

## Zestaw dydaktyczny do programowania mikrokontrolerów AT89S8252

W ostatnich latach nastąpił ogromny postęp w dziedzinie elektroniki. Wkraczając w XXI wiek każdy, kto zajmowaniu się elektroniką, powinien znać układy mikroprocesorowe. Jednym z pierwszych kroków jakie trzeba wykonać jest poznanie budowy i zasady działania oraz sposobu programowania mikrokontrolerów. Jeszcze nie tak dawno musieliśmy składać urządzenia wykonujące stosunkowo proste funkcje logiczne z układów zawierających bramki logiczne. Obecnie coraz częściej stosujemy mikrokomputery jednoukładowe, czyli mikrokontrolery. Powodem jest bardzo szerokie zastosowanie tych układów we współczesnej elektronice i mechatronice, niespotykana dotąd uniwersalność oraz obniżana przez producentów cena układów. Mikrokontrolery umożliwiają konstruowanie bardzo nowoczesnych układów elektronicznych przy jednoczesnym uproszczeniu konstrukcji, a jest to możliwe dzięki programom pisanim dla konkretnych zastosowań. Opisany w artykule zestaw dydaktyczny do nauki programowania mikrokontrolerów jest konstrukcją, której projekt powstał na podstawie doświadczeń zebranych w trakcie zajęć ze studentami studiów dziennych i zaocznych, kierunku edukacja techniczno-informatyczna.

W projekcie zawarto niezbędne układy współpracujące z urządzeniami zewnętrznymi i zaimplementowano najczęściej stosowane układy elektroniczne. Są to układy, które działają poprawnie, gdy są sterowane przez mikrokontroler, a dokładniej zawarty w nim program. Dzięki zastosowaniu języków wyższego rzędu, programowanie tych układów stało się bardzo łatwe, a konstrukcje urządzeń elektronicznych zawierających mikrokontrolery zostały znacząco uproszczone.

Projektując urządzenie dążono do zastosowania bardziej uniwersalnych rozwiązań oraz uzyskania wystarczająco dobrych parametrów, niezbędnych do nauki programowania. W modelu umieszczono wszystkie niezbędne części w jednej obudowie. Istnieje również możliwość podłączenia jednocześnie aż czterech urządzeń zewnętrznych. Gabaryty obudowy zminimalizowano pod kątem mobilności zestawu dydaktycznego oraz małej ilości wolnego miejsca na stanowiskach komputerowych. Uniwersalność zestawu umożliwia programowanie różnych mikrokontrolerów oraz pełne testowanie działania programu.

### Budowa mikrokontrolera

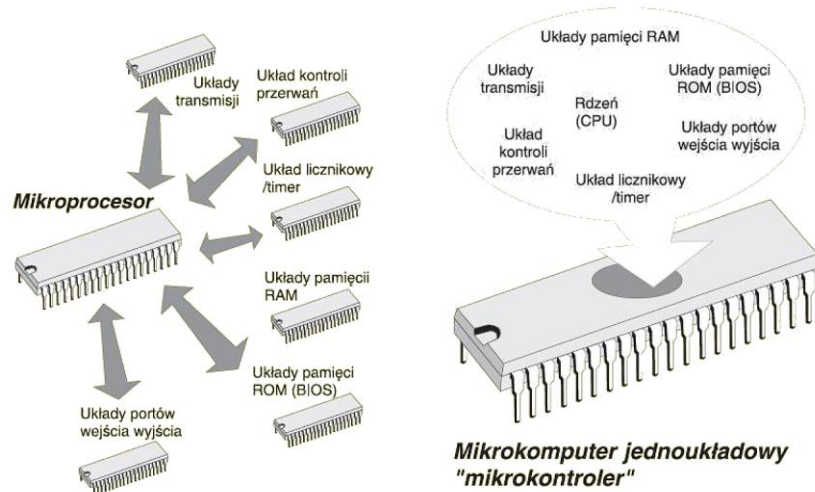
Mikroprocesor ( $\mu\text{P}$ ) jest elektronicznym układem cyfrowym, który wykonano w pojedynczym półprzewodnikowym układzie scalonym. Jego zadaniem jest wykonywanie operacji cyfrowych zgodnie z programem sterującym. Jednak sam mikroprocesor to nie wszystko. Ten logiczny układ cyfrowy dopiero po dołączenia kilku dodatkowych układów zewnętrznych: zegara taktującego, pamięci programu, pamięci danych, układów wejścia/wyjścia (I/O), można nazwać mikrokontrolerem. W 1972 roku Gary Boone z firmy Texas Instruments wpadł na pomysł umieszczenia mikroprocesora z wymienionymi układami peryferyjnymi w jednym układzie scalonym. Tak powstał pierwszy mikrokomputer jednoukładowy, czyli mikrokontroler ( $\mu\text{C}$ ). Słowo mikrokomputer nie jest zastosowane na wyrost, ponieważ tak wykonany układ scalony jest w istocie prawie kompletnym mikrokomputerem. Jest to układ elektroniczny mieszczący się w typowej obudowie z 8-40 wyprowadzeniami nazywanymi pinami<sup>1</sup>. W układzie znajduje się 8, 16 lub 32 bitowy procesor, który przetwarza komendy wydawane przez program (programistę). Mikrokontroler wyposażony jest w pamięć programu typu EEPROM<sup>2</sup>, pamięć danych RAM<sup>3</sup>, a w zależności od typu, może być dodatkowo zawierać nieulotną pamięć danych EEPROM. W układzie

<sup>1</sup> ang. Pin – wyprowadzenie, końcówka układu scalonego.

<sup>2</sup> EEPROM – Electric Erase and Programmable Read Only Memory.

<sup>3</sup> RAM – Random Access Memory

znajdują się również: licznik programu, liczniki 8 i 16 bitowe, timer, kontroler przerwań sprzętowych i komparator napięcia, a 2, 4 lub 6 portów umożliwia dwukierunkową komunikację ze światem zewnętrznym. Po dołączeniu do portów urządzeń wejścia/wyjścia, takich jak klawiatura i ekran LCD, uzyskujemy mikrokomputer.



Rys. 1. Porównanie struktury mikrokomputera i mikrokontrolera

W zależności od konstrukcji w mikrokontrolerach są stosowane dodatkowe układy: przetworniki A/D i D/A, układ kontroli transmisji szeregowej I2C, 1-Wire, SPI, UART, USB, CAN, kontroler realizacji programu WatchDog i inne dodatkowe układy, których zastosowanie spowodowało powstanie specjalizowanych układów mikrokontrolerów. Niezbędne elementy umożliwiające pracę mikrokontrolera, to rezonator kwarcowy ustalający częstotliwość zegara taktującego oraz rezystor i kondensator tworzące układ AutoRESET. Z powyższego krótkiego opisu wynika, że mikrokontroler jest bardzo skomplikowanym układem elektronicznym. Jednak funkcjonalność i uniwersalność układu, umożliwiły bardzo szerokie zastosowanie mikrokontrolera. Obecnie mikrokontrolery znalazły tak szerokie zastosowanie, że pewnym problemem staje się wymienienie nazw urządzeń elektronicznych, w których nie są stosowane.

Bardzo dużą zaletą stosowanych mikrokontrolerów jest możliwość modyfikowania ich konstrukcji przez producentów. Modyfikacje dotyczą dodania układów rozszerzających zastosowania mikrokontrolerów oraz podwyższania szybkości przetwarzania programu. W ostatnim czasie firma Atmel wprowadziła do produkcji unowocześnione wersje znanych i bardzo popularnych układów AT89C2051, AT89C4051 oraz rozbudowaną wersję AT89S8252. Nowe układy otrzymały oznaczenia AT89LP2052, AT89LP4052 i posiadają możliwość programowania w układzie, co dla układów AT89C2051, AT89C4051 było do tej pory niemożliwe. Wyposażono je w dwukrotnie większą pamięć RAM. Dodano port SPI umożliwiający programowanie mikrokontrolera w układzie elektronicznym, bez konieczności wyjmowania układu z podstawki i stosowania specjalnych programatorów.

Największa modernizacja dotyczy szybkości przetwarzania danych, a dokładnie ilości cykli zegarowych koniecznych do wykonania instrukcji programu. Dotychczas w klasycznej architekturze mikrokontrolerów '8051, koniecznym było zużycie 6 taktów zegara na przetworzenie każdego rozkazu, co dawało realizację instrukcji w 12, 24 lub 48 cyklach zegarowych. Obecnie mikrokontrolery AT89LP2052/4052 realizują tę operację w 1-4 taktów zegarowych, co daje od 6 do 12 razy szybsze przetwarzanie instrukcji programu. Modernizacje te umożliwiły dalsze stosowanie znanych i popularnych układów. Dodatkowo możliwa jest wymiana dotychczas stosowanych układów na nowe, bez jakichkolwiek zmian konstrukcyjnych. Jednak największą zaletą stosowania tych układów jest bardzo łatwe

programowanie mikrokontrolera przy użyciu specjalnego kompilatora BASCOM. Jest to program specjalnie napisany dla procesorów '51 i zawiera kompilator umożliwiający programowanie różnych procesorów z tej grupy oraz symulator działania programu i programator.

W zestawie dydaktycznym użyto mikrokontrolera firmy Atmel typu AT89S8252. Jest to układ, który należy do bardzo popularnej grupy procesorów serii 8051 i dokładnie został opisany w licznych publikacjach oraz nocie aplikacyjnej. Notę aplikacyjną można uzyskać ze strony producenta [www.atmel.com](http://www.atmel.com)

### Układ elektroniczny

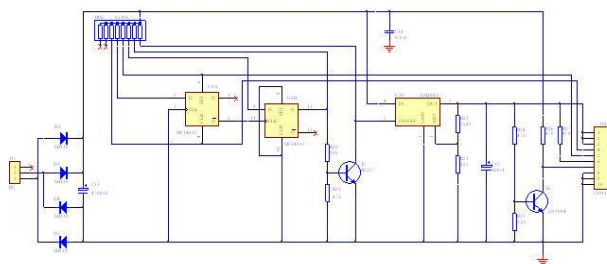
Układ elektroniczny można przedstawić w postaci połączonych ze sobą bloków spełniających określone funkcje oraz układu sterującego. W urządzeniu zastosowano typowe oraz nowe niekonwencjonalne rozwiązania. Całość tworzą następujące podukłady:

- zasilacz z elektronicznie włączanym stabilizatorem napięcia  $U=+5V$ ,
- generator taktujący z dwoma przełączanymi częstotliwościami,
- monitor linii sygnałowej przełączany między portami P0-P3,
- programator układów AT89S8252 i AT89Cxx51,
- zespół przełączników,
- wyświetlacz LCD 4x16,
- układ automatycznego/programowego/ręcznego włączania podświetlenia LCD,
- dwa wyświetlacze 7-segmentowe sterowane multipleksowo,
- wyjścia portów P0-P3 i dodatkowego zasilania,
- szyna sygnałowa I<sup>2</sup>C,
- transoptor dla sygnałów wejściowych  $U \geq 5V$ ,
- zestaw styków sterujących oddzielonych galwanicznie od układu,
- regulator prędkości obrotowej wentylatora,
- czujnik IRED,
- zegar czasu rzeczywistego i pamięć zewnętrzną
- wzmacniacz z sygnalizatorem dźwiękowym.

Układ sterujący wykonano przy pomocy mikrokontrolera AT89C2051. Oto niektóre z jego zadań:

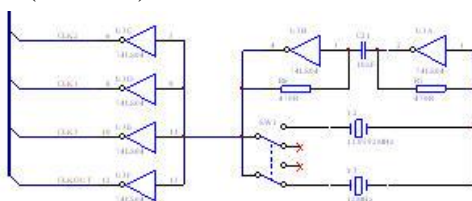
- sterowanie monitorem linii (osiem dwukolorowych diod LED),
- wyświetlanie odpowiedniej informacji o monitorowanym porcie,
- multipleksowe sterowanie wyświetlaczem LED,
- włączanie/wyłączanie podświetlenia wyświetlacza LCD.

W zasilaczu urządzenia zastosowano układ stabilizatora napięcia LM2941. Układ pracuje poprawnie przy spadku napięcia  $U_{3-1}=0,9V$ . W symulatorze sprzętowym zastosowano osiem przełączników monostabilnych. Do włączania/wyłączania napięcia zasilającego użyto takiego samego przełącznika. Spowodowało to niewielką rozbudowę układu elektronicznego o przerywacz typu T, wykonany przy użyciu układu CMOS 4013. Schemat układu przedstawiono na rysunku 2.



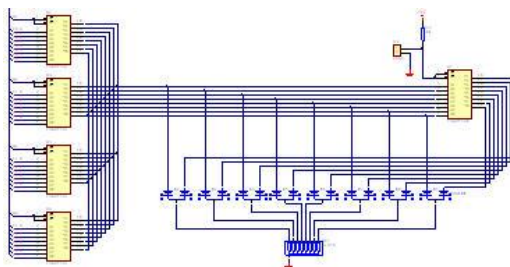
Rys. 2. Schemat zasilacza napięcia stabilizowanego

Drugi przerzutnik zastosowano w układzie zapobiegającym zjawisku odbijania styków. Generator taktujący, którego schemat przedstawiono na rysunku 3, zaprojektowano w oparciu o linearyzowane bramki NOT (74LS04).



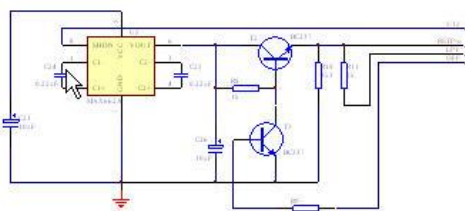
Rys. 3. Schemat generatora taktującego

Cztery bramki są wzmacniaczami cyfrowymi i separatorami sygnału taktującego. W układzie istnieje możliwość wybrania jednej z częstotliwości taktujących:  $f_1=12\text{MHz}$ ,  $f_2=11,0592\text{MHz}$ . Użycie częstotliwości  $f_1$  umożliwia proste zastosowanie liczników i timerów w celu odmierzenia czasu. Zastosowanie częstotliwości  $f_2$  ułatwia programowanie i prawicowe wykonywanie komendy SOUND. Monitor linii sygnałowej zaprojektowano w taki sposób, aby dwukolorowa dioda LED świeciła kolorem czerwonym w stanie wysokim  $U_H$ , a w stanie niskim  $U_L$  kolorem zielonym. Schemat monitora linii przedstawiono na rysunku 4.



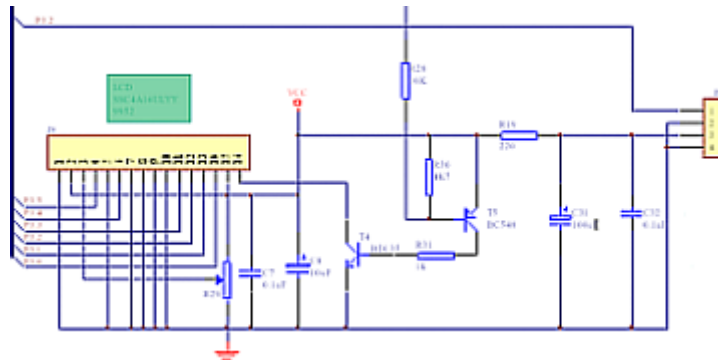
Rys. 4. Schemat monitora linii

W celu zwiększenia użyteczności urządzenia zastosowano dwa programatory. Pierwszy służy do programowania mikrokontrolera AT89S8252 przez port SPI. Drugi jest programatorem układów AT89Cxx51. W mikrokontrolerach AT89C2051 i AT89C4051 do programowania układu stosowane jest dodatkowo napięcie o wartości  $U=12\text{V}$ . W celu uzyskania odpowiedniego napięcia, zastosowano układ MAX662A firmy Maxim, który jest zasilaczem napięcia programującego pamięci Flash i przetwornicą napięcia charge-pump, DC-DC, 5V/12V. Schemat fragmentu programatora z przetwornicą pokazano na rysunku 5.



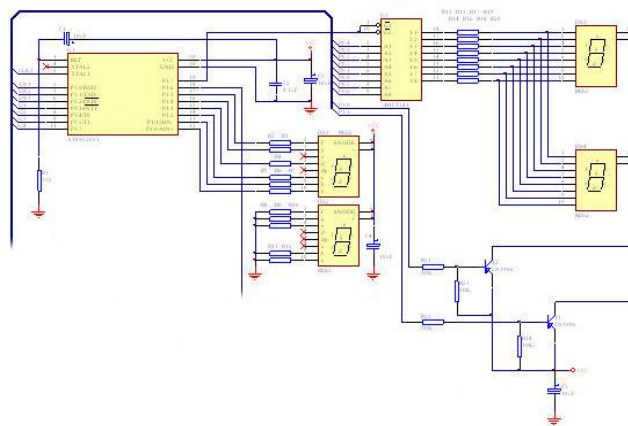
Rys. 5. Schemat przetwornicy napięcia

Wyświetlacz LCD, to typowy układ podświetlanego wyświetlacza z dwoma wierszami i szesnastoma kolumnami. W układzie, którego schemat przedstawiono na rysunku 6, zastosowano regulację kontrastu oraz automatyczny, ręczny i programowy wyłącznik podświetlenia wyświetlacza.



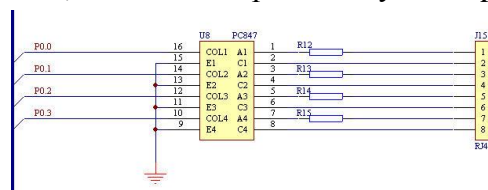
Rys. 6. Schemat połączenia wyświetlacza LCD

Dwa wyświetlacze siedmiosegmentowe nie wymagają stosowania metody multipleksowania. Jednak zastosowano ją w celu wyjaśnienia zasady działania układu i sposobu programowania mikrokontrolera. Mikrokontroler znajdujący się w urządzeniu, steruje dwoma wyświetlaczami LED licznika oraz wyświetlaczami LED służącymi do sygnalizacji wybranego portu. Na rysunku 7 przedstawiono schemat układu mikrokontrolera i wyświetlaczy. W programie sterującym zawarto procedury umożliwiające przekształcenie przełącznika monostabilnego w przełącznik bistabilny. Umożliwiło to odpowiednie sterowanie układem przerwań sprzętowych, ręcznym podświetlaniem wyświetlacza LCD, wybraniem portu do monitorowania za pomocą dwukolorowych diod LED.



Rys. 7. Schemat układu sterowania i wyświetlaczy LED

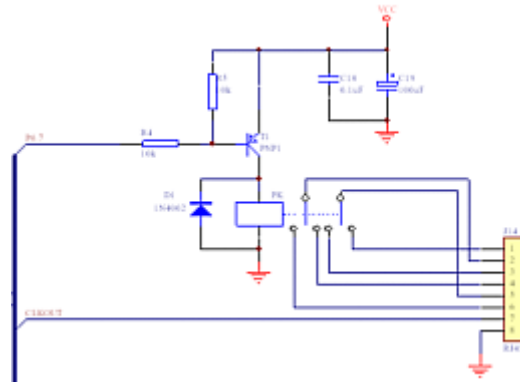
Zastosowanie transoptora umożliwia sterowanie mikrokontrolera z zewnętrznych układów, zasilanych wyższym napięciem od napięcia zasilającego zestaw. W układzie, którego schemat pokazano na rysunku 8, zastosowano poczwórny transoptor PC847.



Rys. 8. Schemat układu transoptora

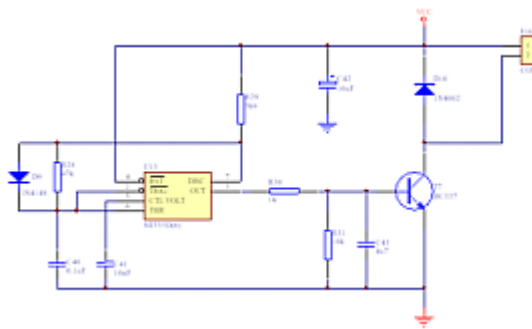
W celu umożliwienia sterowaniu zewnętrznymi urządzeniami z jednoczesnym oddzieleniem galwanicznym, zastosowano przekaźnik. Schemat układu przedstawiono na rysunku 9. Styki przekaźnika można połączyć do napięcia sieci  $U=230V$  i obciążyć je prądem o natężeniu

$I_{max}=0,2A$ . Rozszerza to znacząco zakres zastosowań układu. Możliwym jest sterowanie odbiornikami o charakterze rezystancyjnym lub indukcyjnymi i mocy nie przekraczającej  $P \leq 400VA$ .



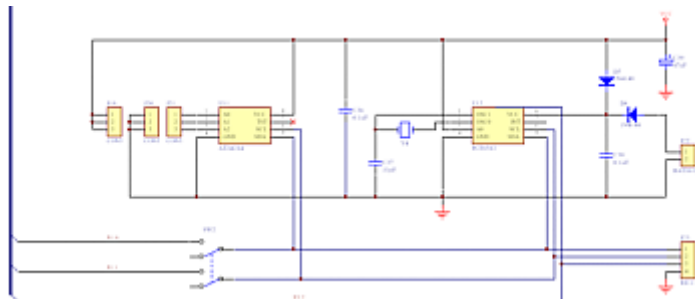
Rys. 9. Schemat wzmacniacza z przekaźnikiem

W przypadku zastosowania zasilania o napięciu z zakresu  $U=(15-24)V$  w układzie stabilizatora zostanie wydzielona moc przekraczająca wartość dopuszczalną. Niezbędne jest odprowadzenie wydzielanego ciepła na zewnątrz obudowy. W tym celu zastosowano wentylator z układem automatycznej regulacji prędkości obrotowej, którego schemat pokazano na rysunku 10.



Rys. 10. Schemat regulatora prędkości obrotowej wentylatora

W zestawie dydaktycznym zastosowano zegar czasu rzeczywistego. Jest to układ PCF8773. Programowanie układu i odczyt danych w postaci czasu i daty odbywa się za pomocą szyny I<sup>2</sup>C. W celu podtrzymania działania zegara podczas odłączania napięcia zasilającego, zastosowano ogniwo litowe CD3032. Schemat układu przedstawiono na rysunku 11. Dodatkowo do szyny I<sup>2</sup>C dołączono pamięć EEPROM typu AT24C04 umożliwiającą zapisanie 512 bajtów danych.

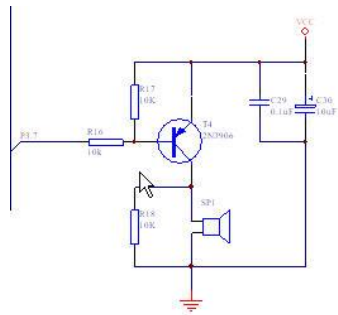


Rys. 11. Schemat zegara i pamięci EEPROM

Mikrokontroler AT89S8252 posiada 1kB pamięci EEPROM przeznaczonej na zapisywanie danych. Jednak układy z serii AT89Cxx51 nie posiadają tej pamięci, stąd konieczność stosowania pamięci zewnętrznej. Sygnalizator dźwiękowy umożliwia tworzenie prostych



sekwencji dźwiękowych. Schemat wzmacniacza z przetwornikiem piezoelektrycznym, pokazano na rysunku 12.

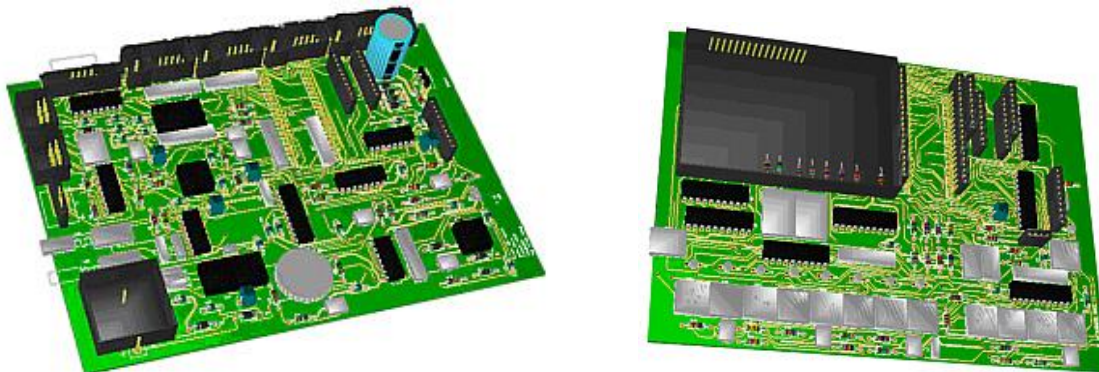


Rys. 12. Schemat sygnalizatora dźwiękowego

Przedstawione schematy podukładów zebrano na trzech schematach przeznaczonych do wykonania list elementów i ich połączeń. Listy połączeń umożliwiły zaprojektowanie trzech osobnych obwodów drukowanych PCB. Konstrukcja składająca się z trzech płytek drukowanych została umieszczona w obudowie Z-33A o wymiarach 210x145.

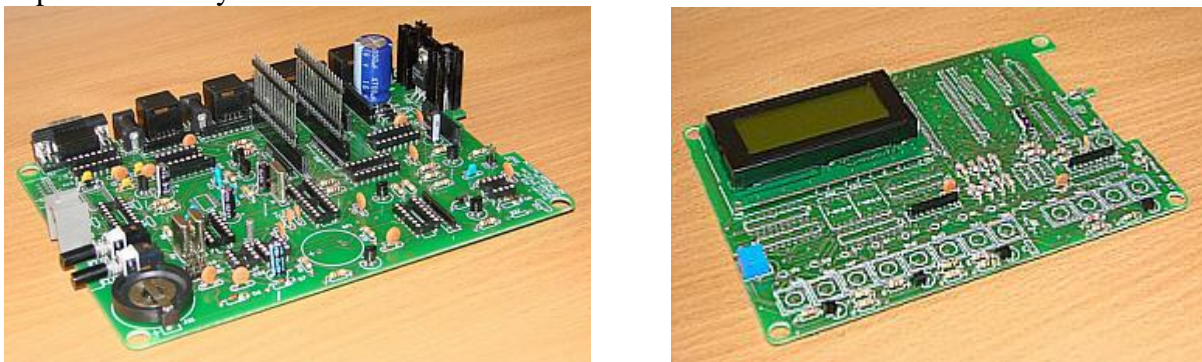
### Konstrukcja

Urządzenie zawiera trzy płytki drukowane – dolną, górną i płytkę z podstawkami. Po zaprojektowaniu obwodów drukowanych wygenerowano za pomocą programu Protel 99 SE wizualizację 3D płytek. Ukazują one trójwymiarowy widok zamontowanych elementów i układ rozmieszczenia ścieżek obwodu drukowanego.



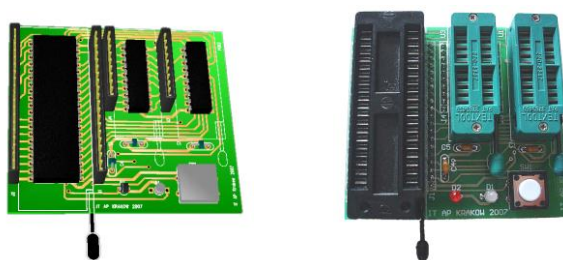
Rys. 13. Wizualizacja 3D płytek drukowanych zestawu dydaktycznego

Wizualizacja 3D umożliwiła wykonanie wstępnej weryfikacji konstrukcji. W końcowej konstrukcji zmieniono położenie wyświetlacza LCD oraz rozmieszczenie przycisków sterujących. Zostały one odsunięte od pozostałych, tworząc oddzielną grupę. Płytki z zamontowanymi częściami, odpowiadające wizualizacji przedstawionej na rysunku 13 pokazano na rysunku 14.



Rys. 14. Widok płytek obwodów drukowanych zestawu dydaktycznego mikrokomputera

Na rysunkach nie przedstawiono zewnętrznego zasilacza prądu stałego. Odpowiednia konstrukcja stabilizatora znajdującego się wewnątrz zestawu, umożliwia dołączenie zasilacza napięcia stałego lub przemiennego o wartości napięcia z przedziału  $U=(7,5-24)V$  i wydajności prądowej  $I_{min}=0,8A$ .

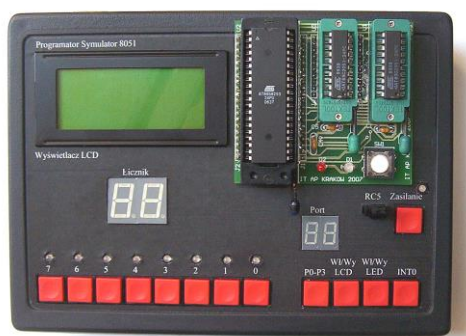


Rys. 15. Wizualizacja 3D i widok płytki z podstawkami ZIF programatora

Na rysunku 15 przedstawiono płytke programatora z podstawkami pod programowane mikrokontrolery. Zastosowanie podstawek typu ZIF umożliwia programowanie i testowanie wielu mikrokontrolerów. Dwie podstawki ZIF20 zastosowano w celu oddzielenia układu programatora od układu symulatora. Rysunek 16 przedstawia widoki boczne zestawu dydaktycznego, a rysunek 17 pokazuje front urządzenia.



Rys. 16. Widok zestawu dydaktycznego



Rys. 17. Widok frontu urządzenia

Projekt urządzenia zrealizowano z myślą o zastosowaniu w celach dydaktycznych. Małe gabaryty zestawu zwiększają jego mobilność i umożliwiają zastosowanie w każdej pracowni komputerowej. Podłączając zestaw na stanowisku komputerowym można przeprowadzać zajęcia z programowania mikrokontrolerów. Prosta i ergonomiczna konstrukcja pozwala nawet początkującym na korzystanie z szerokich możliwości urządzenia. Prezentowany zestaw dydaktyczny może być używany zarówno przez początkujących jak i zaawansowanych amatorów programowania mikrokontrolerów. Intuicyjna obsługa oraz możliwość natychmiastowego sprawdzenia napisanych programów dają efekty w postaci szybkiej, a zarazem ciekawej nauki programowania. Możliwość dołączenia urządzeń zewnętrznych, rozszerza zakres tematyki ćwiczeń oraz uatrakcyjnia realizację procesu dydaktycznego.