała (liczba), która określa kolejność zapalonych segmentów wyświetlacza podczas wyświetlania znaku „-".

Toteż jeżeli zechcesz używać innego kompilatora, powinieneś zadeklarować na początku programu przed instrukcjami następujące przypisania:

```
DL1     equ   78h
_minus  equ   01000000b
```

To samo dotyczy wszelkich innych nazw, którymi operujemy w naszych artykułach, a które można znaleźć w zbiorach CONST.INC i BIOS.INC na dyskietce do systemu AVT-2250.

List 5

Bardzo ciekawy list od Czytelnika z Katowic **Marek Joniec** pyta mianowicie:

1) „... dlaczego wszelkie napisy adresów i danych dokonuję w kodzie heksadecymalnym, skoro procesor i układy zewnętrzne operują danymi binarnymi, w którym momencie i gdzie np. dana „D9h" jest transkodowana na liczbę dwójkową „11011001".
2) Czy jeżeli system działa tylko z zewnętrzną pamięcią RAM, która w naszym przypadku posiada przestrzeń adresową 8000h...FFFFh, to gdzie mam w niej szukać obszaru rejestrów specjalnych SFR? Czy obszar ten jest automatycznie gdzieś umiejscowiony, czy też odpowiedzialny jest za to monitor systemowy?
3) Jeżeli w specyfikacji rejestrów podane jest, że rejestr PSW posiada adres D0h, to gdzie się on znajduje w moim RAM-ie ?
4) Dlaczego chcąc wpisać jakąś liczbę na dany wyświetlacz odwołuję się do adresów 78h...7Fh (przecież są to adresy pamięci programu EPROM, a nie pamięci RAM).
5) Większość rozkazów asemblerowych wymaga podania adresu bezpośredniego „xx", co to znaczy i jak mam adresować obszar 8000h..FFFFh za pomocą dwóch pozycji?
6) W jaki sposób mam wprowadzać dane z klawiatury do pamięci nie używając gotowego polecenia GETACC zawartego w monitorze?
7) Na czym polega w praktyce adresowanie bitowe rejestrów specjalnych ?

Oto odpowiedzi

Ad.1 Zapisywanie wszelkich wartości liczbowych oraz kodu maszynowego procesora w zapisie szesnastkowym (heksadecymalnym) jest najbardziej naturalnym i czytelnym, jak się wkrótce przekonasz, sposobem. Szesnastkowy zapis, szczególnie w ujęciu techniki cyfrowej, mikroelektroniki, mikrokontrolerów i wreszcie komputerów jest tym, czym język narodowy danego kraju.

Prawdą jest, że układy komputerowe przetwarzają wszystko w kodzie binarnym, ale nam ludziom trudno byłoby „czytać" i analizować kod programu w takiej postaci, aczkolwiek jeszcze przed kilkudziesięcioma laty taki sposób programowania był jedynym – lecz były to lata 50. i początki techniki komputerowej.

Prosty przykład, łatwiej odnaleźć (wzrokowo) i rozróżnić dwie liczby, np.:
1234h i ABCDh
niż te same zapisane w postaci binarnej, a więc:
0001001000110100b i 1010101111001101b

Jeżeli chodzi o drugą, dość oryginalną część pytania, to mogę mieć pewien problem z odpowiedzią, bowiem fakt zamiany, o której Czytelnik mówi, można by porównać z czymś tak oczywistym, a jednocześnie trudnym do opisania jak np. „słuchanie czyjejś mowy i wyciąganie z niej wniosków".

Aby jednak zaspokoić ciekawość Czytelnika można powiedzieć, że w przypadku mikrokontrolerów zamiana liczby z kodu szesnastkowego na binarny fizycznie odbywa się w momencie:

– w przypadku pobierania rozkazów z pamięci EPROM komputerka – w momencie programowania pamięci EPROM w urządzeniu zewnętrznym zwanym programatorem pamięci EPROM, który wczytuje zbiory np. Intel-HEX (takie jakie tworzy nasz kompilator) a następnie zapisuje dane o programie w pamięci EPROM korzystając z linii adresowych kostki pamięci oraz z linii (np. 8) danych D0...D7, których przecież jest 8 tak jak jest 8 bitów w jednym bajcie informacji.
– w przypadku przesyłania danych z komputera PC do komputerka – już w momencie transmitowania danych z komputera, który zamienia informację na szeregową, czyli ciąg bitów z odpowiednimi sygnałami sterującymi.

Zresztą najlepszą odpowiedzią na to pytanie może być fakt, że sam mikrokontroler 8051 i wszystkie pozostałe układy tego typu pobierają i wysyłają informację już w postaci binarnej poprzez swoje końcówki w obudowie, których może być więcej lub mniej. W przypadku 8051 i podobnych mu są to 4-8-bitowe porty P0...P3.

Tak więc informacja trafia do procesora – wychodzi z niego zawsze w postaci binanej, to tylko peryferyjne układy zewnętrzne transformują ją na postać bardziej czytelną dla użytkownika czy programisty i o to przecież chodzi, tak działa postęp.

Dlatego w komputerze PC używamy monitora czy klawiatury, które przecież też za pomocą dodatkowych urządzeń (takich jak karta graficzna) zamieniają informację bitowa na postać bardziej czytelną np. szesnastkową i wyświetlają ją na ekranie, czy zamieniają wciśnięty klawisz na sekwencję bitów odpowiadającą kodowi danego klawisza.

Ad.2 Jeszcze raz wyjaśniam.

a) Istnieją dwa rodzaje pamięci danych – **wewnętrzna i zewnętrzna**
b) **wewnętrzna zawarta jest fizycznie w strukturze procesora 8051** (w kostce).

Procesor ten zawiera dokładnie: 128 komórek (bajtów) pamięci użytkownika o adresach: 00h....7Fh oraz 128 komórek (nie wszystkie aktywne) o adresach 80h...FFh, pod którymi to znajdują się rejestry specjalne SFR procesora.

To wszystko zawarte jest w strukturze procesora, pamiętajmy!

Adresowanie tej pamięci RAM (wewnętrznej) odbywa się za pomocą wszystkich rozkazów procesora typu MOV oraz rozkazów wykonujących operacje arytmetyczne lub logiczne na komórkach tej pamięci, czyli : ANL, ORL, XRL, ADD, SUBB, INC, DEC, itd.

c) zewnętrzna pamięć RAM to pamięć, jak sama nazwa wskazuje, dołączana z zewnątrz w postaci kostek SRAM o rozmiarze maksymalnie 64kB (65536 bajtów). Adresowanie tej pamięci odbywa się za pomocą tylko 2 rozkazów, a mianowicie:

MOVX A, @DPTR – odczyt danej z komórki w **zewnętrznej** pamięci danych o adresie zawartym w DPTR (czyli pokrywającym całe 64kB, 0...FFFFh) i umieszczenie jej w akumulatorze (Acc), czyli rejestrze w **wewnętrznej** RAM procesora o adresie bezpośrednim E0h.

MOVX @DPTR, A – zapis danej z komórki z akumulatora do **zewnętrznej** pamięci danych pod adres wskazany w rejestrze DPTR (uwagi jw.).

Ad.3 Po odpowiedzi na pyt. poprzednie odpowiedź na to pytanie jest oczywista – w PSW znajduje się w wewnętrznej pamięci RAM procesora (w kostce) pod adresem D0h.

Ad.4 To nieprawda, że adresy „odwołań do wyświetlacza" znajdują się w EPROM-ie. Pisząc program wykorzystujący procedury BIOS-a komputerka edukacyjnego AVT-2250 programista może dla ułatwienia skorzystać z usług prowadzonych przez monitor.

I tak, fizycznie monitor komputerka w procedurze obsługi przerwania (pojawiającej się okresowo dokładnie 512 razy na sekundę) pobiera cyklicznie zawartość kolejnych rejestrów DL1...DL8, czyli o adresach 78h...7Fh w **wewnętrznej RAM** procesora, a następnie przepisuje je do zatrzasku (74574) na płytce wyświetlacza, który to steruje układem ULN2803A – patrz schemat komputerka edukacyjnego. Sekwencję tę można zilustrować następująco:

```
MOV     A, DL1          ;załadowanie do akumulatora
                        ;zawartości rejestru DL1
MOV     DPTR, #4000h    ;załadowanie do DPTR adresu rejestru 74574
MOVX    @DPTR, A        ;wreszcie przesłanie zawartości akumulatora
                        ;do rejestru celem wyświetlenia
```

Ad.5 Po przeczytaniu odpowiedzi na pytanie 2, wiesz już, drogi Czytelniku, że nie da się zaadresować zewnętrznej pamięci RAM

(0000...FFFFh) za pomocą rozkazów z argumentami adresu jako „xx", a jedynie rozkazami typu MOVX.

Ad.6 Wprowadzanie danych do pamięci komputerka bez użycia procedury GETACC jest oczywiście wykonalne. Trzeba tylko napisać krótki programik, który będzie realizował tę funkcję, poniżej podaję kod źródłowy polecenia, który odpowiada temu zawartemu w BIOS-ie komputerka.

```
;*******************************************************
GETACC:
        push    B
        acall   GETDIGIT;pobiera Acc z klawiatury z poz w B
        swap    A
        push    Acc
        inc     B
        acall   GETDIGIT
        pop     B
        add     A,B
        pop     B
        ret

;*******************************************************
;Procedura pomocnicza pobierająca znak z klawiatury z wyświetleniem
GETDIGIT:                       ;pobiera cyfrę z pozycji w B
        push    DPH
        push    DPL
        push    B
        mov     A,#DL1
        add     A,B
        dec     A
        mov     R0,A            ;adres pozycji displeja
czek1:  acall   CONIN
        cjne    A,#klaw_OK,nieok
        sjmp    czek1
nieok:  clr     C
        subb    A,#30h
        mov     DPTR,#kodyk
        movc    A,@A+DPTR       ;pobranie wartości pobajtu
(0...15)
        mov     B,A
        mov     DPTR,#cyfry
        movc    A,@A+DPTR       ;pobranie znaku na displej
        mov     @R0,A           ;i wyświetlenie go
        mov     A,#nullkey
        acall   DELAY
        mov     A,B
        pop     B
        pop     DPL
        pop     DPH
        ret
```

Zapis danej w pamięci komputerka pod wskazanym adresem można zrealizować także za pomocą takiego prostego listingu:

```
;*******************************************************
EXRAM_ZAPIS:
    mov  DPTR,#adres        ;w miejsce „adres" podać adres
    mov  A, #dana           ;w miejsce „dana" wpisać daną
    movx@DPTR, A                    ;zapis do zewn. RAM
    ret
```

Problem tylko w tym, że aby zapisać np. 100 komórek pamięci, trzeba za każdym razem podawać inny adres i daną. I po to są takie procedury standardowe jak GETACC, CONIN, aby to robić bezboleśnie i bez potrzeby kompilowania programiku EXRAM_ZAPIS np. 100 razy.

Ad.7 Na koniec bardzo słuszne pytanie na temat mało poruszany w naszym cyklu a mianowicie **adresowania bitowego rejestrów**.

Adresowanie bitowe rejestrów polega na odczycie lub modyfikowaniu (zapisie) poszczególnych bitów niektórych rejestrów z obszaru **wewnętrznej pamięci danych** procesora.

Należy wiedzieć, że nie wszystkie z 256 rejestrów RAM procesora (128 użytkownika + 128 SFR) „dają się" w ten sposób zapisywać lub odczytywać.

Spośród rejestrów specjalnych SFR do takich, które można modyfikować bit po bicie należą :
– rejestr B
– akumulator Acc
– słowo stanu PSW
– rejestr sterujący licznika T2: T2CON
– rejestr priorytetu przerwań: IP
– rejestr maski przerwań: IE
– rejestr sterujący portem szeregowym: SCON
– rejestr sterujący licznikami T0, T1 oraz INT0 i INT1: TCON
– oczywiście rejestry portów I/O procesora: P0, P1, P2, P3

Każdy bit rejestru adresowalnego bitowo posiada swój adres, tak jak ponumerowane są rejestry w wewn. RAM procesora. W jaki sposób można więc rozróżnić adresowanie rejestrów od adresowania bitów. To proste, w liście instrukcji procesora 8051 istnieją po prostu instrukcje specjalne operujące na bitach, przedstawiłem je kilka numerów temu, kiedy to omawialiśmy instrukcje procesora – zapraszam do powtórki.

Oprócz niektórych rejestrów SFR, także część rejestrów z obszaru wewnętrznej pamięci użytkownika, tj. o adresach 00...7Fh także daje się adresować. Są to rejestry o adresach: 20h...2Fh. Rejestrów jest więc 16, czyli bitów do adresowania jest 16 x 8 = 128.

Rozkład adresów poszczególnych bitów tych rejestrów jest bardzo prosty, oto on:

adres bajtu	adresy bitów (HEX)							
2Fh	7F	7E	7D	7C	7B	7A	79	78
2Eh	77	76	75	74	73	72	71	70
2Dh	6F	6E	6D	6C	6B	6A	69	68
..... itd.								
21h	0F	0E	0D	0C	0B	0A	09	08
20h	07	06	05	04	03	02	01	00

..... itd. .....

Jeżeli chodzi o adresy bitów rejestrów SFR procesora 8051, to przedstawiam je poniżej.

adres rejestru	adresy bitów (HEX)								nazwa rejestru
F0h	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0	**B**
E0h	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0	**Acc**
D0h	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	**PSW**
C8H	CF	CE	CD	CC	CB	CA	C9	C8	**T2CON**
B8H	–	–	BD	BC	BB	BA	B9	B8	**IP**
B0h	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	**P3**
A8h	AF	–	AD	AC	AB	AA	A9	A8	**IE**
A0h	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	**P2**
98H	9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98	**SCON**
90h	97	96	95	94	93	92	91	90	**P1**
88h	8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88	**TCON**
80H	87	86	85	84	83	82	81	80	**P0**

Jak widać z obu tabel, adres rejestrów użytkownika i SFR nie pokrywają się, co umożliwia jednoznaczne rozróżnienie ich podczas adresowania bitowego. I tak np. wydanie polecenia:

SETB 0AFh

spowoduje ustawienie bitu 7 (najstarszego) w rejestrze IE, czyli bitu o nazwie EA – odblokowującego przerwania.

Operacje tę można przeprowadzić także za pomocą modyfikacji całego rejestru, ale nie będzie to już adresowanie bitowe:

ANL IE, #7Fh

Inny przykład, wydanie polecenia:

MOV 0Eh, C

spowoduje w efekcie skopiowanie bitu C, czyli bitu 7 w słowie PSW (adres bitu: D7h) do bitu 6 w rejestrze o adresie 21h w wewnętrznej RAM – obszar rejestrów użytkownika. Kwestie adresowania bitowego poruszę w następnym odcinku klasy mikroprocesorowej.

Na razie radzę przypomnieć sobie zasady dotyczące adresowania i operacji na bitach z odcinków kursu poświeconych liście rozkazów procesora 8051.

Sławomir Surowiński