

BENON MUCHA, WŁADYSŁAW CZECH
Katedra Elektroniki Przemysłowej

TRANZYSTOROWA MASZYNA DO EGZAMINOWANIA
"EXAMAT - CEM - 67"

Streszczenie. W pracy przedstawiono zasady działania, schematu, strukturalne i opis budowy tranzystorowej maszyny egzaminacyjnej typu "Examat". Omówiono również możliwości praktycznego zastosowania maszyny.

1. Wstęp

Maszyna do egzaminowania "Examat" została skonstruowana i zbudowana w ramach pracy dyplomowej w Katedrze Elektroniki Przemysłowej Politechniki Śląskiej w Gliwicach. W ramach tejże pracy miały być zastosowane określone układy elektroniczne tranzystorowe jak układy spustowe (trigery), czasowy układ zegarowy, multiwibrator, układy liczące, układy logiczne, układy kodujące itp.

Maszyna odpowiada następującym założeniom:

- 1) umożliwia egzaminowanie przy pomocy wyświetlanych kart testowych zawierających 5 pytań i po 3 odpowiedzi na każde z nich,
- 2) kodowanie odpowiedzi odbywa się za pomocą perforacji karty testowej,
- 3) wybieranie prawidłowych kodowanych odpowiedzi odbywa się za pośrednictwem trzech przycisków klawiszowych,
- 4) czas wyświetlania każdego pytania, a tym samym i możliwości odpowiedzi jest określony przez tranzystorowy układ zegarowy,
- 5) wszystkie zespoły wykonano na elementach półprzewodnikowych produkcji krajowej - zasilanie z baterii akumulatorów.

2. Opis działania maszyny

2.1. Opis ogólny

Maszyna do egzaminowania została zbudowana w formie małego przenośnego pulpitu o wymiarach 430 x 320 x 290 mm.

Widok ogólny przedstawiono na rys. 1.

Kartę testową zawierającą pytania i odpowiedzi, wykonaną z kalki technicznej i odpowiednio perforowaną zakłada się pod szybkę matową. Zamykając ramkę z szybką odpowiednio styki na wewnętrznej stronie ramki dokonują kodowania (poprzez perforację) prawidłowych odpowiedzi. System ten pozwala na łatwą zmianę kodu i uzyskanie dużej ilości ($3^5 = 243$) kombinacji prawidłowych odpowiedzi. Równocześnie uniemożliwia to zaliczenie nieprawidłowej odpowiedzi, jak również odpowiedzi udzielonej przy niewłaściwej manipulacji klawiszami "odpowiedź" np. równoczesne naciśnięcie dwóch względnie trzech klawiszy. Ponadto przy kilkakrotnym naciśnięciu prawidłowego klawisza "odpowiedź" (w czasie wyświetlania tego samego pytania) maszyna zalicza tylko jedną odpowiedź.

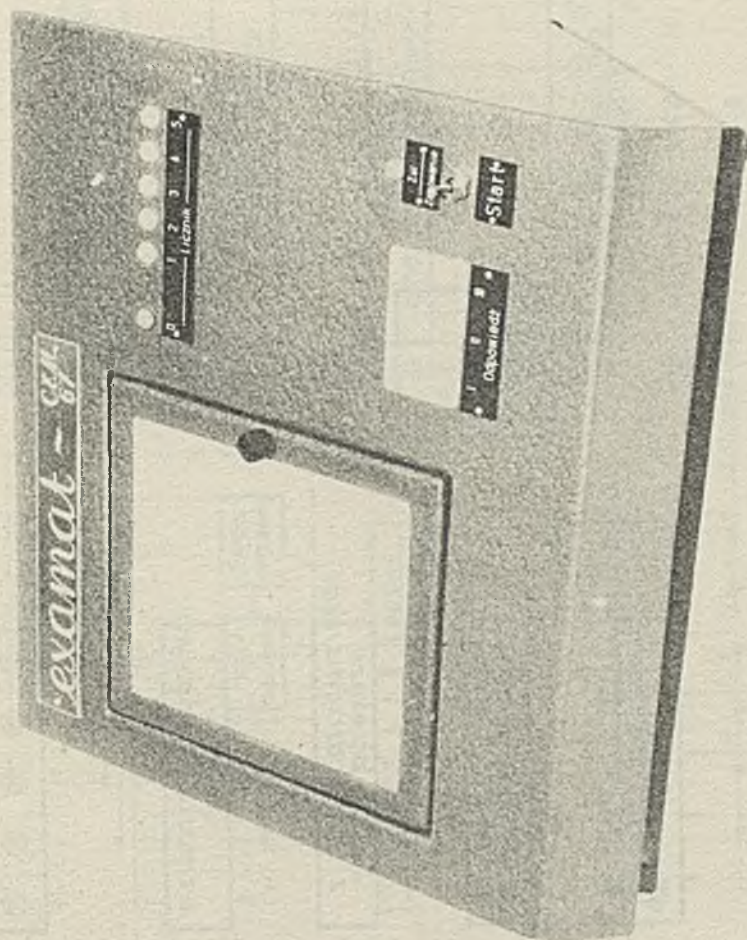
Odpowiedzi na kartach testowych oznaczono cyframi 1, 2, 3, odpowiednio do oznaczeń na przyciskach "odpowiedź", którymi to egzaminowany wybiera prawidłową odpowiedź. Ilość prawidłowych odpowiedzi wyświetlana jest za pomocą pięciu lampek licznika.

Czas wyświetlania pytania i odpowiedzi nastawia się indywidualnie dla każdego pytania. Dokonuje się to za pośrednictwem pięciu przełączników (w zamykanej wnęce na tylnej ściance pulpitu) skokowo w zakresie 1/4, 1/2, 1, 2 i 4 minuty.

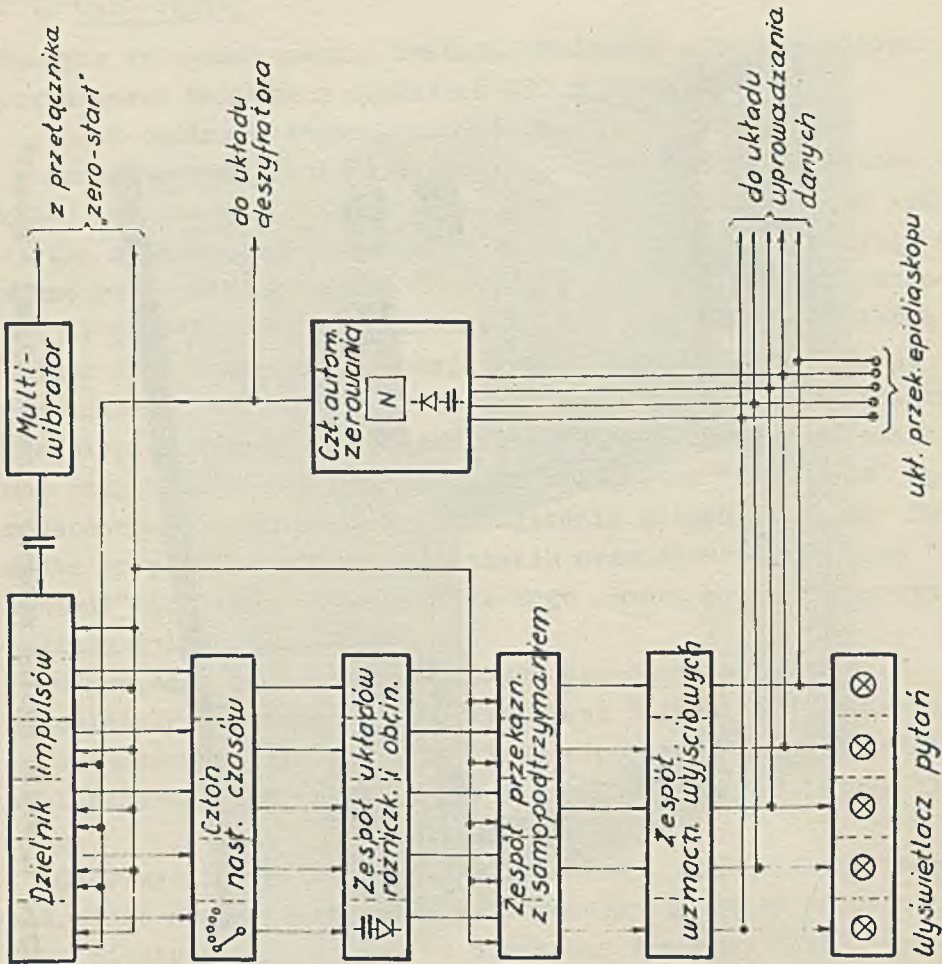
2.2. Zasada działania maszyny

Maszynę do egzaminowania zaprojektowano zgodnie ze schematem blokowym przedstawionym na rys. 2 i 3. Można ją podzielić na dwie zasadnicze części:

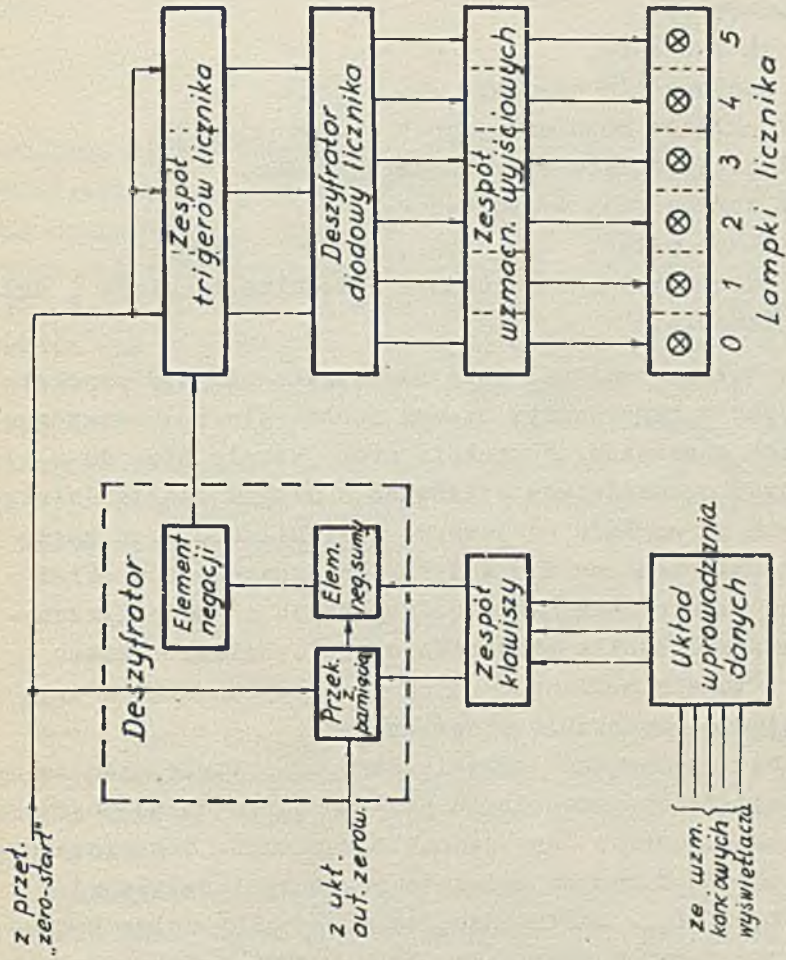
- a) układ zegarowy sterujący wyświetlacz pytań (rys. 2),
- b) układ wybierania z zespołem szyfrującym i licznikiem prawidłowej odpowiedzi (rys. 3).



Rys. 1. Widok ogólny maszyny egzaminacyjnej "Examat"



Rys. 2. Schemat blokowy układu zegarowego



Rys. 3. Schemat blokowy układu wybierania

2.2.1. Działanie układu zegarowego

Wyróżniamy tutaj następujące człony:

- a) multiwibrator,
- b) dzielnik impulsów,
- c) człon nastawiania czasów,
- d) zespół układów różniczkujących i obcinających,
- e) zespół przekaźników z samopodtrzymaniem,
- f) zespół wzmacniaczy wyjściowych,
- g) wyświetlacz pytań,
- h) człon automatycznego zerowania dzielnika impulsów i układu wybierania.

Zgodnie z założeniami należało zaprojektować pięć przekaźników czasowych z regulowanym czasem opóźnienia i to w stosunkowo szerokich granicach. W trakcie prób okazało się, że w miejsce grupy 5 przekaźników czasowych o długim czasie działania opłaca się ze względu na pewność i stabilność oraz koszt budowy zastosować wspólny dla wszystkich przekaźników układ zegarowy oraz pięć przekaźników bezstykowych z samopodtrzymaniem (w układzie licznika pierścieniowego). Dzięki takiemu rozwiązaniu istnieje możliwość uzyskania długich czasów oraz proste samoczynne sterowanie przekaźnikami.

Postanowiono zastosować multiwibrator, który powinien zapewnić jak najdłuższy okres drgań przy możliwie małej pojemności. Minimalna pojemność jest jednak ograniczona dopuszczalnymi zmianami okresu drgań od zmian temperatury i związanej z nią zmiany prądu I_{ko} . Zakładając, że maksymalny wpływ temperatury na okres drgań w granicach $0^{\circ}\text{C} < T < 35^{\circ}\text{C}$ nie powinien przekraczać 10%, to dla układu symetrycznego ($R_b = R_k$) ważną będzie zależność

$$\frac{\Delta T}{T} \approx \left| - \frac{R_b \cdot I_{k\text{omax}}}{\ln 2 \cdot 2 U_{cb}} \right| \leq 0,1.$$

Z ogólnie dostępnych elementów zaprojektowano więc multiwibrator o stabilnym i stosunkowo długim okresie drgań

$$T = 3,75 \text{ [sek]},$$

który przyjęto za podstawę układu zegarowego. Multiwibrator wykonano na dwóch tranzystorach TG-9 oraz korzystając z zależności:

$$T = 2 \cdot t_1 = R_b \cdot C_b \cdot 1,38 \text{ [sek]}$$

ustalona wartość kondensatorów sprzęgających $C_b = 10 \mu\text{F}$. Aby umożliwić korektę okresu drgań (a tym samym interwałów czasu dla przekaźników czasowych) zaprojektowano potencjometr korekcyjny włączony szeregowo z oporem R_b . Uzyskane impulsy o okresie $T = 3,75$ sek przekazywane są do dzielnika impulsów. Składa się on z sześciu triggerów w najprostszym układzie ($2 \times \text{TG-9}$). W ten sposób istnieje więc możliwość uzyskania z tego dzielnika, impulsów periodycznie powtarzających się w różnych odstępach czasu, a to w zależności od wyboru kolejnego wyjścia dzielnika. Okresy występowania impulsów wyznaczamy z następującej zależności.

$$T = 3,75 \cdot 2^n \text{ [sek]},$$

gdzie:

"n" - numer triggera z wyjścia z którego korzystamy.

Przy zastosowaniu sześciu triggerów otrzymamy więc sześć impulsów, z których wykorzystano pięć ostatnich tj. $1/4$, $1/2$, 1 , 2 , 4 min.

Impulsy te kierowane są na wielokrotnie zespołu przełącznika nastawienia czasów. Poprzez przełącznik oraz układ różniczkujący i obcinający, impulsy (o polaryzacji ujemnej) docierają do przekaźnika z samopodtrzymaniem, powodując jego wyłączenie. Zgodnie z zasadą działania licznika pierścieniowego, wyłączenie się pierwszego przekaźnika powoduje włączenie następnego. Zespół bezstykowych przekaźników samopodtrzymujących stanowi układ pięciu triggerów zbudowanych na tranzystorach TG-9. Sygnał z każdego przekaźnika w postaci impulsu ciągłego jest wzmacniany za pomocą dwustopniowego wzmacniacza prądu stałego (TG-50 i TG-70) i jest wykorzystany do:

a) wyświetlania kolejnego pytania;

b) szyfrowania prawidłowej odpowiedzi

przy czym pochodne zaniku sygnałów z bezstykowych przekaźników (1÷4) są po obcięciu sumowane oraz po zmianie polaryzacji na elemencie negacji służą do zerowania dzielnika impulsów oraz do szyfratora odpowiedzi. Rolę sumatora spełniają diody, element negacji zbudowano na tranzystorze TG-9.

2.2.2. Działanie układu wybierania

Schemat blokowy układu wybierania przedstawia rys. 3.

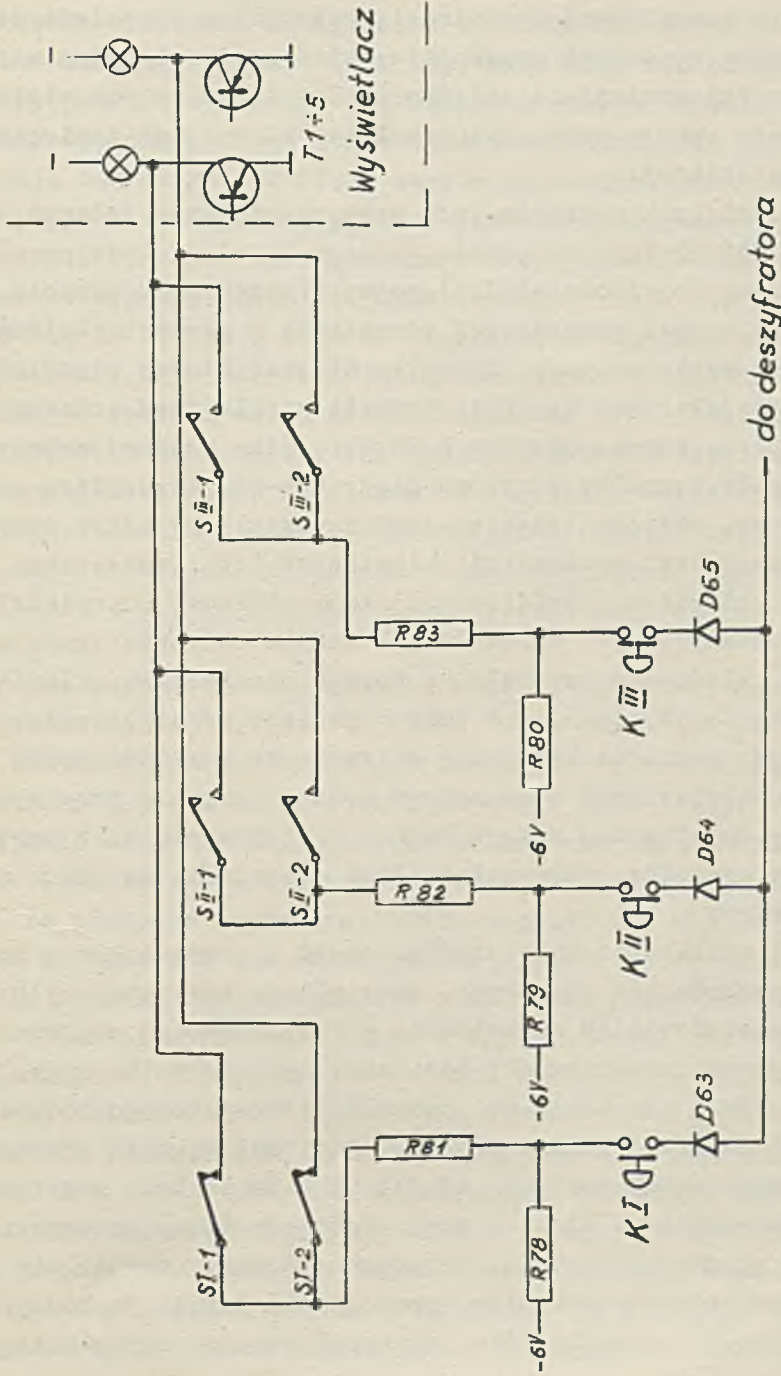
Można tu wyróżnić następujące człony:

- a) zespół wprowadzania danych do maszyny egzaminacyjnej
- b) zespół klawiszy wybierania prawidłowych odpowiedzi,
- c) zespół deszyfratora odpowiedzi,
- d) licznik prawidłowych odpowiedzi.

Wprowadzanie danych (kodowania) informujących o rozmieszczeniu prawidłowych odpowiedzi dokonuje się przez zamknięcie pięciu spośród piętnastu zestyków "S", które są przyporządkowane piętnastu odpowiedziom na karcie testowej. Zestyki te zamykają się samoczynnie po włożeniu i zamknięciu perforowanej karty testowej. W skład zespołu wprowadzania danych wchodzi ponadto trzy dzielniki napięcia zrealizowane na oporach R-78-81, R-79-82 i R-80-83, diodach D-63-65 oraz tranzystorach T-1-5 wyświetlacza pytań i odpowiedzi (rys. 4).

Ponieważ w czasie pracy maszyny wyświetlone jest tylko jedno pytanie, a więc tylko jeden tranzystor pracuje w stanie nasycenia, działa tylko jeden z trzech dzielników napięcia.

Schemat szczegółowy zespołów wprowadzania danych dla dwóch pytań łącznie z klawiszami pokazano na rys. 4. Jeśli dla uproszczenia pominiemy napięcia przewodzenia na diodzie, napięcie nasycenia tranzystora wyświetlacza oraz obciążenie występujące po naciśnięciu klawisza przez zespół deszyfratora, to na dzielniku napięcia otrzymamy potencjał względem masy (o wartości bezwzględnej) wyznaczony z zależności $U_{dz} = \frac{R_{78} \cdot U_b}{R_{78} + R_{81}}$, gdzie U_{dz} - napięcie na dzielniku, U_b - napięcie baterii zasilającej



Rys. 4. Schemat ideowy zespołu wprowadzania danych do maszyny (z zespołem klawiszy)

oraz R-78 i R-81 opory dzielnika. Tak więc na dzielniku odpowiadającym prawidłowej odpowiedzi, prawidłowa odpowiedź jest zaszyfrowana w postaci potencjału, którego przybliżona wartość określa wyżej wymieniona zależność. Natomiast na pozostałych dzielnikach panuje potencjału względem masy równy napięciu baterii zasilającej.

Każdy dzielnik napięcia jest przyporządkowany jednemu klawiszowi. Dzięki temu za pomocą jednego klawisza (przyporządkowanego prawidłowej odpowiedzi) można przekazać do zespołu deszyfratora sygnał prawidłowej odpowiedzi w postaci obniżonego potencjału względem masy. Sygnałem nieprawidłowej odpowiedzi jest potencjał równy napięciu baterii zasilającej podawany do deszyfratora poprzez opornik R-79 dzielnika potencjometrycznego. W obwody sygnałów włączono diody D63-65, stanowiące sumator diodowy, którego zadaniem jest sumowanie sygnałów w wypadku nieprawidłowej manipulacji klawiszami (np. jednoczesne naciśnięcie klawisza prawidłowej i nieprawidłowej odpowiedzi).

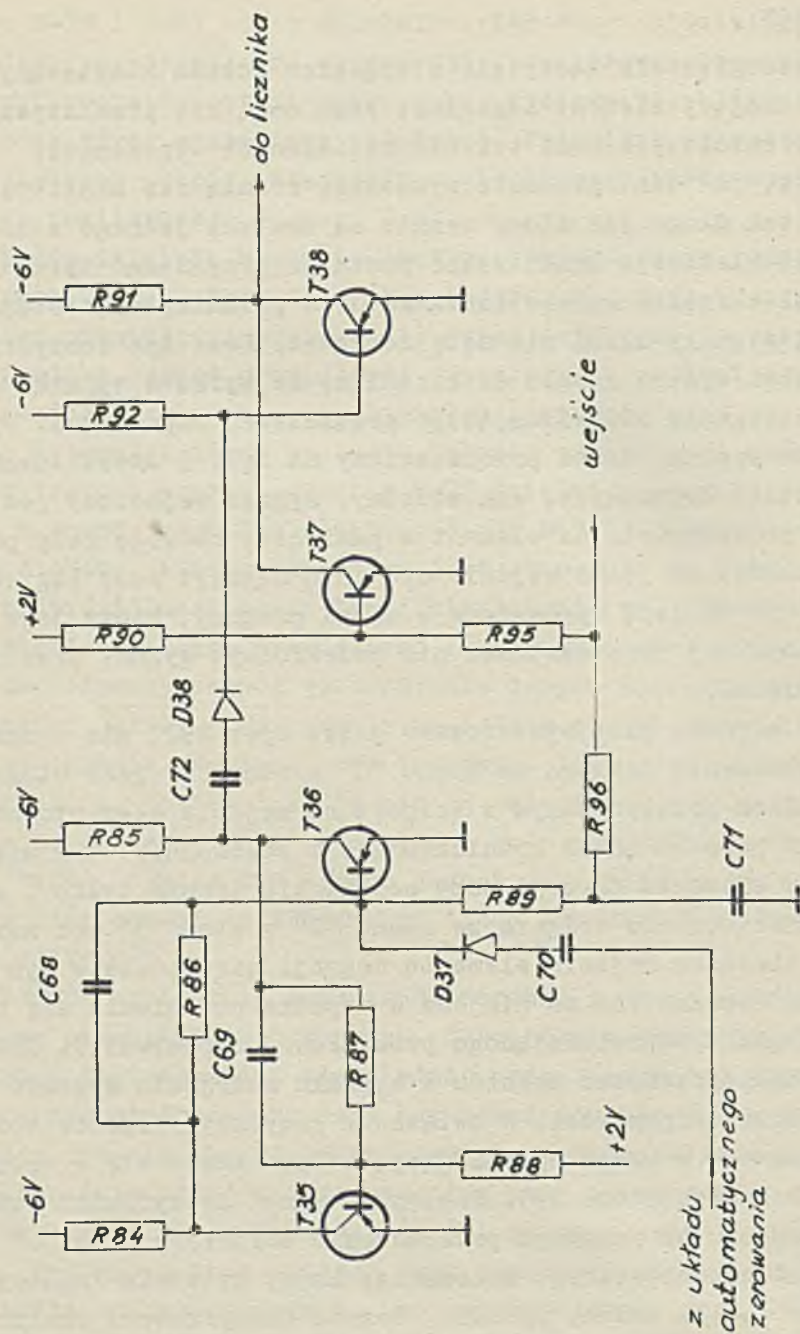
Zastosowany zespół wprowadzania danych charakteryzuje się prostotą układu oraz pozwala na bardzo prosty układ klawiatury wybierania. Wymiana kart testowych jest również bardzo uproszczona, ponieważ karty nie są związane z żadnym kodem wymagającym nastawiania tego samego kodu w maszynie przy wymianie karty. System ten wymaga jednak perforowania kart testowych oraz ogranicza maksymalną ilość odpowiedzi na każde z pytań do trzech.

Zespół wybierania może współpracować z powodzeniem z innym systemem przekaźników czasowych. Szczególnie korzystny byłby układ z zastosowaniem odpowiednio przystosowanego magnetofonu. Taśma magnetofonowa mogłaby być nośnikiem nie tylko sygnałów zmiany pytania ale także np. sygnału ostrzegawczego nadanego bezpośrednio przed zmianą pytania, bądź też sygnału uruchamiającego napęd taśmy testowej (jeśli by taka została zastosowana). Zastosowanie w miejsce kart testowych taśmy przesuwanej, w chwili zmiany pytania np. serwomechanizmem, pozwoliłoby na dalsze uproszczenie zespołów wprowadzenia danych do maszyny egzaminującej oraz ułatwiło jej współpracę z automatycznym rezultatem.

Deszyfrator

Wejście deszyfratora łączy się z wyjściem układu klawiatury poprzez sumujący element logiczny, skąd mogą być przekazywane sygnały prawidłowych bądź też nieprawidłowych odpowiedzi. Sygnały te, jak już uprzednio wykazano, różnią się amplitudą i trwają tak długo jak długo zwarte są zestyki jednego z naciśniętych klawiszy. Deszyfrator powinien przyjmować tylko jeden sygnał w czasie wyświetlania każdego pytania, na następne natomiast sygnały układ nie może reagować. Poza tym deszyfrator powinien wysłać impuls do licznika, ale tylko w wypadku otrzymania sygnału odpowiadającego prawidłowej odpowiedzi. Wymagania te spełnia układ przedstawiony na rys. 5 zrealizowany na elementach logicznych. Jak widzimy, sygnał wejściowy jest podawany jednocześnie na element z pamięcią, którego rolę pełni trigger oraz na jedno wejście elementu negacji sumy logicznej. Wejście to jest wyposażone w układ progowy, który jest tak dobrany, aby jego wartości nie przekroczył sygnał prawidłowej odpowiedzi.

Drugie wejście jestysterowane przez opór R92, ale w momencie przechodzenia triggera ze stanu "0" w stan "1" jest blokowane impulsem przekazywanym z triggera na wejście elementu negacji sumy poprzez układ różniczkujący i obcinający. Tak więc na wyjściu elementu negacji sumy pojawi się impuls tylko w momencie przechodzenia triggera ze stanu "0" w stan "1" pod warunkiem, że pierwsze wejście elementu negacji nie będzie w tym czasieysterowane (co ma miejsce w wypadku pojawienia się na wejściu sygnału odpowiadającego prawidłowej odpowiedzi). Istnieje tu niebezpieczeństwo hazardu w wypadku nadejścia sygnału nieprawidłowej odpowiedzi. W związku z powyższym wejście triggera wyposażono w układ opóźniający, który składa się z opornika R96 i kondensatora C71. Następny sygnał deszyfrator może przyjąć dopiero po ponownym przełączeniu triggera w stan "0" przez układ automatycznego zerowania, który wytwarza impulsy zerujące w chwili zmiany pytania. Zespół deszyfratora charakteryzuje się prostotą układu oraz pewnością działania nawet przy spadku napięcia źródła zasilania do 80% wartości znamionowej.



Rys. 5. Schemat ideowy deszyfratora

Licznik prawidłowej odpowiedzi

Licznik prawidłowej odpowiedzi składa się z zespołu trzech triggerów, deszyfratora diodowego oraz wzmacniaczy lamp wyświetlających. Zespół triggerów pozwala na uzyskanie pojemności licznika $N = 2^3 = 8$. Jednak nie wszystkie stany kaskady triggerów zostały wykorzystane, ponieważ tak duża pojemność nie była wymagana. Wykorzystano stan "0" dla sygnalizacji prawidłowości zerowania maszyny oraz stany "1" do "5" do zliczenia prawidłowych odpowiedzi. Zmianę kodu dwójkowego na ósemkowy zrealizowano za pomocą deszyfratora diodowego. Jest to układ typowy i nie wymaga szczegółowego omawiania.

3. Możliwości zastosowania maszyny do egzaminowania

Maszyna "Examat" pozwala na szybkie sprawdzenie określonych wiadomości z dowolnej dziedziny, stosując metodę wskazania prawidłowych odpowiedzi wśród kilku błędnych. Prosta i łatwa obsługa maszyny umożliwia korzystanie z niej osobie uczącej się bądź też egzaminatorowi, którego rola przy egzaminie ogranicza się wtedy do przełączania przełącznika "start" oraz ewentualnej wymiany karty testowej. Dla przypadku egzaminów - kolokwiów zaprojektowano również możliwość użycia maszyny "Examat" jako członu sterującego do uruchamiania układu przełącznikowego automatycznego rzutnika. Rzutnik taki może wtedy na dużym ekranie wyświetlać kolejne pytania i odpowiedzi, rysunki, schematy itp. zgodnie z nastawionym programem czasowym maszyny.

Rękopis złożony w Redakcji w dniu 15.V.1968 r.

Резюме

В статье представлено принцип действия, блок схемы и описание постройки транзисторного экзаминационного устройства типа "Examat". В заключении даны примеры применения устройства.

Summary

This paper describes an operation principle, block diagrams and structure of transistor examination-grading device "Examat". The possibilities of use are given too.