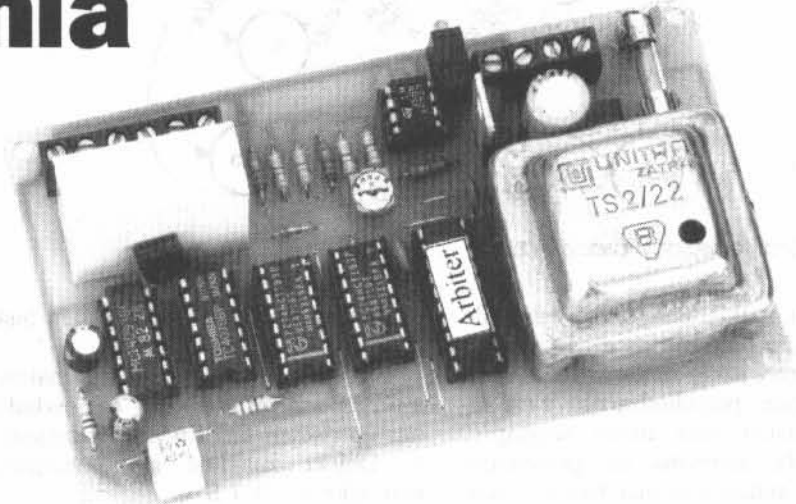


## Co potrafią PLD? - projekt 2

# Automatyczny sterownik oświetlenia

Przedstawiamy drugi projekt z serii „Co potrafią PLD”. Jest to układ automatycznego włącznika/wyłącznika światła w pomieszczeniu, który zapala światło po wejściu pierwszej osoby i gasi po wyjściu ostatniej. Innym zastosowaniem omawianego rozwiązania może być wskaźnik ilości osób znajdujących się aktualnie w pomieszczeniu (np. w sklepie) lub licznik przedmiotów przechodzących przez taśmę produkcyjną. Ze względu na pełnioną w urządzeniu rolę, umieszczony w nim układ PLD nazwano „Arbiter”.



Układ sterownika współpracuje z aktywnymi czujkami podczerwieni (kit AVT-100), które spełniają funkcję detektorów kierunku poruszania się obiektów (osób).

Możliwości proponowanego rozwiązania:

- detekcja kierunku poruszania się obiektów, przy czym algorytm analizy kierunku ruchu, zastosowany w układzie „Arbiter”, zapewnia dużą odporność na podstawowe czynniki zakłócające - omówimy je w dalszej części artykułu;

- bardzo szeroki dopuszczalny zakres szybkości poruszania się obiektów i częstości ich występowania. Regulacji dokonuje się dobierając częstotliwość zegara wzorcowego;

- zliczane obiekty mogą mieć praktycznie dowolne rozmiary (dotyczy to zwłaszcza długości);

- praktycznie nieograniczona liczba zliczanych obiektów. Cecha ta wynika z zastosowania zewnętrznego licznika, którego pojemność można w prosty sposób dostosować do indywidualnych potrzeb. W modelu zastosowano dwa liczniki 4-bitowe, co umożliwia zliczanie do 255;

- możliwość współpracy z dowolnymi czujnikami, przy czym najlepsze efekty uzyskuje się ze standardowymi (aktywnymi) torami podczerwieni. Wejście układu wyposażone jest w komparator z ustawianym progiem przełączania, co unie-

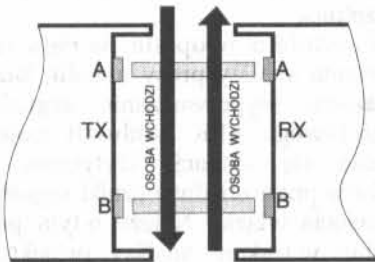
zależnia urządzenie od standardu napięciowego, w jakim pracuje wyjście czujki;

- dzięki zastosowaniu - jako wyjściowego układu wykonawczego - wysokiej jakości przełącznika jest możliwe bezpośrednie sterowanie np. oświetleniem w pokoju.

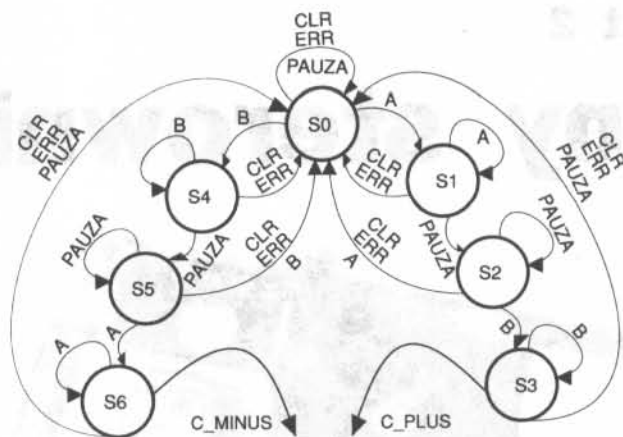
## Realizacja projektu

Na pierwszy rzut oka problem, którego rozwiązaniem tutaj przedstawiamy, może wydawać się banalny, jednak po przeprowadzeniu jego analizy widać, że tak nie jest. Najprostszym i pozornie poprawnym rozwiązaniem byłoby zastosowanie dwukierunkowego licznika z podłączonymi do wejść zegarowych wyjściami czujników. Na rys. 1 przedstawiono tzw. „strefę zliczania”, czyli np. korytarz z zainstalowanymi dwoma torami podczerwieni, które realizują funkcję czujników ruchu. Przy strzałkach oznaczono kierunki przyjęte jako „Wejście” i „Wyjście”.

W idealnych warunkach tak skonstruowany układ mógłby działać poprawnie. Za „idealne warunki” należałoby przyjąć brak możliwości jednoczesnego pojawienia się sygnałów z obydwu czujników i założenie, że osoba wchodząca lub wychodząca po minięciu jednej z czujek nie zmieni decyzji i nie cofnie się lub nie zatrzyma się pomiędzy czujnikami. Standardowe systemy



Rys. 1. Strefa zliczania osób wchodzących do pomieszczenia.



Rys. 2. Graf opisujący pracę „Arbitra”

arbitrażu z układami czasowymi nie są ponadto odporne na czas przechodzenia przez strefę zliczania i czas trwania sygnału przychodzącego z czujnika; sytuacja taka może wystąpić, gdy osoba zatrzyma się przecinając wiązkę promieniowania jednej z czujek (stosowane są timery monostabilne, co powoduje znaczne przekłamanie w rzeczywistych zastosowaniach). Możliwe jest oczywiście zastosowanie większej ilości timerów lub rozbudowanie „inteligencji” układu w oparciu o standardowe układy cyfrowe, ale spełnienie wszystkich wymogów powoduje znaczną rozbudowę urządzenia. Doskonale widać to na list. 2, który opisuje funkcje logiczne przypisane wyjściom projektowanego układu. Pewnym wyjściem mogłoby być zastosowanie mikrokontrolera (np. ST62), ale nakład pracy podczas projektowania oraz koszt takiego gotowego kontrolera jest nieporównywalnie wyższy niż standardowego GALa.

Na rys. 2 pokazano graf opisujący funkcję przejść-wyjsc, zaimplementowaną przez nas w układzie „Arbitra”. Prawa część rysunku opisuje zachowanie się układu w chwili wchodzenia osoby do pomieszczenia, natomiast lewa - podczas wychodzenia.

W opisie zastosowano następującą konwencję:

- CLR oznacza sygnał wymuszający kasowanie automatu (z ang. CLear). Stanem aktywnym tego wejścia jest „1”;
- ERR oznacza pojawienie się jednocześnie sygnału z czujników A i B, co uniemożliwia określenie kierunku poruszającego się obiektu (osoby). Jest to sytuacja awaryjna, stąd nazwa od ang. ERRor. Przyjęto, że

stanem aktywnym tego wyjścia jest „1”;

- PAUZA oznacza brak sygnałów z wyjść czujników, co odpowiada następującym możliwym sytuacjom:
  1. Obiekt znajduje się pomiędzy czujnikami A i B
  - lub
  2. Obiekt znajduje się poza obszarem zliczania,

jednocześnie jest nieaktywne wejście kasujące CL.

- A lub B oznacza pojawienie się sygnału wejściowego z jednego z dwóch czujników (odp. A lub B). W programie założono, że stanem aktywnym tych wejść jest logiczna „1”;

- C\_PLUS lub C\_MINUS oznacza synchroniczne wygenerowanie impulsu zegarowego (odp. zwiększającego lub zmniejszającego stan licznika). W zależności od tego, czy wykryta przez czujniki podczerwieni osoba wchodziła czy wychodziła z pomieszczenia, impuls zegarowy pojawia się na odpowiednim wyjściu sterownika. Ze względu na zastosowane tu zewnętrzne liczniki typu 193, poziomem aktywnym tych wyjść jest logiczne „0”.

- C\_PLUS lub C\_MINUS oznacza synchroniczne wygenerowanie impulsu zegarowego (odp. zwiększającego lub zmniejszającego stan licznika). W zależności od tego, czy wykryta przez czujniki podczerwieni osoba wchodziła czy wychodziła z pomieszczenia, impuls zegarowy pojawia się na odpowiednim wyjściu sterownika. Ze względu na zastosowane tu zewnętrzne liczniki typu 193, poziomem aktywnym tych wyjść jest logiczne „0”.

- stan S0 jest stanem początkowym, ustawianym automatycznie po włączeniu zasilania. Układ „Arbitra” w każdej sytuacji awaryjnej powraca do tego stanu;

- stan S1 jest pierwszym stanem, do którego przechodzi automat po wykryciu ruchu przez czujkę A;

- stan S2 to kolejny stan dla sekwencji „wchodzenia”;

- stan S3, w którym dokonuje się detekcji sygnału z drugiego czujnika (B) i generacji impulsu zegarowego C\_PLUS dla licznika;

- stan S4 jest pierwszym stanem

sekwencji „wychodzenia”. Jest to odpowiednik stanu S1;

- stan S5 - odpowiednik stanu S2 dla obiektu „wychodzącego”;

- stan S6 - odpowiednik stanu S3, j.w.

Po włączeniu zasilania sterownik rozpoczyna pracę od stanu S0. Stan ten jest podtrzymywany przez cały czas aż do momentu pojawienia się sygnału z czujnika A lub B. W tym momencie następuje przejście z początkowego stanu S0 do stanu S1 lub S4, w zależności od sygnałów wejściowych. Układ pozostaje w tym stanie aż do momentu minięcia przez osobę wchodzącą czujnika A (lub B) - zanika sygnał wyjściowy czujnika, co automat zinterpretuje jako kombinację sygnałów PAUZA. Następuje więc przejście do stanu S2 (lub S5). Jest to stan wyczekiwania układu na zachowanie poruszającego się obiektu - jeżeli ponownie pojawi się sygnał z czujnika, który zainicjował pracę automatu A (lub B) to nastąpi powrót do stanu S0. Można w tym momencie przyjąć, że obiekt wycofał się ze strefy zliczania.

Jeżeli w stanie S2 (lub S5) pojawi się impuls z drugiego czujnika - B (A) to następuje przejście do kolejnego stanu S3 (lub S6), który trwa tak długo jak sygnał wyjściowy z czujki. Po zaniknięciu tego sygnału automat przechodzi z powrotem do stanu S0, generując na wyjściu C\_PLUS (C\_MINUS) impuls zegarowy dla zewnętrznego licznika.

Ponieważ w wyniku różnego rodzaju zakłóceń zewnętrznych mogłoby dojść do zablokowania pracy automatu, stworzone zostały dodatkowe ścieżki ratunkowe w postaci synchronicznego kasowania (CLR), umożliwiające powrót do stanu S0 bez względu na aktualny stan automatu oraz synchroniczny powrót do S0 w wyniku błędnego stanu wejść (ERR - dwa wejścia aktywne jednocześnie).

Pominięto w opisie, w celu ułatwienia analizy pracy układu, każdorazowe wyprowadzanie sygnału wyjściowego ERR w chwili pojawienia się sytuacji krytycznej - podania przez obydwie czujki sygnału przecięcia wiązki. Należy o tym pamiętać w trakcie analizy projektu.

W opisie grafu przejścia ujęte w nawiasy dotyczą lewej części rysunku 2.

```

Name      Arbiter;
Date      29/11/93;
Revision  2.2;
Designer  P.Z.;
Company   B T C;
Assembly  None;
Location  None;
Device    g16v8;

/* ..... */
/* Automat włączający światło po wejściu pierwszej osoby 1 */
/* wylaczający światło po wyjściu ostatniej osoby. */
/* Jest to wersja sterownika do licznika 74193. */
/* ..... */

/** Inputs **/

pin 1 = CLK;      /* Zegar synchronizujący */
pin 2 = CL;       /* Register reset input */
pin 4 = CA;       /* Wejście czujnika A */
pin 5 = CB;       /* Wejście czujnika B */

/** Outputs **/

pin 12 = ERROR;   /* Wyjście wskazujące błąd */
pin 14 = IC_PLUS; /* Wyjście zwiększające licznik */
pin 15 = IC_MINUS; /* Wyjście zmniejszające licznik */
pin [16..18] = {Q0..Q2};

/** Declarations and Intermediate Variable Definitions **/

field numer_stanu = {Q2..0};
field wejścia = {CB,CA,CL};

PAUSA = wejścia:'b'000;
A = wejścia:'b'010;
B = wejścia:'b'100;
ERR = wejścia:'b'110;
CLR = wejścia:'b'XX1;

$define S0 'b'000
$define S1 'b'001
$define S2 'b'010
$define S3 'b'011
$define S4 'b'100
$define S5 'b'101
$define S6 'b'110

/** Logic Equations **/

sequence numer_stanu {
present S0 if A next S1;
           if B next S4;
           if PAUSA next S0;
           if CLR next S0;
           if ERR next S0 out ERROR;
present S1 if PAUSA next S2;
           if A next S1;
           if CLR next S0;
           if ERR next S0 out ERROR;
present S2 if B next S3;
           if A next S0;
           if PAUSA next S2;
           if CLR next S0;
           if ERR next S0 out ERROR;
present S3 if PAUSA next S0 out C_PLUS;
           if B next S3;
           if CLR next S0;
           if ERR next S0 out ERROR;
present S4 if PAUSA next S5;
           if B next S4;
           if CLR next S0;
           if ERR next S0 out ERROR;
present S5 if A next S6;
           if B next S0;
           if PAUSA next S5;
           if CLR next S0;
           if ERR next S0 out ERROR;
present S6 if PAUSA next S0 out C_MINUS;
           if A next S6;
           if CLR next S0;
           if ERR next S0 out ERROR;
)

```

List. 1.

Na rys. 3 przedstawiono wykres czasowy odpowiadający grafowi z rys. 2, przy czym w celu uproszczenia analizy rozpatrywany jest kierunek ruchu od czujnika A do B (prawa część grafu).

Na list. 1 znajduje się kompletny program napisany w CUPLu, odwzorowujący sekwencję przejść przedstawioną na grafie z rys. 2. Listing 2 (jest to fragment pliku dokumentacyjnego tworzony przez kompilator) zawiera opis wewnętrznych fun-

```

.....
Arbiter
.....
CUPL      4.0a Serial# MD-40A-8209
Device    g16v8ms Library DLIS-h-26-11
Created   Wed Apr 13 12:36:25 1994
Name      Arbiter
Partno    xxxxxx
Revision  2.2
Date      29/11/93
Designer  P.Z.
Company   B T C
Assembly  None
Location  None

```

```

.....
Expanded Product Terms
.....
A =>
  CA & ICB & ICL
B =>
  ICA & CB & ICL
CLR =>
  CL
C_MINUS.d =>
  ICA & ICB & ICL & I00 & Q1 & Q2
C_PLUS.d =>
  ICA & ICB & ICL & Q0 & Q1 & I02
ERR =>
  CA & CB & ICL
ERROR.d =>
  CA & CB & ICL & I00 & Q1 & Q2
  # CA & CB & ICL & I02
  # CA & CB & ICL & I01 & Q2
PAUSA =>
  ICA & ICB & ICL
Q0.d =>
  CA & ICB & ICL & I01 & I02
  # ICA & ICB & ICL & I01 & Q2
  # ICA & CB & ICL & Q0 & I01 & Q2
Q1.d =>
  CA & ICB & ICL & I00 & Q1 & Q2
  # ICA & ICB & ICL & I00 & I01 & I02
  # ICA & ICL & I00 & Q1 & I02
  # ICA & CB & ICL & Q0 & Q1 & I02
  # CA & ICB & ICL & Q0 & I01 & Q2
Q2.d =>
  CA & ICB & ICL & I00 & Q1 & Q2
  # ICA & CB & ICL & I00 & I01
  # ICA & ICB & ICL & I01 & Q2
  # CA & ICB & ICL & Q0 & I01 & Q2
numer_stanu =>
  Q2 , Q1 , Q0
wejścia =>
  CB , CA , CL

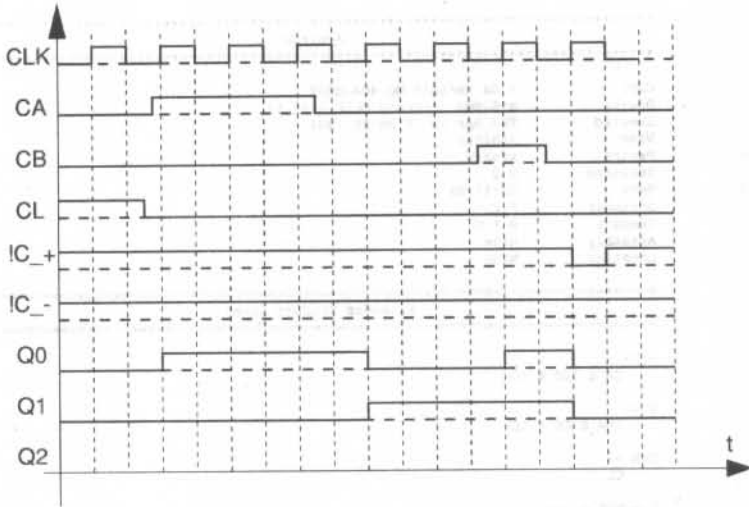
```

Symbol Table

Pin	Variable	Ext	Pin	Type	Pterms	Max	Min
Pol	Name				Used	Pterms	Level
A			0	I	1	-	-
B			0	I	1	-	-
CA			4	V	-	-	-
CB			5	V	-	-	-
CL			2	V	-	-	-
CLK			1	V	-	-	-
CLR			0	I	1	-	-
!	C_MINUS		15	V	-	-	-
!	C_MINUS	d	15	X	1	8	1
!	C_PLUS		14	V	-	-	-
!	C_PLUS	d	14	X	1	8	1
ERR			0	I	1	-	-
ERROR			12	V	-	-	-
ERROR		d	12	X	3	8	1
PAUSA			0	I	1	-	-
Q0			16	V	-	-	-
Q0		d	16	X	3	8	1
Q1			17	V	-	-	-
Q1		d	17	X	5	8	1
Q2			18	V	-	-	-
Q2		d	18	X	4	8	1
numer_stanu			0	F	-	-	-
wejścia			0	F	-	-	-

LEGEND F : field D : default variable M : extended node  
N : node I : intermediate variable T : function  
V : variable X : extended variable U : undefined

List. 2.



Rys. 3. Przebiegi czasowe dla wchodzenia, odpowiadające prawej części grafu z rys. 2.

kcji logicznych realizowanych w układzie „Arbiter“.

**Specyfikacja układu Arbiter**

Po przeanalizowaniu wymagań stawianych przez projekt (wykorzystanie iloczynów - list.2) okazało się, że cały „Arbiter“ zmieści się w układzie GAL16V8. Wyprowadzenia rozmieszczono w taki sposób, aby maksymalnie uprościć wykonanie płytki drukowanej. Przedstawia je rys. 4.

4. Wyprowadzenia spełniają następujące funkcje:

CLK - wejście sygnału zegarowego o częstotliwości dobranej do przewidywanej szybkości poruszania się kontrolowanych obiektów. Może ona wynosić 0...35MHz, przy czym

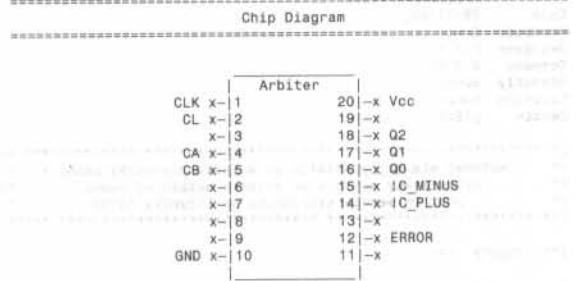
praktyczny zakres zawiera się pomiędzy 0,5...100Hz. Poziomy napięcie odpowiadające logicznemu „0“ i „1“ powinny być takie jak w układach TTL. Uwaga ta dotyczy także pozostałych wyprowadzeń. Aktywne jest zboczenie narastające przebiegu wejściowego.

CL - synchroniczne z zegarem CLK wejście kasujące (zerujące) układ. W praktyce oznacza to przejście automatu do stanu S0 i ustawienie „1“ na wyjściach !C\_PLUS i !C\_MINUS w momencie podania „1“ na wejście CL.

CA - synchroniczne wejście sygnału z czujnika A.

CB - synchroniczne wejście sygnału z czujnika B.

Q2..Q0 - wyjścia wskazujące nu-



Rys. 4. Wyprowadzenia „Arbitra“

mer stanu (wg. list.1), w którym znajduje się automat. Wykorzystuje się je tylko podczas testowania i uruchamiania urządzenia. Stan aktywny „1“.

!C\_PLUS - wyjście zwiększające stan licznika. Stan aktywny „0“.

!C\_MINUS - wyjście zmniejszające stan licznika. Stan aktywny „0“.

ERROR - wskazanie zaistnienia błędu w pracy automatu. Stan aktywny „1“.

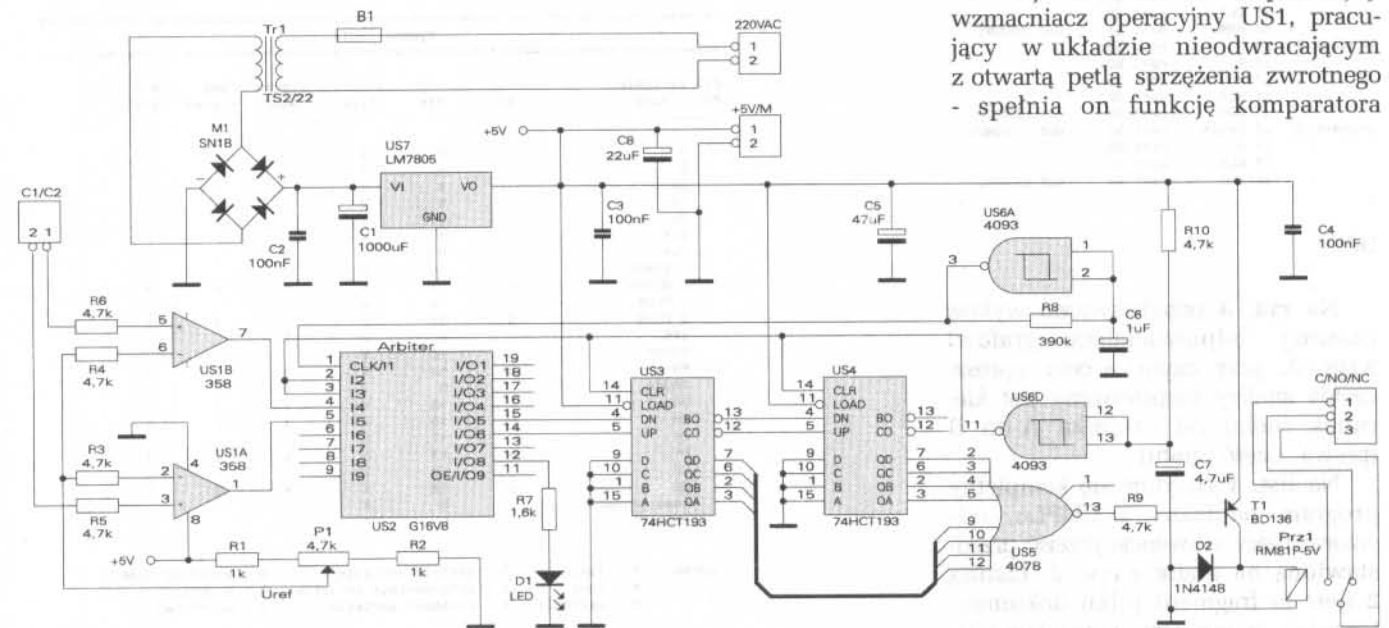
GND i Vcc - wyprowadzenia zasilające układ scalony.

Pozostałe wyprowadzenia wejściowe podłączone do masy zasilania.

Pobór prądu przez zaprogramowany układ nie powinien przekroczyć 50mA (dla układu National Semiconductor GAL16V8A-25), obciążalność wyjść do ok. 30mA, zaś pobór prądu przez każde z wyjść nie przekracza 100µA.

**Opis układu**

Na rys. 5 znajduje się schemat elektryczny kompletnego urządzenia. Na wejściu zastosowano podwójny wzmacniacz operacyjny US1, pracujący w układzie nieodwracającym z otwartą pętlą sprzężenia zwrotnego - spełnia on funkcję komparatora



Rys. 5. Schemat elektryczny kompletnego urządzenia

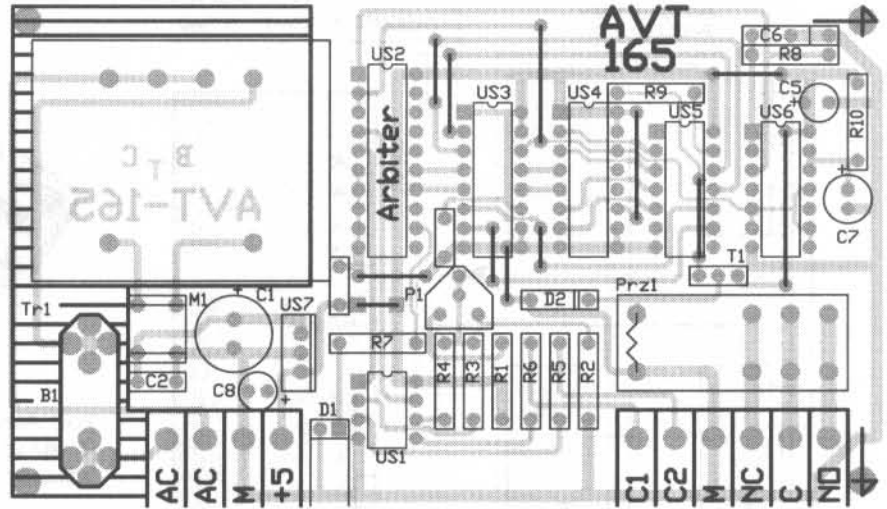


napięciowego, porównującego napięcie odniesienia podawane z potencjometru P1 z napięciem wejściowym podawanym na złącze C1/C2 z wyjścia czujników podczerwieni. Sygnały z wyjść wzmacniaczy US1A i US1B są podawane na wejścia CA i CB „Arbitra”. Zastosowanie komparatora zapewnia dopasowanie poziomów napięciowych wyjścia czujki i wejścia US2 oraz, dodatkowo, poprawia stromość zboczy sygnałów wejściowych, dzięki czemu ryzyko wystąpienia błędnych stanów w pracy automatu jest ograniczone. W zależności od rodzaju czujników za pomocą potencjometru P1 dobieramy poziom napięcia zasilającego wejścia odwracające komparatorów, ustalając próg przełączenia. W przypadku zastosowania czujników z wyjściami wysokonapięciowymi może okazać się konieczne zastosowanie dodatkowego dzielnika napięciowego na wejściu komparatora.

Dioda LED D1, dołączona do wyjścia ERR US2, wskazuje pojawienie się błędnej kombinacji sygnałów wejściowych. Można ten sygnał wykorzystać do sterowania dowolnego dodatkowego wskaźnika alarmowego, dodając odpowiedni wzmacniacz.

Sygnały !C PLUS i !C MINUS z wyjść US2 podane są na wejścia licznika US3 (TTL 193), który jest połączony szeregowo z licznikiem US4. Taki sposób podłączenia ustala pojemność licznika na 256, co daje możliwość zliczenia do 255 obiektów. Stan początkowy 00H zarezerwowany jest dla wskazania, że pomieszczenie jest puste. Detekcja stanu początkowego odbywa się dzięki bramce NOR/OR US5. Pojawienie się impulsu !C PLUS lub !C MINUS powoduje pojawienie się przynajmniej jednej „1” na wyjściu licznika US3 lub US4, co wymusza na zanegowanym wyjściu US5 stan logicznego „0”. Poprzez rezystor R9 sygnał ten wysterowuje tranzystor T1, który jest wzmacniaczem zasilającym przekaźnik wyjściowy. Dioda impulsowa D2 zabezpiecza tranzystor przed przepięciami powstającymi w cewce przekaźnika podczas przełączania.

Z powyższego opisu można wywnioskować, że nie ma większego znaczenia rzeczywisty kierunek poruszania się obiektu. Możliwa jest zmiana kolejności czujek kierunku



Rys. 6. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej

ruchu bez żadnego wpływu na sposób pracy detektora obecności. Zmianie może ulec tylko kierunek zliczania przez liczniki US3 i US4. Kolejność zgodną z rys. 1 należy zachować w przypadku wykorzystania układu jako licznika ilości osób znajdujących się w pomieszczeniu.

Jako generator zegarowy zastosowano układ z bramką Schmitta US6A. Częstotliwość pracy należy dobrać w zależności od szybkości poruszania się zliczanych obiektów. Częstotliwość ta wyznacza podziałkę czasową pobierania próbek informacji z otoczenia - zbyt duża powoduje błędne zliczenia wywołane niską prędkością poruszania się obiektu, zbyt mała stwarza niebezpieczeństwo niewykrycia pojawienia się szybko poruszającego się obiektu.

Układ całościowy R10 i C7 wraz z inwerterem US6D tworzą układ wstępnego kasowania po włączeniu zasilania. Zastosowanie tego układu powoduje pewny i bezbłędny start automatu.

Ze sterownikiem zintegrowano zasilacz stabilizowany, w którego skład wchodzi: transformator Tr1, mostek prostowniczy M1, kondensatory filtrujące C1, C2 i stabilizator +5V US7.

### Montaż i uruchomienie

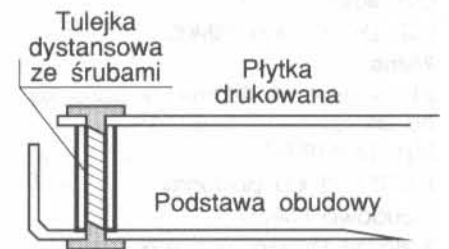
Układ montujemy na jednostronnej płytce drukowanej wykonanej wg rysunku pokazanego na wkładce. Rozmieszczenie elementów na płytce przedstawia rys. 6. Ponieważ zastosowano bardzo popularne i standardowe elementy, nie powinno być trudności z ich zdobyciem i montażem. Wartości ele-

mentów dyskretnych nie są krytyczne dla poprawnej pracy urządzenia.

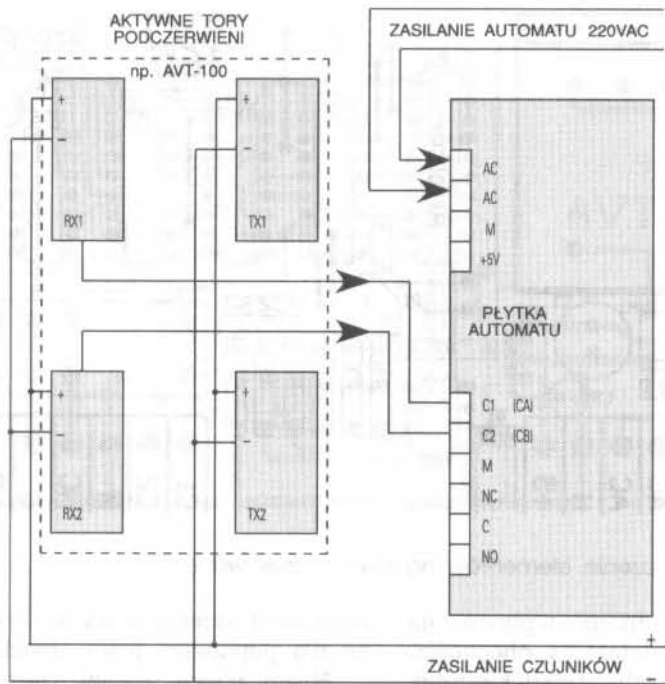
Nieco więcej uwagi warto natomiast poświęcić montażowi transformatora sieciowego, który także znajduje się na płytce drukowanej. Zastosowano transformator w obudowie zabezpieczającej przed dostępem do uzwojeń, ponadto strefa na płycie, w której może grozić porażenie prądem, została zakreskowana. W ten sposób chcieliśmy zwrócić uwagę Czytelników na konieczność zachowania ostrożności podczas pracy z niez izolowanym napięciem sieciowym 220V.

Wszystkie sygnały wyjściowe i wejściowe zostały wyprowadzone na złącze śrubowe typu ARK, znajdujące się na krawędzi płytki drukowanej. Dodatkowo na złącze wyprowadzono stabilizowane napięcie +5V. Pobór prądu z tego punktu nie powinien przekroczyć 40mA, co wynika ze stosunkowo małej mocy transformatora zastosowanego w układzie. Czujniki podczerwieni powinny być wyposażone we własny zasilacz +12V.

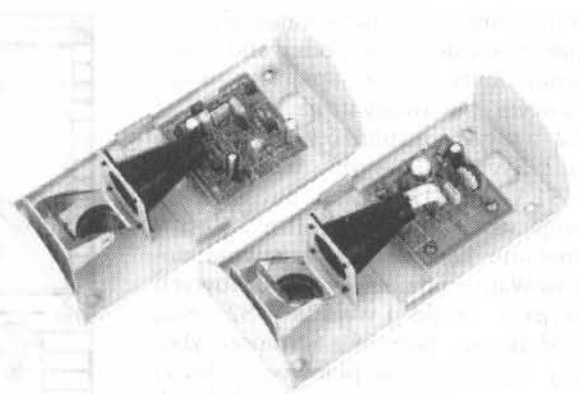
Jako obudowę wykorzystano plastikowe pudełko z serii KM-35. Płytkę montowaną jest do dna obudo-



Rys. 7. Sposób mocowania płytki do obudowy



Rys. 8. Schemat połączeń wszystkich bloków urządzenia



Fot. Aktywny tor podczerwieni (kit AVT-100). W skład opisywanego urządzenia wchodzi dwa takie tory.

W sieci handlowej AVT można nabyć płytkę drukowaną automatycznego sterownika oświetlenia (AVT-165) oraz zaprogramowany układ „Arbiter“.

Ponadto w ofercie AVT znajdują się dwa pakiety oprogramowania serii CUPL, służące do projektowania układów PLD.

Są to:

- CUPL Starter Kit - tani kompilator z bibliotekami ograniczonymi do podstawowych elementów. Cena 1.380.000 zł.

- CUPL PAL Expert - profesjonalna wersja kompilatora z bardzo rozbudowanymi bibliotekami elementów. Cena 4.900.000 zł.

Wszystkie projekty przedstawiane w serii „Co potrafią PLD“ opracowano przy pomocy najbardziej rozbudowanego kompilatora CUPL Total Designer ver. 4.0a.

wy za pośrednictwem gwintowanych tulejek metalowych lub wykonanych z tworzywa (rys. 7), o wysokości 8...15mm. Przewody: zasilający, wyjściowy i wejściowy z czujników należy przeprowadzić przez otwory wywiercone uprzednio w jednej z czolowych ścianek.

Na rys. 8 przedstawiono sposób podłączenia czujników podczerwieni do modułu automatu. Czujniki powinny być oddalone od siebie o ok. 1m. Przy zmniejszeniu tej odległości mogą często występować stany ERR (sygnały z dwóch czujników jednocześnie), powodujące niepoprawną pracę układu.

**Piotr Zbysiński, AVT**

## WYKAZ ELEMENTÓW

### Rezystory

R1, R2: 1kΩ  
R3, R4, R5, R6, R9, R10: 4,7kΩ  
R7: 1,6kΩ  
R8: 390kΩ  
P1: 4,7kΩ (2,2kΩ..10kΩ)

### Kondensatory

C1: 1000μF/16V  
C2, C3, C4: 100nF  
C5: 47μF/16V  
C6: 1μF/10V  
C7: 4,7μ/16V  
C8: 22μF/16V

### Półprzewodniki

D1: LED dowolna  
D2: 1N4148  
M1: mostek prostowniczy SN1B  
T1: BD136, 138, 140  
U1: LM358  
U2: G16V8, zaprogramowany Arbiter  
U3, U4: 74HCT193  
U5: 4078  
U6: 4093  
U7: LM7805 lub 78M05

### Różne

B1: bezpiecznik 100mA + oprawka do druku  
Prz1: RM81P-5V  
Tr1: TS2/22 lub podobny  
Obudowa KM-35  
5 złączy zaciskowych ARK podwójnych  
2 tory podczerwieni, np. 2xAVT-100.