

W kilku poprzednich numerach EdW miałeś okazję dowiedzieć się wielu ciekawych informacji na temat układów mikroprocesorowych, czyli w skrócie "mikroprocesorów". Wiesz już że te, dość złożone w budowie, elementy elektroniczne stosowane są powszechnie w komputerach klasy PC. W nie tak odległej przeszłości wielu użytkowników sędziwego dziś Spektrusia, Commodora czy Atari często nie zdawało sobie sprawy, że jest posiadaczem mniej czy bardziej skomplikowanego układu mikroprocesorowego. Jednak mikroprocesory nie zostały wynalezione jedynie po to, aby zadowalać coraz bardziej wymagającego użytkownika, żadnego maszyn - coraz szybciej obrabiających dane, chcącego mieć dostęp do multimedialnych gier zajmujących niebotyczne ilości miejsca na dysku twardym komputera domowego.

Od samego początku inteligentnych układów cyfrowych na rynku elektronicznym istniała grupa dość prostych, na pierwszy rzut oka, mikroprocesorów, których ewolucja nie potraktowała tak ostro, jak to miało miejsce w wypadku rodziny 8086. Jeżeli nie wiesz, co kryje się pod tą nazwą, przypomnę ci, że układy 8086 to prawdziwi "pradziadkowie" procesorów Pentium obecnie masowo stosowanych w komputerach PC.

Wspomniane układy, będące niejako oddzielną gałęzią w rodzinie układów cyfrowych wielkiej skali integracji (podobnie jak "małpy" w teorii Darwina), przetrwały w niezmienniej postaci od kilkunastu lat. Co mogło być powodem tego stanu rzeczy? Otóż dzięki architekturze, czyli budowie wewnętrznej tych układów, okazało się możliwe zastosowanie ich nie tylko w specjalizowanym sprzęcie komputerowym. Głównym rynkiem zbytu okazali się producenci różnego rodzaju sprzętu gospodarstwa domowego, od ekspresów do kawy począwszy, poprzez sprzęt radiowo-telewizyjny, AGD, na motoryzacji skończywszy.

Przy okazji lektury artykułów w EdW na temat mikroprocesora dowiedziałeś się, że sam mikroprocesor to nie wszystko. Nasz na pozór inteligentny układ cyfrowy bez dołączenia kilku dodatkowych elementów zewnętrznych: zegara, pamięci, układów wejścia/wyjścia (I/O) potrafi niewiele.

I wtedy ktoś wpadł na pomysł umieszczenia samego mikroprocesora z wymienionymi układami peryferyjnymi z jednym układzie scalonym. Tak powstał pierwszy "mikrokontroler" a właściwie "mikrokomputer jednoukładowy".

Słowo "mikrokomputer" nie jest bynajmniej na wyrost, bowiem stworzony scalak był w istocie kompletnym komputerem tylko że w małym formacie. Wewnątrz posiadał jakby rdzeń, który

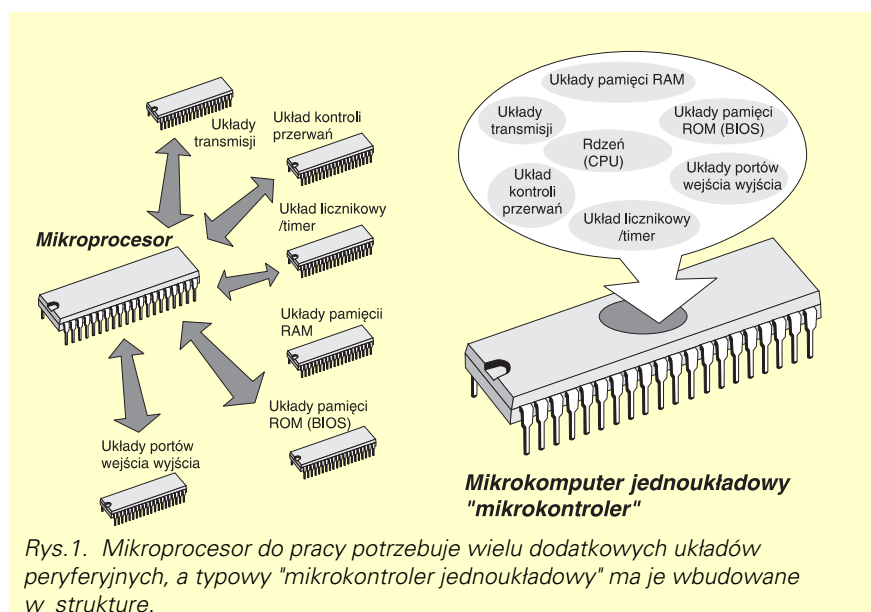


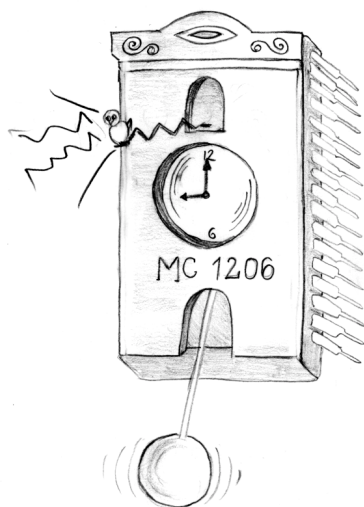
potrafił przetwarzać komendy wydawane przez programistę; pamięć - w której mógł przechowywać wyniki obliczeń oraz układy do komunikacji ze światem zewnętrznym - czyli tzw. porty. Tak funkcjonalna budowa oraz, co miało nie małe znaczenie, niska cena mikrokontrolera, utorowała mu drogę do zastosowań praktycznie wszędzie.

Rysunek 1 obrazuje różnicę między "mikroprocesorem" a "mikrokomputerem" (mikrokontrolerem, jak kto woli).

Widać, że wszystkie urządzenia peryferyjne znajdujące się "na zewnątrz" mikroprocesora, w przypadku mikrokomputera zostały umieszczone w jednym układzie scalonym. I w tym tkwi potęga naszych prostych mikrokomputerów.

W naszych dalszych rozważaniach, pomimo że mowa będzie o mikrokomputerach jednoukładowych, będziemy zamiennie używać określeń "mikrokontroler" lub nawet "mikroprocesor". Zapa-





miętaj to, żebyś się nie pomylił. Ze względów stylistycznych będziemy używać nawet określenia "mikroprocesor", choć nie jest to do końca ściśle. Ale przecież już wiesz, drogi Czytelniku, o czym będzie mowa.

I tak niektóre z mikrokontrolerów wyspecjalizowały się w konkretnych dziedzinach tak bardzo, że nie potrafiły znaleźć miejsca gdzie indziej. Najprostszym przykładem niech będzie zapomniany już układ zegara MC1206. Któż z was nie próbował, a przynajmniej nie słyszał o tym jakże popularnym, szczególnie na giełdach elektronicznych, układzie cyfrowym. Ten "zegarek" był przecież mikrokontrolerem, tylko potrafiącym wykonywać określone czynności związane z pomiarem czasu. Układ oscylatora miał, prawda? Pamięć wewnętrzna (np. alarmu) też, wyjścia do sterowania wyświetlaczami LED (porty I/O) także, więc teraz mi chyba nie zarzucisz, drogi Czytelniku, że ta kostka to nie był prosty ale funkcjonalny mikrokontroler.

Pomyśl teraz, czy mając te wszystkie elementy składowe, zamiast np. wyświetlaczy LED nasza kostka MC12... mogłaby pracować w roli programatora do pralki automatycznej. Niestety, w czasach PRLu nikt o o tym nie pomyślał, a w każdym razie nie doczekano się wdrożenia takiego układu. Powstał natomiast prymitywny, elektromechaniczny programator, którego kolejny, regenerowany egzemplarz pracuje w 20-letniej pralce autora (używanej raczej ze względów sentymentalnych).

Przykładów może być wiele, my jednak zajmiemy się jednoukładowcami bardziej uniwersalnymi z twego punktu widzenia - takimi, które będziesz sam mógł "zmusić" do wykonywania okreś-

lonych czynności w zbudowanym przez ciebie układzie.

Będziesz mógł zrobić sobie swój własny MC1206, lecz np. z 25 alarmami, ze sterowaniem 4 przełącznikami, stoperem. W przypływie nudy wykorzystasz ten sam układ scalony - mikrokontroler i zbudujesz z pomocą kilku dodatkowych elementów dyskretnych miernik częstotliwości lub licznik obrotów silnika do twego samochodu. Wreszcie dając upust narastającej górze pomysłów wykorzystasz mikrokontroler do budowy przemysłowego systemu alarmowego ze zdalnym sterowaniem wszystkich funkcji w twoim mieszkaniu: od gaszenia światła począwszy, na sygnalizacji przecieku wody lub gazu skończywszy.

Za trudne? Nic podobnego, znam to z autopsji. W czasach szkoły średniej (lata 80), nie miałem zielonego pojęcia o mikroprocesorach, nie mówiąc o tym, że kupienie odpowiedniej kostki było nie tylko łada trudnością ale i... głupotą ze względu na kompletny brak jakiegokolwiek literatury na temat projektowania układów z wykorzystaniem mikroprocesorów. Moją pasją była technika cyfrowa czyli najczęściej sklekanie z wielu kostek TTL czy CMOS jakiegoś sensownie działającego układu, który często po dłuższym lub krótszym okresie czasu odchodził do lamusa, czyli krótko mówiąc kończył w kartonie z innymi elektronicznymi śmieciami, czekając, że może któraś z kostek przyda się w przyszłości.

I wtedy pojawił się ON - mikrokomputer jednoukładowy. Oczarował mnie bardziej niż pocziwy PC XT, ze względu na swoją prostotę i możliwość wielu zastosowań.

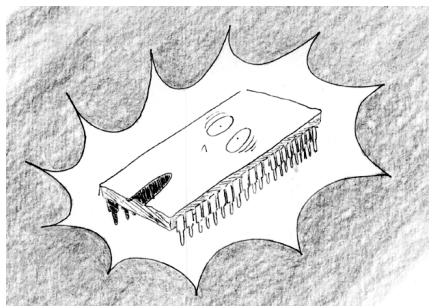
Tak zamieniłem płytkę drukowaną zegara o wymiarach 20x30 cm z kilkunastoma układami scalonymi (całość pobierała ponad 0,5A prądu) na zgrabny układ mieszczący się w niewielkiej i estetycznej obudowie wielkości dużego pudełka po zapalkach. Rodzina i ja byli dumni i zadowoleni z urządzenia, które funkcjonalnością a zarazem wielkością wyświetlaczy konkurowało z tymi oferowanymi w ówczesnych czasach na rynku. A potem sprawy potoczyły się szybko, po kolei na warsztat poszedł mój pierwszy amplituner z RADMORu, potem wymieniłem wnętrza w zegarze akwariowym, także nieodwracalnej modyfikacji uległa moja, z trudem kupiona, "szuflada" z DIO-RY. I wszystko spisuje się do dziś dzień znakomicie!

Jeżeli w tym momencie, drogi Czytelniku, pomyślisz: No tak, tylko mikroprocesor, a co zrobić z szufladą niepotrzebnych TTLi i CMOSów?. Odpowiem ci: zatrzymaj je wszystkie. Układy mikroprocesorowe nie kończą się na... mikroprocesorach! Twoje zapasy z pewnością zostaną z pożytkiem wykorzystane, bardziej racjonalnie i ekonomicznie zarazem, w wielu układach elektronicznych jako peryferia samego mikrokontrolera.

Po tych kilku westchnięciach za minioną epoką wrócmy jednak do konkretnych na temat mikrokomputerów jednoukładowych. Jak powiedziałem wcześniej, układy te istnieją do dziś, a ich różnorodność i możliwości zastosowań są nieograniczone.

Obecnie istnieje kilka rodzin tych układów, których producentami są największe koncerny elektroniczne na świecie.





W mikroprocesorowym świecie najbardziej znani producenci to:

- Microchip, ze swoją rodziną "jednoukładowców" PIC...
- Motorola, lansująca układy 8,16 i 32-bitowych mikrokontrolerów jednoukładowych
- Intel, produkujący bodaj najbardziej popularne procesory serii 8051...
- Zilog, producent nowoczesnych kontrolerów jednoukładowych - następców pocziwego Z80 (wykorzystywanego w produkcji sędziwych ZX81, ZX Spectrum)
- SGS-Thompson z rodziną ST62.

Istnieje także kilka innych firm, które na bazie licencji opracowały mutacje tych procesorów, wyposażając je w wiele dodatkowych bloków funkcjonalnych, zachowując przy tym pełną kompatybilność ze swymi pierwowzorami. Do nich z pewnością należy zaliczyć Philipsa, Siemensa oraz dwie amerykańskie firmy: Dallas oraz Atmel, które w ostatnich latach zaskoczyły projektantów kilkoma udanymi wersjami najbardziej popularnych mikrokontrolerów jednoukładowych.

Do zastosowań amatorskich (a nawet w pełni profesjonalnych) najbardziej praktyczne są mikroprocesory 8-bitowe. Wersje 16 i 32 bitowe są po prostu za dobre, a także za drogie jak na potrzeby domowego czy szkolnego laboratorium.

Wśród popularnych "8-bitowców" do niedawna prym wiodły Z80, niestety ze względu na ograniczone możliwości obsługi urządzeń peryferyjnych (wejścia/wyjścia) bez konieczności stosowania dodatkowych układów scalonych rodziny Z80 słuch praktycznie o nich zaginął. Obecnie najbardziej popularne mikrokontrolery to kostki PIC (Microchip) oraz rodzina MCS-51, czyli procesory oparte o układ 8051.

I właśnie te ostatnie, drogi Czytelniku, zostaną opisane w kolejnych numerach EdW.

Dlaczego akurat te? Odpowiedź jest prosta. Po pierwsze: są to najłatwiej dostępne i najtańsze (w stosunku ceny do możliwości) układy mikroprocesorowe na rynku. Po drugie, wszędzie roi się o shareware'owych programów na ich temat, a na naszym rynku zaczęły się poja-

wiać podręczniki podejmujące temat mikrokontrolerów 8051 i pochodnych. Wreszcie dostępność w miarę tanich narzędzi do wspomagania projektowania przeważała na ich korzyść. Tylko nie myśl od razu, że w cyklu poświęconym 8051 będziemy cię zmuszać do kupowania komputera, programów czy nawet książek. Nie! Do zaznajomienia się z możliwościami tych procesorów nie będzie ci nawet potrzebny komputer! Tak, to jest możliwe.

Przjrzyjmy się teraz, co zawiera typowy przedstawiciel rodziny MCS-51 - mikrokomputer jednoukładowy 8051 (rys. 2). Jak widać, w jednej kostce zawarto wszystkie niezbędne do pracy układy, toteż wystarczy dosłownie kilka biernych elementów zewnętrznych aby ruszyć do pracy. Ale jakiej? O tym dowiesz się w kolejnej części naszego cyklu o 51-ce.

W jednym układzie scalonym zawarto:

- rdzeń mikroprocesora CPU z 8-bitową jednostką arytmetyczno-logiczną (ALU), zdolna do wykonywania obliczeń na liczbach 8-bitowych;
- uniwersalne dwukierunkowe porty wejścia/wyjścia, do komunikowania się ze światem zewnętrznym po poprzez zapisywanie do nich jak i odczyt przez nie danych cyfrowych (w niektórych odmianach 8051 z wbudowanymi przetwornikami A/C i C/A, także wielkości analogowych;
- programowany szeregowy port transmisji dwukierunkowej, który może np. służyć do komunikowania się z dowolnym komputerem wyposażonym w złącze RS232C;
- dwa (w innych wersjach 3) uniwersalne liczniki/timery, do dowolnego wykorzystania;
- układ generowania przerwań systemowych, zawierający także możliwość generowania przerwań zewnętrznych;
- układ wewnętrznego oscylatora, który ogranicza do minimum konieczność stosowania zewnętrznych elementów do pojedynczego rezonatora kwarcowego oraz dwóch dodatkowych kondensatorów ceramicznych;
- wreszcie pamięć do przechowywania danych i wyników obliczeń: RAM;
- oraz wewnętrzna pamięć typu ROM, w której zawarty jest program działania mikrokontrolera.

Program działania jest tworzony przez konstruktora w procesie tworzenia aplikacji, a następnie jest zapisywany za pomocą programatora w strukturę mikrokontrolera. Ponadto mikroprocesor 8051 posiada możliwość dołączenia z zewnątrz dodatkowych układów pamięci statycznych RAM (do przechowywania danych) oraz pamięci EPROM/ROM z której może odczytywać polecenia -

czyli program. W tym ostatnim przypadku często wewnętrzna pamięć ROM jest wtedy nieaktywna, lub nie ma jej wcale, ale o tym później.

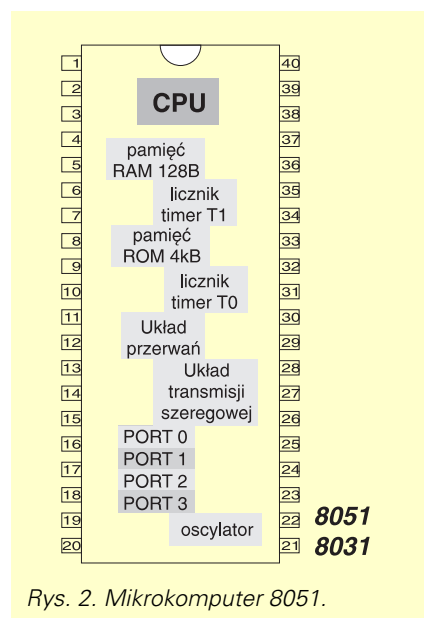
Na rynku istnieje kilka podstawowych wersji procesora 8051. Wszystkie one mają takie same wewnętrzne bloki funkcjonalne, różnica polega na rodzaju pamięci programu - czyli pamięci stałej z której mikrokontroler pobiera rozkazy.

Jak wiesz, wśród pamięci stałych ROM najbardziej popularne są pamięci EPROM (programowane elektrycznie, kasowane promieniami UV) głównie ze względu na ich cenę. Rzadziej stosowane są pamięci ROM programowane przez producenta lub pamięci EPROM/OTP (OTP - One Time Programmable) - czyli jednokrotnie programowane pamięci EPROM (jednakrotnie - bo nie ma możliwości ich kasowania promieniami UV, co jest wynikiem braku okienka kwarcowego w obudowie pamięci).

Ostatnio coraz większą popularność zdobywają pamięci EEPROM, czyli pamięci które można programować jak i kasować elektrycznie. Przy stosowaniu pamięci EEPROM odpada konieczność stosowania kłopotliwych i często drogich kasowników pamięci EPROM (z lampą ultrafioletową, a pamięć można programować wielokrotnie, nawet 100 tysięcy razy).

W różnych wersjach procesorów 8051 stosuje się różne, wymienione wcześniej typy pamięci programu. Tak więc mamy mikrokontrolery w wersji ROM, OTP, EPROM, wreszcie EEPROM oraz wersje pozbawione pamięci programu w ogóle, przystosowane do pracy z dołączoną z zewnątrz dowolną pamięcią programu.

I tak, w zależności od wbudowanej w układ mikrokontrolera 8051 pamięci



Rys. 2. Mikrokomputer 8051.

Też to potrafisz

programu, producenci ustalili w miarę jednolite i przejrzyste symbole, których znajomość (na razie teoretyczna) z pewnością przyda się w późniejszych zakupach tych kostek.

W tabeli 1 zestawiono oznaczenia mutacji procesora 8051, oraz krótką charakterystykę zastosowanej pamięci programu. Literka "C" w nazwie każdego z nich oznacza, że każdy układ wykonany jest w wersji CMOS. Niegdyś dość popularne były wersje HMOS (bez literki C, np. 8031), lecz jest to przeszłość, toteż nie będziemy się nimi zajmować.

Jeżeli przez przypadek natrafisz, np. w BOMISie, na układ w wersji HMOS i możesz go nabyć za grosze, skorzystaj i kup go. Taki układ jest identyczny jak w wersji CMOS, lecz będzie pobierał więcej prądu podczas pracy, co często nie jest problemem.

Ze względu na rzadkość takich sytuacji, w swoich rozważaniach będziemy podawać dane i parametry techniczne dotyczące układów 8051, wykonanych w wersji CMOS.

Podane w tabeli wersje procesorów 80C51 i 80C52 to typowe "odpady" produkcyjne wielkich koncernów produkujących sprzęt elektroniczny. "Odpady" to nie znaczy bezwartościowe lub wybrakowane. W pamięci wewnętrznej układu 8051 producent zapisał jakiś program dla konkretnego odbiorcy (np. wytwórcy pralek automatycznych). Kostki te nie zostały jednak sprzedane temu odbiorcy. Dla ciebie wpisany program jest bezużyteczny. Ale, jak wspomniałem wcześniej, mikrokontrolery rodziny 8051 mają możliwość pracy z wbudowaną lub zewnętrzną pamięcią programu. Jeżeli decydujemy się na wykorzystanie tej drugiej możliwości, pamięć wewnętrzną

Tabela 1

Symbol handlowy	Opis
80C51	wersja z wewnętrzną pamięcią programu typu ROM, której zawartość jest nieznana z naszego punktu widzenia, toteż układ możemy wykorzystać do pracy tylko z dołączoną zewnętrzną pamięcią np. EPROM do której zapiszemy nasz program (wtedy pamięć ROM jest wyłączona - nieaktywna)
80C31	wersja procesora bez wewnętrznej pamięci programu. Mikrokontroler w tej wersji może pracować tylko z dołączoną zewnętrzną pamięcią jak dla 80C51.
87C51	wersja z wbudowaną pamięcią EPROM. Obudowa mikroprocesora posiada okienko kwarcowe, dzięki któremu możliwe jest kasowanie zawartości tej pamięci, co umożliwia wielokrotne programowanie całego układu.
89C51	najnowsza wersja procesora z kasowaną elektrycznie pamięcią EEPROM. Ponieważ w tej wersji cała pamięć programu EEPROM może być kasowana bardzo szybko - za pomocą tylko 1 impulsu, procesory w tej wersji nazywa się typu "Flash" (czyt. "flesz")
80C52	jest to procesor identyczny z 8051 tyle że posiada dodatkowy trzeci programowalny licznik/timer (nazywany jako "T2") i dwa razy więcej pamięci RAM (256B). Reszta jak dla 80C51 - patrz wyżej.
80C32	jak dla 80C31 z uwzględnieniem "T2" i RAM
87C52	jak dla 87C51 z uwzględnieniem "T2" i RAM
89C52	jak dla 89C51 z uwzględnieniem "T2" - RAM

można fizycznie odłączyć - poprzez zwarcie do masy odpowiedniego wyprowadzenia mikrokontrolera 8051. W takiej aplikacji można zatem użyć wersji 80C31 - bez wewnętrznej pamięci programu, lub bardzo taniej (nazwanej wcześniej "odpadową") wersji 80C51. W obu przypadkach działanie układu będzie takie same. Ze względu na ogromną różnicę w cenie tych dwóch wersji, powinieneś używać tańszej kostki 80C51. Zapytasz pewnie: To po co w ogóle na rynku są wersje 80C31, skoro można użyć 80C51

po niższej cenie? Otóż pamięć pobiera prąd - różnica polega na poborze prądu przez te układy. Jednak różnica ta wynosi zaledwie kilka mA, toteż w naszych zastosowaniach nie ma to żadnego znaczenia.

W następnym odcinku przyjrzymy się temu, co "wystaje" z mikroprocesora - czyli wyprowadzeniom i ich znaczeniu dla układu samego mikrokontrolera.

Sławomir Surowiński