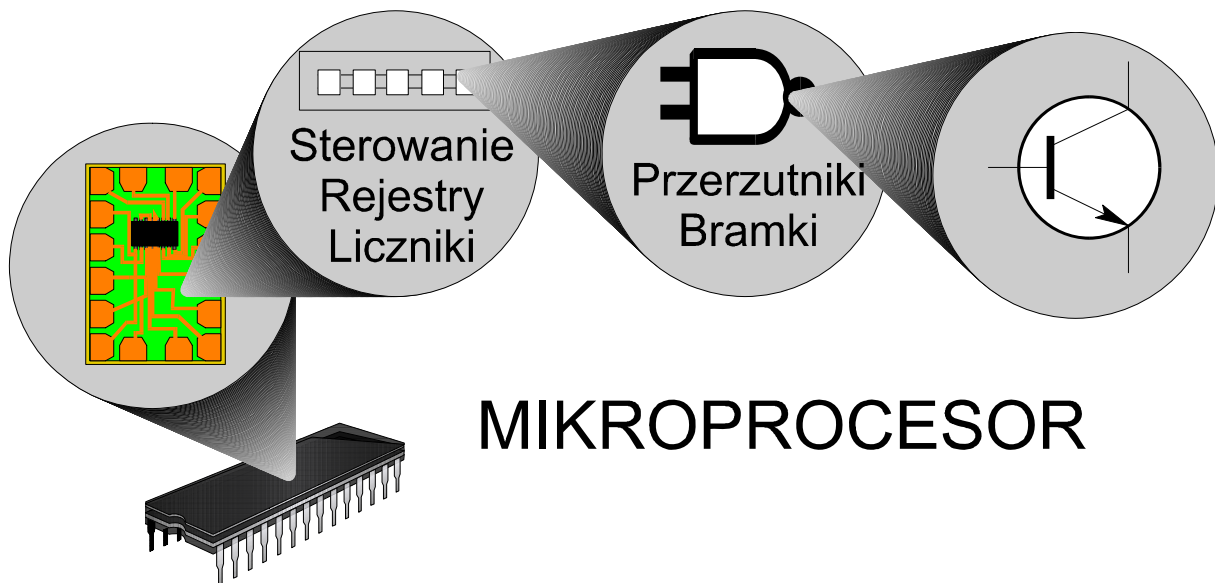


MIKROPROCESOR

1. Wiadomości podstawowe

Mikroprocesor

Mikroprocesor jest układem cyfrowym o dużym stopniu scalenia (VLSI; ang. Very Large Scale Integration), który jest sterowany za pośrednictwem elementarnych operacji. Operacje te należą do pewnego zbioru zwanego listą rozkazów. Zbiór ten jest funkcjonalnie pełny, tzn. że za pomocą należących do niego operacji można zrealizować dowolnie złożony algorytm przetwarzania informacji. Rysunek 1 przedstawia budowę wewnętrzną każdego mikroprocesora.



Rys. 1. Poglądowy rysunek obrazujący budowę wewnętrzną mikroprocesora.

System mikroprocesorowy – mikrokomputer

System mikroprocesorowy stanowi połączenie mikroprocesora, układów dodatkowych (np. pamięci, sterowniki układów wejścia – wyjścia) oraz oprogramowania zapisanego w pamięci programu. Na rysunku 2 została przedstawiona struktura logiczna typowego mikrokomputera.

Sercem całego systemu jest procesor, określane często skrótem CPU (ang. Central Processor Unit). Procesor jest to układ – nie koniecznie wykonany w jednej strukturze scalonej – przeznaczony do cyfrowego przetwarzania informacji; wykonuje polecenia wynikające z sekwencji rozkazów oprogramowania sterującego. Można w nim wyróżnić trzy główne bloki funkcjonalne:

- blok wykonawczy,
- blok sterowania,
- blok interfejsów magistral.

W bloku wykonawczym są realizowane przez jednostkę arytmetyczno logiczną ALU (ang. Arithmetic Logic Unit) wszystkie operacje arytmetyczne i logiczne. Odpowiednie argumenty, na których są wykonywane te operacje znajdują się w wewnętrznych rejestrach. Zwykle jest tak, że jeden z tych rejestrów, zwany **akumulatorem**, jest wykorzystywany najczęściej.

Głównymi elementami bloku sterowania są dekodery rozkazów oraz liczniki rozkazów. Liczniki rozkazów wskazują adres rozkazu, który ma zostać pobrany z pamięci i wykonany przez mikroprocesor. Dekodery rozkazów na podstawie kodu binarnego pobranego rozkazu wystawiają odpowiednie sygnały sterujące do pozostałych bloków systemu mikroprocesorowego.

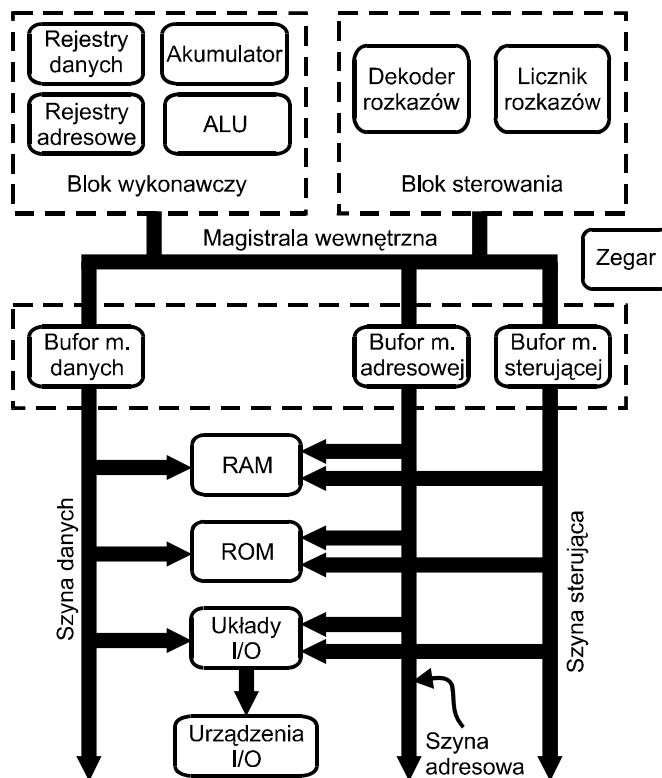
Zadaniem bloku interfejsów jest zapewnienie komunikacji mikroprocesora z otoczeniem, co jest realizowane dzięki zastosowaniu magistrali. Magistrala jest to zespół równoległych połączeń zwanych szynami. Szyna jest to grupa linii służących do przesyłania sygnałów, przy czym linie te są grupowane według realizowanych funkcji. Magistrala wewnętrzna służy do przekazywania wszystkich sygnałów wewnątrz struktury logicznej mikroprocesora i użytkownik nie ma do niej dostępu. Szyna danych pozwala transmitować sygnały reprezentujące rozkazy lub dane pomiędzy CPU a pamięcią lub układami wejścia–wyjścia. Jest ona zawsze dwukierunkowa, przy czym kierunek przepływu informacji określają linie szyny sterującej. Szerokość szyny danych (liczba linii) decyduje o tym, ilu bitowy jest procesor. Jeżeli szyna danych ma 8 linii, czyli w jednost-

ce czasu można przesłać jednocześnie 8 bitów informacyjnych, to taki procesor jest nazywany 8-bitowym. Obecnie można spotkać procesory 4, 8, 16, 32, 64-bitowe

Zadaniem szyny adresowej jest wystawienie adresu wybierającego komórkę pamięci, z której w danym momencie ma być pobrana informacja za pośrednictwem szyny danych. Szerokość szyny adresowej decyduje o tym, ile różnych komórek pamięci można zaadresować, czyli określa wielkość przestrzeni adresowej. Jeżeli szyna adresowa ma 16 linii to wówczas można wystawić 2^{16} różnych adresów. Tabela 1 przedstawia związek pomiędzy szerokością szyny adresowej a pojemnością pamięci.

Szyną sterującą są przesyłane wszystkie sygnały niezbędne do prawidłowego funkcjonowania systemu. Do tej szyny należą między innymi sygnał taktujący mikroprocesor, sygnał odczytu i zapisu pamięci.

Rys. 2. Struktura logiczna typowego mikrokomputera.



Tab. 1. Przestrzeń adresowa.

Szerokość szyny danych	Przestrzeń adresowa	Pojemność pamięci
8 linii	00H – 0FFH	$2^8 = 256B$
9 linii	000H – 1FFH	$2^9 = 512B$
10 linii	000H – 3FFH	$2^{10} = 1\ 024B = 1KB$
11 linii	000H – 7FFH	$2^{11} = 2\ 048B = 2KB$
12 linii	000H – 0FFFH	$2^{12} = 4\ 096B = 4KB$
13 linii	0000H – 1FFFH	$2^{13} = 8\ 192B = 8KB$
14 linii	0000H – 3FFFH	$2^{14} = 16\ 384 = 16KB$
15 linii	0000H – 7FFFH	$2^{15} = 32\ 768 = 32KB$
16 linii	0000H – 0FFFFH	$2^{16} = 65\ 536B = 64KB$
20 linii	0 0000H – 0F FFFFH	$2^{20} = 1\ 048\ 576 = 1MB$
32 linie	0000 0000 – 0 FFFF FFFFH	$2^{32} = 4\ 294\ 967\ 296 = 4GB$
64 linii	0000 0000 0000 0000H – 0 FFFF FFFF FFFF FFFFH	$2^{64} = 1,8 \cdot 10^{19} = 18EB$

Pamięć w systemie mikroprocesorowym może spełniać różne funkcje. W związku z tym poszczególne rodzaje pamięci mogą mieć bardzo odmienne rozwiązania zarówno pod względem strukturalnym (zasada funkcjonowania pamięci) jak i technologicznym (technologia wykonania pamięci). W każdym systemie mikroprocesorowym musi występować pamięć programu. Zawiera ona kody rozkazów wykonywanych przez mikroprocesor. Jest to z reguły pamięć typu ROM (ang. Read Only Memory), czyli przeznaczona tylko do odczytu. Drugim podstawowym rodzajem pamięci jest pamięć typu RAM (ang. Random Access Memory) przeznaczona do przechowywania danych, na których mikroprocesor wykonuje operacje. Jest to pamięć o dostępie swobodnym, czyli można ją zarówno odczytywać jak i zapisywać.

Urządzenia wejścia–wyjścia (np. wyświetlacze graficzne, LED, LCD, klawiatury) służą do komunikacji z użytkownikiem systemu. Są one sterowane przez odpowiednie układy wejścia–wyjścia zadaniem, których jest wzmocnienie przekazywanych sygnałów, a w przypadku bardziej zaawansowanych sterowników przejęcie części zadań od mikroprocesora.

Zegar jest wytwarzany w generatorze, którego częstotliwość pracy z reguły jest stabilizowana rezonatorem kwarcowym dołączonym do zewnętrznych wyprowadzeń układu scalonego. Zadaniem generatora jest wytworzenie impulsów taktujących wszystkie bloki mikroprocesora. W takt tych impulsów są wykonywane wszystkie operacje.

Rozkaz

Rozkaz, który mówi procesorowi jakie działanie należy wykonać, jest po prostu sekwencją zer i jedynek czyli liczbą dwójkową (binarną). Te zera i jedynki sterują odpowiednio wewnętrznymi przerzutnikami znajdującymi się we wszystkich blokach procesora. Ze względu na znaczną długość i nieczytelność zapisu dwójkowego, programista stosuje nazwy symboliczne (mnemoniki) poszczególnych rozkazów. Czasami w sytuacjach koniecznych jest stosowany zapis szesnastkowy (heksadecymalny). Oczywiście bez względu na zastosowany przez człowieka zapis, zawsze kody rozkazów będą miały postać dwójkową (odpowiednie oprogramowanie dokona automatycznej translacji).

Tab. 2. Cyfry systemu szesnastkowego, dwójkowego i dziesiętnego.

System			System		
szesnastkowy	dwójkowy	dziesiętny	szesnastkowy	dwójkowy	dziesiętny
0	0	0	8	1000	8
1	1	1	9	1001	9
2	10	2	A	1010	10
3	11	3	B	1011	11
4	100	4	C	1100	12
5	101	5	D	1101	13
6	110	6	E	1110	14
7	111	7	F	1111	15

Przejście z dwójkowego systemu zapisu liczb na szesnastkowy jest bardzo proste. Wystarczy tylko znać zakres cyfr szesnastkowych oraz wiedzieć, że jednej cyfrze szesnastkowej odpowiadają cztery bity zapisu dwójkowego. W tabeli 2 zostały przedstawione cyfry systemu szesnastkowego i odpowiadające im liczby systemów dwójkowego i dziesiętnego. Przykłady zamiany systemów zapisu liczb prezentuje tabela 3.

Tab. 3. Przykłady zmiany systemu zapisu liczb.

System dwójkowy => system szesnastkowy	
10 1111 1010	liczbę dwójkową należy podzielić na czwórki
2 F A	należy odczytać cyfry liczby szesnastkowej odpowiadające danej czwórce binarnej
1011111010B ⇔ 2FAH	B – liczba dwójkowa, H – liczba szesnastkowa
System szesnastkowy => system dwójkowy	
4 C B	liczba szesnastkowa
0100 1100 1011	każdej cyfrze liczby szesnastkowej należy przyporządkować czwórkę binarną
4CBH ⇔ 10011001011B	H – liczba szesnastkowa, B – liczba dwójkowa
System dwójkowy => system dziesiętny	
10011001011B	ilość cyfr w liczbie dwójkowej wynosi 11
$1 \cdot 2^{10} + 0 \cdot 2^9 + 0 \cdot 2^8 + 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 =$ =1024 + 128 + 64 + 8 + 2 + 1 = 1227	
10011001011B ⇔ 1227	B – liczba dwójkowa, brak oznaczenia – liczba dziesiętna
System szesnastkowy => system dziesiętny	
2FAH	ilość cyfr w liczbie szesnastkowej wynosi 3
$2 \cdot 16^2 + F \cdot 16^1 + A \cdot 16^0 = 512 + 240 + 10 = 762$	
2FAH ⇔ 762	

System dziesiętny => system dwójkowy

<p>123 : 2</p> <p>123 : 2 = 61 reszta 1</p> <p>61 : 2 = 30 reszta 1</p> <p>30 : 2 = 15 reszta 0</p> <p>15 : 2 = 7 reszta 1</p> <p>7 : 2 = 3 reszta 1</p> <p>3 : 2 = 1 reszta 1</p> <p>1 : 2 = 0 reszta 1</p> <p>123 ⇔ 1111011B</p>	<p>liczbę dziesiętną należy dzielić przez 2</p> <p>LSB – najmniej znaczący bit</p> <p>aby otrzymać liczbę binarną należy kolejno wpisać otrzymane reszty z dzielenia</p> <p>strzałka wskazuje kierunek zapisywania cyfr binarnych</p> <p>MSB – najbardziej znaczący bit</p>	<p style="text-align: center;">Zadanie 1.</p> <p>Przedstaw następujące liczby w pozostałych dwóch systemach zapisu:</p> <p>11 1001 0000 1111 0100B</p> <p>10ABCDEFH</p> <p>1234567</p> <p>1 1010 1010 0101 0111B</p> <p>0A1234987H</p> <p>987634</p>
--	---	---

System dziesiętny => system szesnastkowy

<p>1234 : 16</p> <p>1234 : 16 = 77 reszta 2</p> <p>77 : 16 = 4 reszta D</p> <p>4 : 16 = 0 reszta 4</p> <p>1234 ⇔ 4D2H</p>	<p>liczbę dziesiętną należy dzielić przez 16</p> <p>aby otrzymać liczbę szesnastkową należy kolejno zapisać otrzymane reszty z dzielenia zgodnie ze strzałką</p>	
---	--	--

Każdy rozkaz składa się zwykle z kodu operacji oraz jednego lub kilku argumentów, na których dana operacja zostanie wykonana. Tak, więc jeden rozkaz może zajmować jedną lub kilka kolejnych komórek pamięci.

Tab. 4. Przykłady rozkazów mikroprocesora 8051.

Znaczenie	Kod rozkazu	Zapis szesnastkowy	Mnemonik
zwiększ o 1 akumulator	0000 0100B	04H	inc A
dodaj do akumulatora liczbę 08H	0010 0100B 0000 1000B	24H 08H	add A,#8H
prześlij do akumulatora zawartość komórki pamięci o adresie 20H	1110 0101B 0010 0000B	0E5H 20H	mov A,20H
skocz do adresu 1200H	0000 0010B 0001 0010B 0000 0000B	02H 12H 00H	ljmp 1200

Kody rozkazów zostały zapisane w postaci:

- binarnej zrozumiałej dla mikroprocesora,
- szesnastkowej umożliwiającej bardziej czytelny zapis,
- symbolicznej (mnemonik), którą jest najłatwiej się posługiwać.

Poniżej została krótko wyjaśniona struktura rozkazów umieszczonych w tabeli.

Pierwszy rozkaz zawiera tylko kod operacji (04H), która ma zostać wykonana.

Drugi rozkaz oprócz kodu operacji(24H) zawiera argument (08H), na którym zostanie wykonana operacja dodawania do zawartości akumulatora.

Trzeci rozkaz oprócz kodu operacji (0E5H) zawiera adres argumentu (20H), na którym zostanie wykonana operacja przesłania do akumulatora.

Czwarty rozkaz oprócz kodu operacji (02H) zawiera dwubajtowy argument (12H i 00H), na którym zostanie wykonana operacja skoku pod wskazany adres.

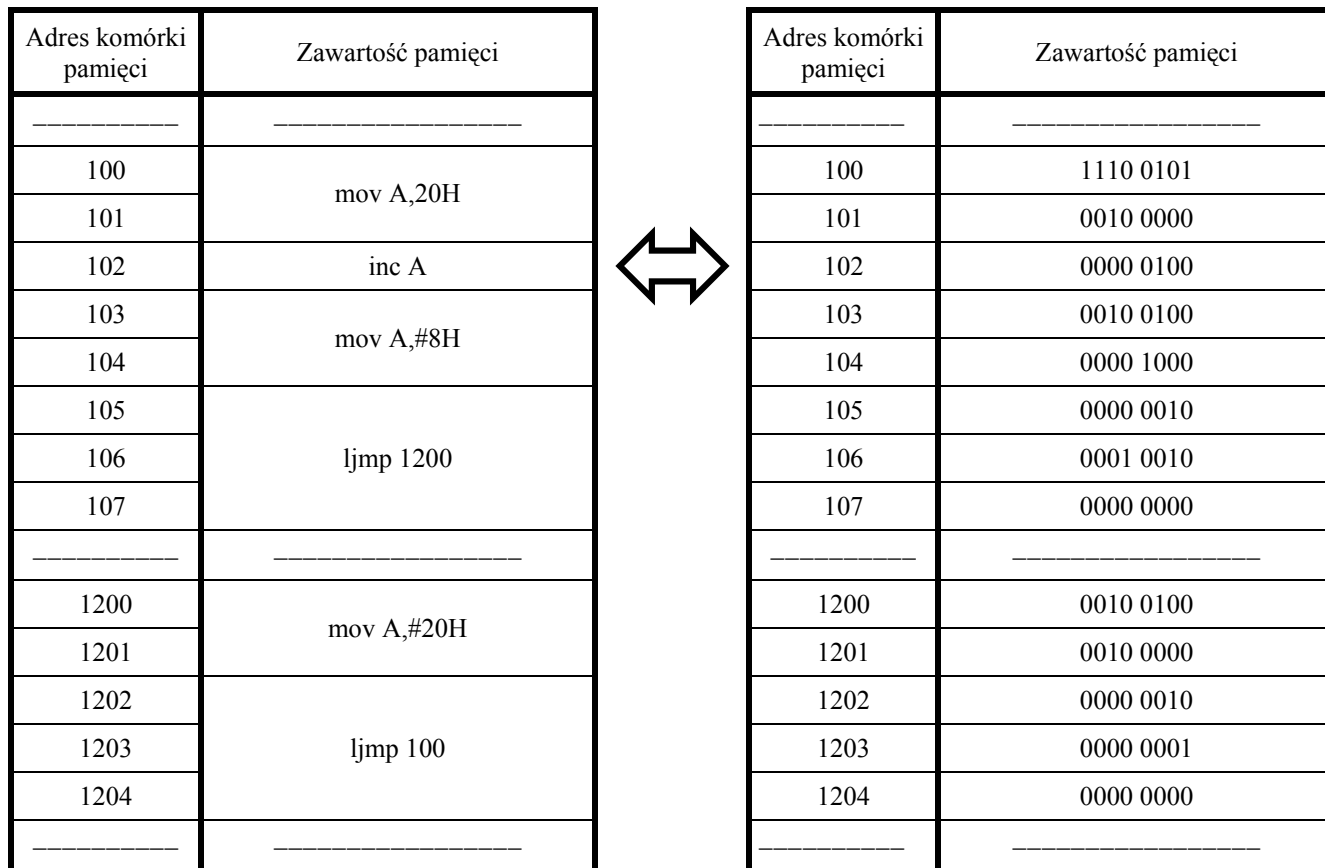
Na rysunku 3 zostało przedstawione rozmieszczenie w pamięci przykładowego fragmentu programu.

Działanie mikroprocesora

Mikroprocesor od momentu włączenia zasilania cały czas wykonuje rozkazy pobierane z pamięci programu. Wykonuje je w sposób ciągły, tzn. po zakończeniu jednego rozkazu rozpoczyna wykonywanie następnego. Proces wykonania rozkazu przebiega następująco:

- wysłanie na szynę adresową stanu licznika rozkazów,

- uaktywnienie odpowiednich sygnałów sterujących pamięcią,
- przesłanie szyną danych zawartości komórki pamięci do mikroprocesora (pobranie kodu operacji z komórki pamięci wskazanej adresem),
- zwiększenie licznika rozkazów o 1,
- zdekodowanie rozkazu – wygenerowanie odpowiednich wewnętrznych sygnałów sterujących poszczególne bloki mikroprocesora,
- wykonanie rozkazu lub pobranie argumentu (kolejnego bajtu rozkazowego),
- zwiększenie licznika rozkazów o 1,
- wykonanie rozkazu.



Rys. 3. Rozmieszczenie kodu operacji przykładowego programu

Przebiegiem cyklu rozkazowego kieruje układ sterowania, który jest synchronizowany sygnałem zegarowym. Jeden cykl rozkazowy trwa zwykle kilka lub kilkanaście cykli zegarowych. Długość cyklu rozkazowego jest uzależniona głównie od tego ile razy mikroprocesor musi odwołać się do pamięci.

Włączenie zasilania lub wygenerowanie sygnału RESET powoduje, że do licznika rozkazów jest automatycznie wpisywana wartość wskazująca adres pierwszego rozkazu, który ma zostać wykonany. Wartość ta jest uzależniona od rodzaju mikroprocesora i np. dla rodziny 8051 wynosi zawsze 0000H.

Każde włączenie lub wahania napięcia zasilającego mogą spowodować ustawienie błędnych wartości w rejestrach wewnętrznych mikroprocesora. Dlatego zawsze w takich przypadkach jest konieczne wygenerowanie sygnału RESET, który informuje układ sterowania o konieczności wyzerowania struktury wewnętrznej mikroprocesora. Czas trwania sygnału zerującego wynosi z reguły kilka milisekund. W tym czasie do rejestrów wewnętrznych mikroprocesora są wpisywane odpowiednie wartości ustalone przez producenta (podane w katalogach firmowych). Dzięki temu użytkownik ma do dyspozycji układ cyfrowy o z góry określonym – zawsze takim samym stanie początkowym.

1.2. Mikrokontrolery rodziny MCS-51

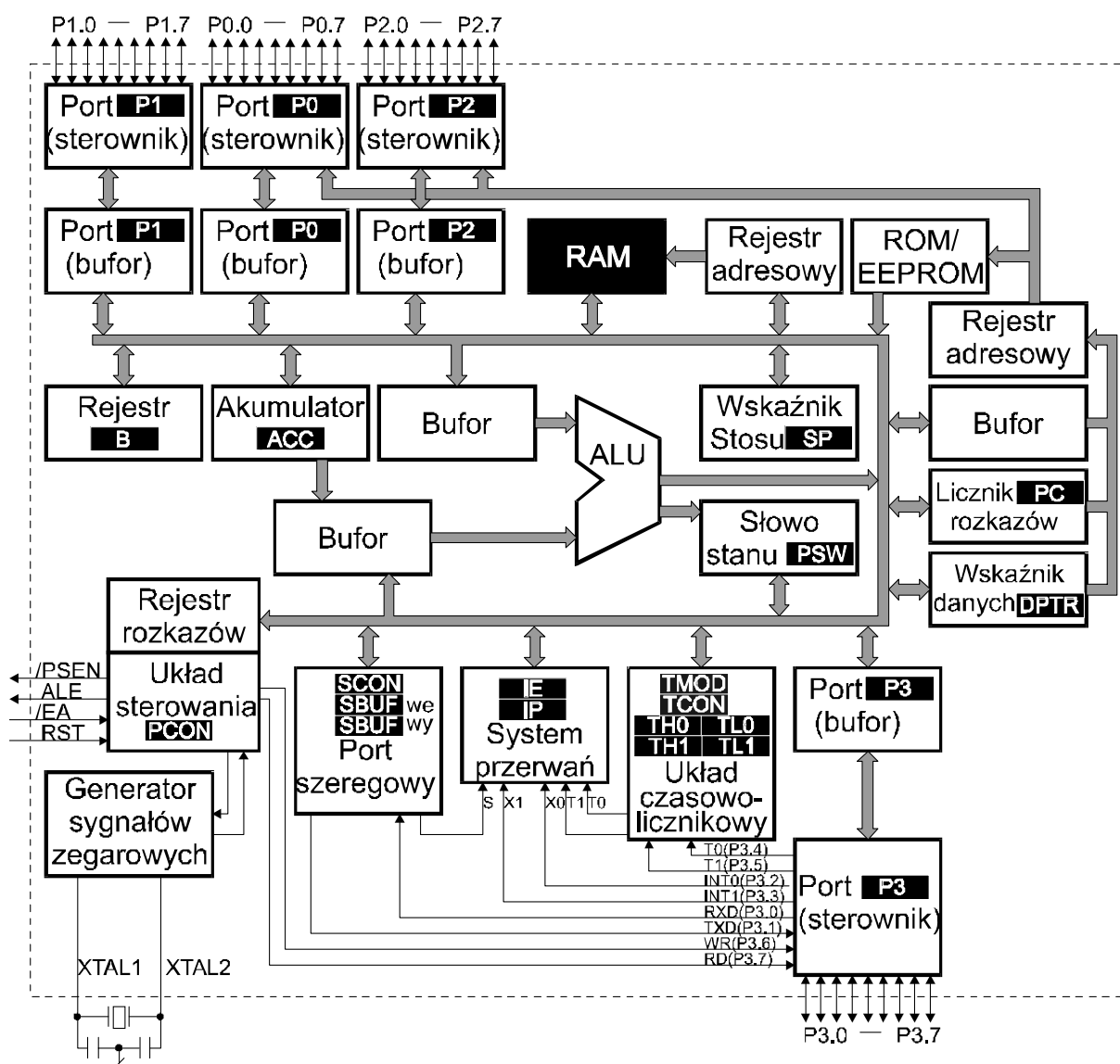
Mikrokontroler to układ scalony, w którym w jednej strukturze scalonej zawarto mikroprocesor oraz dodatkowe układy wspomagające jego współpracę z otoczeniem. Ponieważ taki układ zawiera wszystkie elementy, w jakie jest wyposażony mikrokomputer, dlatego też bardzo często jest nazywany mikrokomputerem jednoukładowym. Innym, często używanym określeniem tego rodzaju układów jest mikrosterownik jednoukładowy. Określenie to dominuje w automatyce, w systemach sterowania procesami przemysłowymi. W języku potocznym funkcjonuje jeszcze jedno niezbyt precyzyjne określenie mikroprocesor jednoukładowy.

Rodzina mikrokontrolerów MCS-51 została zaprojektowana przez firmę Intel Corporation jako rozwinięcie rodziny MCS-48. Podstawowym układem wyznaczającym kierunek rozwoju architektury MCS-51 jest mikrokomputer jednokładowy 8051. W tabeli 5 zostały przedstawione podstawowe typy mikrokontrolerów zaprojektowanych przez firmę Intel.

Tab. 5. Zestawienie mikroprocesorów rodziny MCS-51.

Mikrokontroler	Technologia wykonania	Wewnętrzna pamięć programu	Wewnętrzna pamięć danych	Uwagi
8051AH	HMOS	4K x 8 ROM	128 x 8 RAM	
80C51	CHMOS	4K x 8 ROM	128 x 8 RAM	
8751H	HMOS	4K x 8 EPROM	128 x 8 RAM	
8031AH	HMOS	–	128 x 8 RAM	
80C31	CHMOS	–	128 x 8 RAM	
8052	HMOS	8K x 8 ROM	256 x 8 RAM	dodatkowy licznik T2
8032	HMOS	–	256 x 8 RAM	dodatkowy licznik T2

Obecnie bardzo wiele znanych firm produkuje mikrokontrolery, których struktura wewnętrzna jest oparta na architekturze MCS-51. Produkty te różnią się przede wszystkim technologią wykonania oraz rodzajami dodatkowych specjalizowanych funkcji przeznaczonych do konkretnych zastosowań. Niestety każda z firm wprowadza swój własny system oznaczeń, który zawsze jednak nawiązuje w jakimś stopniu do podstawowego oznaczenia '51.



Rys. 4. Blokowy schemat funkcjonalny mikrokomputera jednokładowego 8051 (na rysunku zostały wyróżnione wszystkie rejestry mikrokontrolera).

Funkcjonalny schemat blokowy jednokładowego mikrokomputera 8051, został przedstawiony na rysunku 4.

Generator sygnałów zegarowych wytwarza sygnał taktujący struktury wewnętrzne mikrokontrolera. Częstotliwość generowanych taktów jest stabilizowana rezonatorem kwarcowym dołączanym do zewnętrznych wyprowadzeń XTAL1 i XTAL2. Wartość częstotliwości sygnału zegarowego powinna wynosić od 1,2 do 12 MHz (dla nowszych typów mikrokontrolerów rodziny '51 górna granica może być znacznie wyższa). Wartość ta decyduje o szybkości działania całego układu.

Układ sterowania zarządza pracą całego systemu. Na podstawie zawartości **rejstru rozkazów** generuje odpowiednie sygnały sterujące pracą pozostałych bloków mikrokontrolera. Wytwarza również sygnały zewnętrzne (doprowadzone do wyprowadzeń układu scalonego mikrokontrolera) służące do komunikacji z otoczeniem:

- RD – steruje odczytem pamięci zewnętrznej danych,
- WR – steruje zapisem pamięci zewnętrznej danych,
- PSEN – steruje odczytem zewnętrznej pamięci programu,
- ALE – steruje magistralą adresową i danych,
- EA – steruje wewnętrzną pamięcią programu,
- RST – jest wejściem sygnału zerującego struktury wewnętrzne mikrokontrolera.

Rejestr rozkazów przechowuje rozkaz pobrany z pamięci programu, który podlega dekodowaniu w układzie sterowania. Na podstawie kodu rozkazu są generowane odpowiednie sygnały sterujące.

Licznik rozkazów jest 16-bitowym rejestrem adresującym pamięć programu. Wskazuje on, który rozkaz ma zostać pobrany z pamięci i przesłany do rejestru rozkazów. Licznik rozkazów jest automatycznie zwiększany o 1 (wskazuje następny bajt rozkazowy) po pobraniu każdego bajtu rozkazowego z pamięci programu.

Wejście RST służy do doprowadzenia zewnętrznego impulsu (stan wysoki trwający co najmniej 10ms) zerującego strukturę wewnętrzną mikroprocesora. Zerowanie powinno zawsze nastąpić po włączeniu napięcia zasilania oraz po wystąpieniu awarii systemu (zawieszenia się mikrokontrolera). Taka procedura inicjowania pracy mikrokontrolera jest potrzebna w celu ustalenia wartości początkowych wszystkich rejestrów. Wartości te są dla danego mikroprocesora zawsze takie same (są podane przez producenta w notach katalogowych), dzięki czemu programista ma do dyspozycji układ o jasno określonym stanie początkowym.

ALU – jednostka arytmetyczno logiczna wykonuje wszystkie operacje na danych. Przyjmuje dane z jednego lub dwóch źródeł 8-bitowych i generuje również 8-bitowy rezultat. Możliwe do wykonania operacje arytmetyczne to: dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie, inkrementowanie (zwiększanie o 1), dekrementowanie (zmniejszanie o 1), porównywanie, korekcja dziesiętna dla liczb BCD. Natomiast wykonywane operacje logiczne to: iloczyn (AND), suma (OR), suma modulo 2 (EXOR), negacja (NOT), przesunięcie bitów w bajcie.

Akumulator A (ACC) jest 8-bitowym rejestrem najczęściej wykorzystywanym przez ALU. Jest on miejscem, z którego zostaje pobrany argument (lub jeden z argumentów) i do którego zostaje wpisany wynik większości operacji.

Rejestr B jest wykorzystywany przy operacji mnożenia i dzielenia. Poza tym może być wykorzystany przez programistę dowolnie jako zwykły rejestr ogólnego przeznaczenia.

Słowo stanu programu PSW jest 8-bitowym rejestrem, w którym poszczególne bity informują o przebiegu oraz wyniku operacji arytmetycznych i logicznych.

Wskaźnik danych DPTR jest 16-bitowym rejestrem wykorzystywanym przy odczytywaniu stałych z pamięci programu lub przy komunikacji z **zewnętrzną pamięcią danych** (dołączoną z zewnątrz do mikrokontrolera).

Układ czasowo–licznikowy zawiera dwa 16-bitowe liczniki (T0 i T1), które mogą zliczać wewnętrzne impulsy zegarowe (odmierzać czas) lub impulsy zewnętrzne.

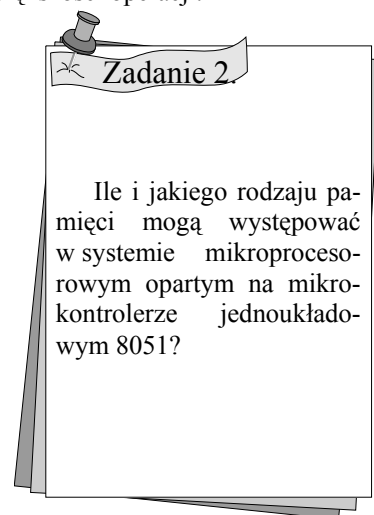
Port szeregowy umożliwia przesyłanie informacji w sposób szeregowy za pośrednictwem dwóch linii RXD i TXD. Pozwala na zorganizowanie transmisji dwukierunkowej w standardzie RS 232.

Porty wejścia–wyjścia służą do komunikacji mikrokontrolera z otoczeniem. Są cztery porty P0, P1, P2, P3, każdy posiada 8 linii wejścia–wyjścia. Linie portów P0, P2, P3 mogą być wykorzystane do realizacji specjalnych funkcji.

Wskaźnik stosu SP jest 8-bitowym rejestrem zawierającym adres wierzchołka stosu (stos – obszar w wewnętrznej pamięci danych służący do przechowywania śladu programu, czyli adresów powrotu z procedur i przerwań). Wskaźnik ten jest przed każdym zapisaniem na stos zwiększany o 1, a po każdym odczytaniu ze stosu – zmniejszany o 1.

System przerwań jest to blok sterujący przerwaniem. Może obsługiwać dwa przerwania zewnętrzne (INT0 i INT1), dwa przerwania od układu czasowo–licznikowego (od licznika T0 i T1) oraz przerwanie z portu szeregowego.

Wewnętrzna pamięć danych jest pamięcią typu RAM o pojemności 128 bajtów. Jest wykorzystywana do zapamiętywania argumentów i wyników wszelkiego rodzaju działań. W ramach wewnętrznej pamięci danych (jako jej przedłużenie od adresu 128 do adresu 255) jest umieszczona **przeźródła rejestrów specjalnych SFR**. W ramach tej przestrzeni adresowej programi-



sta ma dostęp do wszystkich rejestrów sterujących pracą mikrokontrolera, których nazwy zostały wyróżnione na rysunku 4. Ponadto w ramach osobnej przestrzeni adresowej można dołączyć do układu **zewnętrzną pamięć danych** o pojemności 64KB.

Wewnętrzna pamięć programu jest pamięcią typu ROM o pojemności 4KB. Może zostać rozszerzona do 64KB poprzez dołączenie **zewnętrznej pamięci programu**.

WYJAŚNIJ POJĘCIA

Pojęcie	Znaczenie pojęcia
mikroprocesor	...
mikrokontroler	...
SSI	...
MSI	...
LSI	...
VLSI	...
procesor	...
system mikroprocesorowy	...
mikrokomputer	...
CPU	...
magistrala	...
szyna	...
magistrala wewnętrzna	...
magistrala zewnętrzna	...
szyna adresowa	...
przestrzeń adresowa	...
szyna danych	...
szyna sterująca	...
lista rozkazów	...
zbiór funkcjonalnie pełny	...
rozkaz	...
kod operacji	...
cykl rozkazowy	...
mnemonik	...
ALU	...
rejestr	...
akumulator	...
dekoder rozkazów	...
licznik rozkazów	...
ROM	...
RAM	...
układy wejścia – wyjścia	...
urządzenia wejścia – wyjścia	...
interfejs	...
rezonator kwarcowy	...
zapis heksadecymalny	...
zapis binarny	...
RESET	...