

STANISŁAW MALZACHER, LEON LASEK
JERZY WITKOWSKI
Katedra Elektroniki Przemysłowej

ELEKTRONICZNA MASZYNA DO NAUCZANIA PROGRAMOWANEGO

Streszczenie. Artykuł zawiera opis działania elektronicznej maszyny do nauczania programowanego typu "Alfa", zbudowanej w Katedrze Elektroniki Przemysłowej. Maszyna pozwala na stosowanie dowolnego typu programu. Podano jeden przykład programu mieszanego, zastosowanego w maszynie do nauczania słuchaczy szkół wyższych, technicznych, z dziedziny elektroniki.

1. Opis i zasada działania elektronicznej maszyny do nauczania programowanego

Nadzwyczaj szybki rozwój nauki i techniki dający się zaobserwować w drugim i trzecim ćwierćwieczu obecnego wieku i związana z tym konieczność szkolenia coraz większej liczby ludzi, spowodowały rozpoczęcie poszukiwań nowych rozwiązań również w dziedzinie dydaktyki. Celem tych poszukiwań było usprawnienie procesów dydaktycznych mających miejsce w szkołach różnego typu, stopnia najniższego i najwyższego.

Jednym z kierunków, wybijających się na czoło tych nowoczesnych metod dydaktycznych jest tzw. nauczanie programowane, które może być przeprowadzane przy pomocy różnych środków np. podręczników programowanych, programowanych maszyn uczących itp.

W Katedrze Elektroniki Przemysłowej Politechniki Śląskiej została opracowana i zbudowana¹⁾ elektroniczna maszyna do nauczania programowanego typu "Alfa", przy czym założenia projektowe do niej zostały przedyskutowane w gronie pedagogów i psychologów.

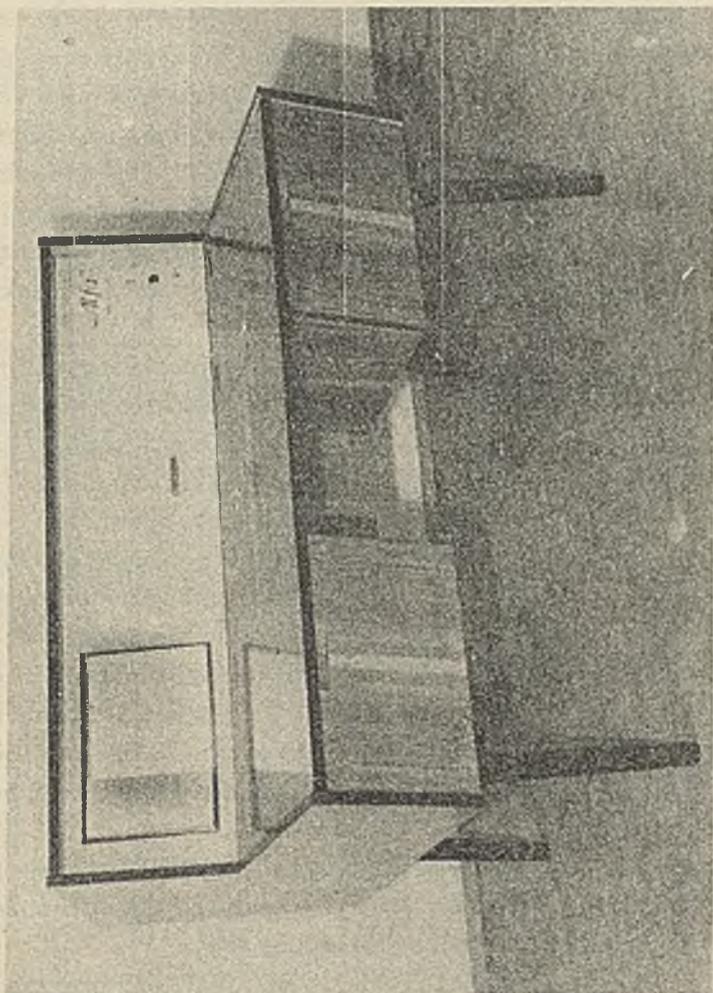
¹⁾ Część elementów maszyny i obudowę wykonał Zakład Doświadczalny Optyki i Mechaniki Precyzyjnej Politechniki Śląskiej.

Maszyna jest przystosowana do indywidualnego nauczania programowanego słuchaczy szkół wyższych lub średnich w zakresie dowolnego kierunku studiów. Pozwala ona na realizację procesu nauczania według dowolnego programu np. linearnego, rozgałęzionego lub mieszanego (linearno-rozgałęzionego).

Widok zewnętrzny maszyny "Alfa" przedstawiono na rys. 1. Materiał który powinien sobie przyswoić uczący się jest wprowadzany do maszyny w postaci przeźroczy na taśmie filmowej. Każde pojedyncze przeźrocze jest podzielone na dwie części, z których jedna (mniejsza) jest zajęta przez kod, a pozostała zawiera odpowiedni tekst, rysunki, pytania itp. Na monitorze maszyny ukazuje się tylko tekst, a kod wyświetlany jest na niewidocznej dla uczącego się wewnętrznej części ekranu monitora. Ta niewidoczna część ekranu zawiera deszyfrator fotooprowy.

Kod, zależnie od decyzji uczącego się powoduje określone działanie maszyny w każdym kolejnym jej kroku. Swoją decyzję uczący się przekazuje do maszyny przez naciśnięcie jednego z czterech przycisków znajdujących się na płycie czołowej maszyny. Na kolejnych przeźroczeniach może znajdować się albo następna, kolejna partia "wykładanego" materiału, albo też mogą znajdować się pytania sprawdzające stopień opanowania i przyswojenia przerabianego materiału. Stosowana jest przy tym metoda wyboru odpowiedzi prawidłowej - jednej z czterech, co sprowadza się w praktyce do naciśnięcia jednego z czterech przycisków, wspomnianych poprzednio.

O ile uczący się nie potrafi udzielić prawidłowej odpowiedzi, naciska więc nieodpowiedni przycisk, maszyna powoduje wyświetlenie tej części materiału, o której niedostatecznym opanowaniu świadczy zła odpowiedź uczącego się. Natomiast udzielenie prawidłowej odpowiedzi powoduje opuszczenie części materiału służącego do wyjaśnienia zadanego uprzednio pytania. Wynika stąd, że tempo przyswajania poszczególnych partii materiału jest regulowane wyłącznie przez samego uczącego się, a nie przez maszynę i może być dostosowane do indywidualnych zdolności uczącego się. Spełniony jest więc jeden z podstawowych postulatów nauczania programowanego.



rys. 1. Maszyna do nauczania programowanego "Alfa"

Zasadę działania maszyny "Alfa" objaśnimy w oparciu o jej schemat blokowy, przedstawiony na rys. 2.

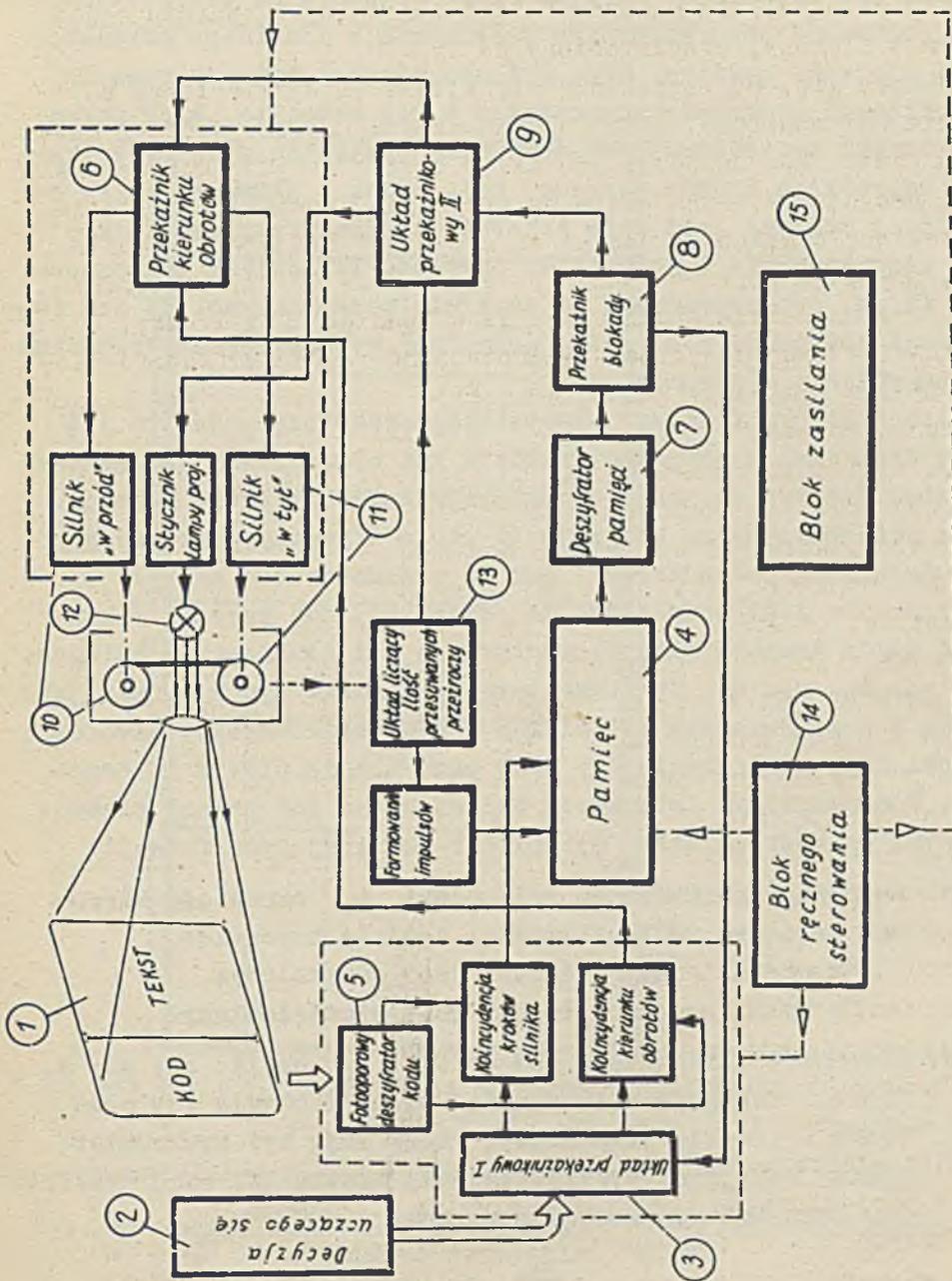
Uczący się, po zapoznaniu się z tekstem wyświetlonym na ekranie (1) monitora, podejmuje decyzję i naciska jeden z czterech przycisków znajdujących się w bloku "decyzja uczącego się" (2). Decyzja ta, stanowiąca na przykład odpowiedź na pytanie postawione w końcowej części tekstu wyświetlonego na monitorze, powoduje poprzez "układ przekaźnikowy I" (3) stworzenie warunków umożliwiających wpisanie w "pamięć" (4) liczby, o wartości której decyduje stan fotooporów w "deszyfratorze kodu" (5). W tym samym momencie zostaje uruchomiony "przekaźnik kierunku obrotów" (6).

Po zapisaniu w pamięci liczby, poprzez "deszyfrator"pamięci" (7) zostaje uruchomiony odpowiedni "przekaźnik blokady" (8), który uniemożliwia zmianę decyzji uczącego się, a jednocześnie poprzez "układ przekaźnikowy II" (9), uruchamia - w zależności od stanu "przekaźnika kierunku obrotów" (6) - odpowiedni silnik (10 i 11) przesuwający taśmę filmową w przód względnie w tył. W czasie ruchu taśmy filmowej lampa projektora (12) jest wyłączona. W miarę przesuwania się klatek, zawierających kolejne przeźrocza, działa "układ liczący ilość przesuniętych klatek" (13), powodując taką zmianę stanu pamięci, że maszyna powoduje wstrzymanie przesuwu filmu po ilości przeźroczy, zależnej od liczby wpisanej do pamięci na początku cyklu.

Przy pomocy "bloku ręcznego sterowania" (14) możliwe jest symulowanie działania różnych części maszyny, niezależnie od sygnałów otrzymywanych z "deszyfratora kodu".

"Blok zasilania" (15) dostarcza dwóch stabilizowanych napięć anodowych, oraz napięcie niestabilizowane do zasilania układów elektronicznych, przekaźnikowych itp. Silniki oraz lampa projektora są zasilane napięciem sieciowym.

Maszyna "Alfa" do nauczania programowanego została zbudowana w oparciu o technikę lampowo-przekaźnikową. Obecnie rozpoczęto prace nad budową maszyny podobnego typu opartej o technikę półprzewodnikowych elementów logicznych.



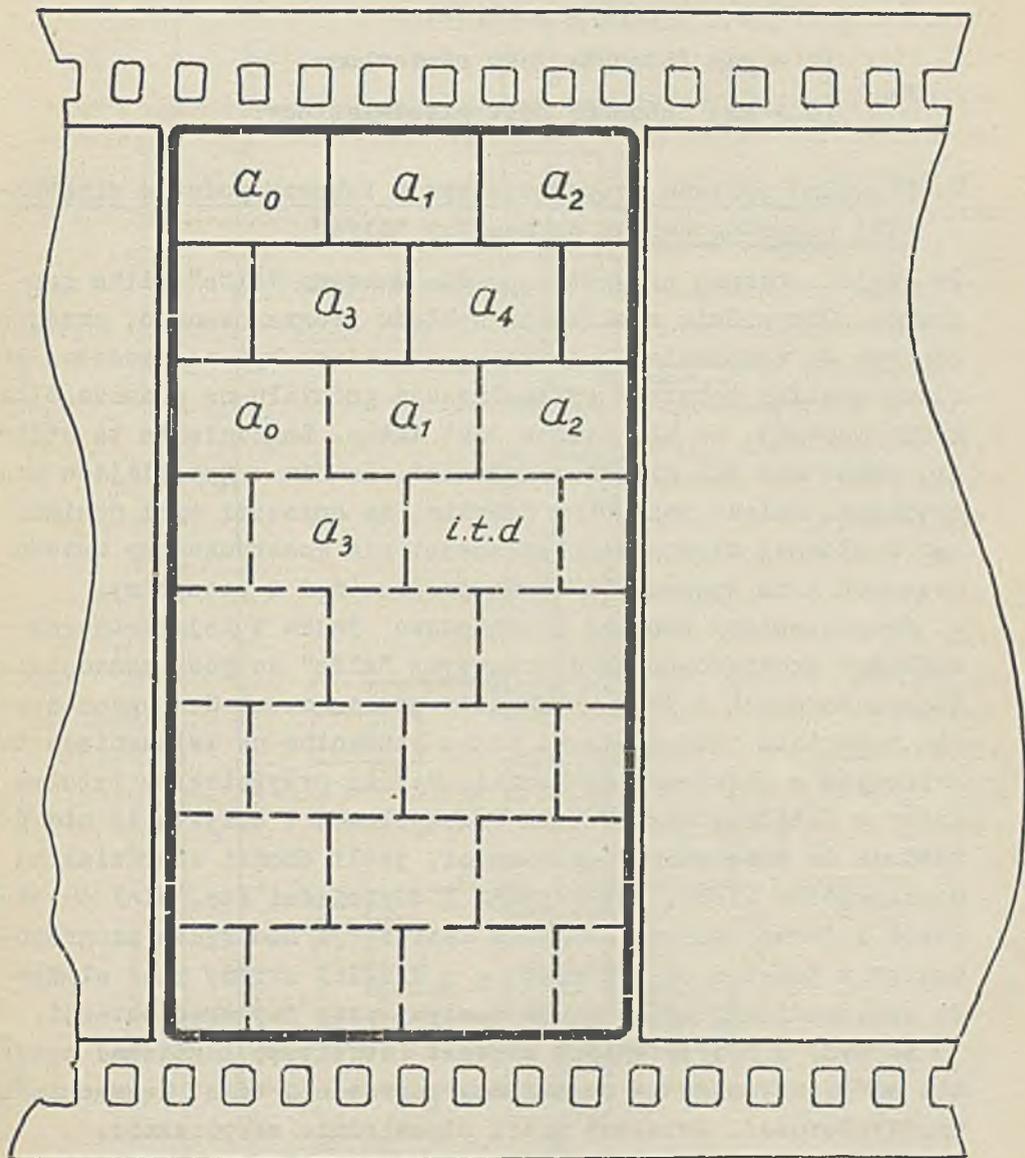
Rys. 2. Schemat blokowy maszyny naczanej "Alfa"

Jak już wspomniano maszyna "Alfa" pozwala na przeprowadzanie nauczania programowanego zasadniczo z dowolnego przedmiotu i kierunku studiów. Może być ona również wykorzystana do weryfikacji programów stosowanych w tej metodzie, gdyż pozwala, dzięki zastosowaniu odpowiedniej przystawki, na rejestrację wszystkich kroków uczącego się. Jedną z głównych zalet omawianej maszyny jest duża prostota, z jaką przeprowadza się jej programowanie i kodowanie. Operacje te, dzięki zastosowaniu filmu, przeprowadzane są zupełnie poza maszyną, do ich realizacji potrzebne jest tylko normalnie wyposażone laboratorium fotograficzne z ciemnią.

Część klatki filmowej stanowiącej przeźrocze, jak to już było wcześniej zaznaczone, zawiera kod niewidoczny dla uczącego się. Kod ten decyduje o następnym kolejnym kroku maszyny. Pole przeznaczone na kod zajmuje około $1/3$ pola pojedynczego przeźrocza małoobrazkowego, jak to przedstawiono na rys. 3. Pole kodowe jest podzielone na cztery poziome części, z których każda zawiera pięć elementarnych pól oznaczonych kolejno: a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 . Te elementarne pola mogą być wykonane jako jasne i przeźroczyste lub ciemne i nieprzeźroczyste, powodując odpowiednie oświetlenie lub brak oświetlenia pięciu fotooporów. Poszczególnym fotooporom umieszczonym pod polami elementarnymi przyporządkowano spełnienie następujących funkcji:

- 1) fotoopory umieszczone pod polami a_0 określają kierunek przesuwu taśmy filmowej, zgodnie z regułą:
 - "w przód" - gdy fotoopór jest oświetlony;
 - "w tył" - gdy fotoopór jest nieoświetlony.
- 2) fotoopory umieszczone pod polami a_1 czyli a_1, a_2, a_3 lub a_4 decydują w zależności od oświetlenia lub jego braku o liczbie przeźroczy, które mają być przesunięte między kolejnymi wyświetleniami. Liczba N tych przeźroczy może być wyznaczona z wzoru:

$$N = P - \sum_{i=1}^4 a_i \cdot 2^{(i-1)},$$



Rys. 3. Sposób kodowania pojedynczego przeźrocza z tekstem i pytaniami w maszynie "Alfa"

gdzie:

P - pojemność licznika pamięci,

$$a_i = \begin{cases} 1 & \text{- gdy fotoopór jest oświetlony,} \\ 0 & \text{- gdy fotoopór jest nieoświetlony.} \end{cases}$$

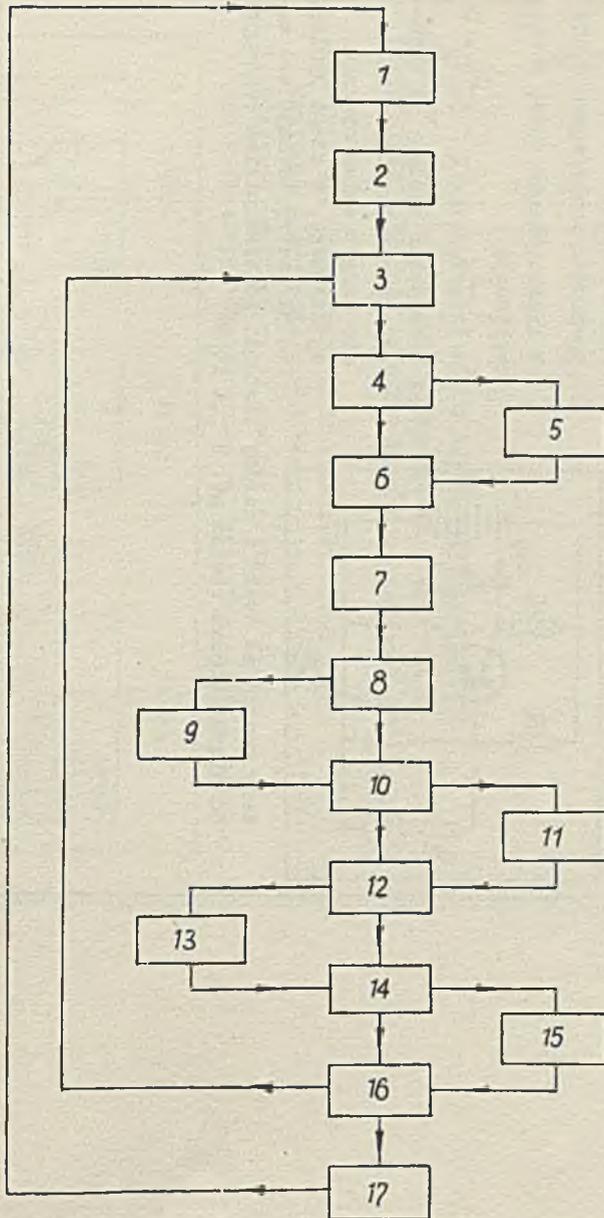
2. Przykład wykładu programowanego z zakresu podstaw elektroniki przystosowanego do maszyny "Alfa"

Do chwili obecnej przygotowano dla maszyny "Alfa" kilka programów. Oczywiście realizacja wykładu programowanego, przeznaczonego do nauczania programowanego, winna być poprzedzona wnikliwą analizą tekstu i optymalizacją podziału na poszczególne kroki maszyny, co nie zawsze jest łatwe. Zagadnienia te stanowią temat sam dla siebie i zajmować się nim w tym miejscu nie będziemy. Należy zaznaczyć jedynie, że sprawami tymi powinni być w głównej mierze zainteresowani nie konstruktorzy maszyn uczących lecz wyspecjalizowani programiści i pedagodzy.

Przedstawiony poniżej przykładowo jeden z najprostszych wykładów programowanych dla maszyny "Alfa" dotyczy wzmacniaczy tranzystorowych i jest w zasadzie przeznaczony dla ugruntowania materiału przerabianego przez studentów na ćwiczeniach tablicowych z podstaw elektroniki. Był on przygotowany tytułem próby w Katedrze Elektroniki Przemysłowej i oczywiście nie pretenduje do absolutnej poprawności, jeśli chodzi o podział na poszczególne kroki, dobór pytań i odpowiedzi itp. Miał on stanowić z jednej strony przykład realizacji nauczania programowanego z podstaw elektroniki, a z drugiej strony miał służyć do uwidocznienia zalet i wad maszyny przy jej eksploatacji.

Na rys. 4 przedstawiono schemat (strukturę logiczną) nauczania programowanego na wspomniany poprzednio temat (wzmacniacze tranzystorowe), ustalony przez odpowiednie zakodowanie.

Poszczególne przeźrocza oznaczono kolejnymi liczbami od 1 do 17; strzałki wskazują drogę logicznych powiązań między poszczególnymi częściami tekstu i pytań, czyli między poszczególnymi przeźroczeniami. Tak więc np. przy prawidłowej odpowiedzi na pytanie zawarte w przeźroczu "4" wyświetlone zostanie odrazu



Rys. 4. Przykład struktury logicznej programu mieszanego dla maszyny uczącej "Alfa"

Przeźrocze 1

Tabl. 1

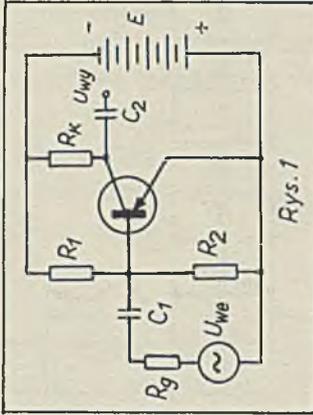
Temat: Wzmacniacz tranzystorowy w układzie WE, klasy A

Przykład wzmacniacza tranzystorowego prądu zmiennego pokazano na rys. 1. Dla obliczenia tego wzmacniacza zrobimy założenia:

1/ pojemności sprzęgające C_1, C_2 za nieskończenie duże, a więc reaktancje

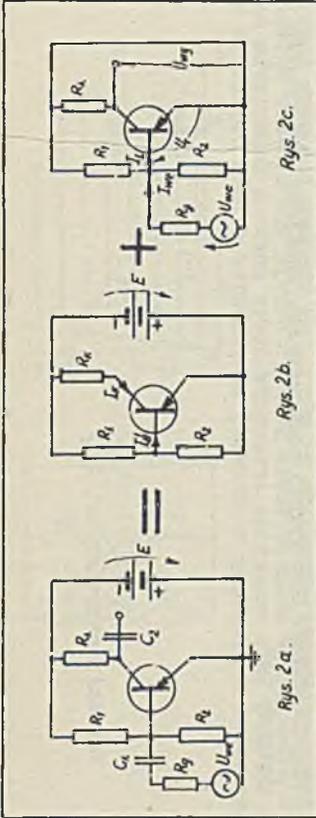
$$X_1 = \frac{1}{j\omega C_1} = 0 \quad X_2 = \frac{1}{j\omega C_2} = 0$$

2/ tranzystor uważamy za czynny element liniowy w zakresie małych zmian sygnału wyjściowego, z czego wynika, że parametry tranzystora możemy uważać za stałe i możemy zastąpić go czwórnikiem opisanym dowolnym układem równań np. h, Y, Z itp.



Rys. 1

Naciśnij przycisk nr. 1

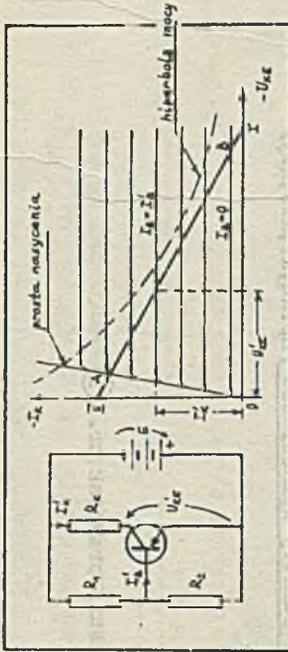


Schemat z rys.1 rozdzielmy na dwa schematy. Pierwszy z nich /rys.2a/ zawiera jedynie źródło napięcia zasilające, a drugi /rys.2b/ przedstawia wzmacniacz zasilany tylko napięciami zmiennymi, które mają być wzmacniane.

Na podstawie schematu z rys.2a wybieramy punkt pracy wzmacniacza a na podstawie schematu z rys.2b obliczymy parametry wzmacniacza /np. K_u, K_i, R_{we}, R_{wy} /

Naciśnij przycisk nr. ①

Przebieg 3



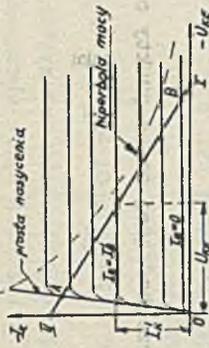
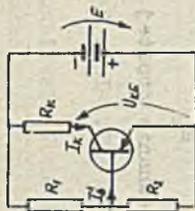
Wybór punktu pracy

Punkt pracy wzmacniacza klasy I_3 jest to taki punkt na charakterystyce $I_c = f(U_{CE})$ przy $I_b = \text{const}$, w którym prawdziwe jest założenie nr. 2, to znaczy, że w bliskim otoczeniu tego punktu parametry tranzystora są stałe.

Dla obrania położenia punktu pracy posłużymy się poprzednio przytoczonym schematem wzmacniacza zawierającym jedynie napięcia stałe. Dla wyody uczącego się podajemy ten rysunek jeszcze raz.



Naciśnij przycisk nr. 1



Punkt pracy musi leżeć na prostej obciążenia, a jego położenie na tej prostej jest określone wartością prądu bazy. W rozważanym układzie odpowiednią wartość prądu bazy I_B ustala się poprzez zmianę wartości dzielnika oporowego R_1, R_2 . Na rysunku pokazano przykładowo prostą obciążenia z dobrą wybranym punktem pracy tranzystora. Punkt pracy tranzystora powinien leżeć pomiędzy punktami A i B, najczęściej w środku tego odcinka.

Odpowiedź na następujące zagadnienie poprzez przybliżenie przewoźnik do przybliżonego odpowiadzi z którą się zkadzasz:

Podać współrzędne punktów przez jakie przechodzi prosta obciążenia tranzystora w układzie współrzędnych

$$-I_k = f / -U_{kE} / \text{przy } I_E = \text{const?}$$

1) współrzędne zależą od parametrów tranzystora i wynoszą

$$I \begin{cases} -U_{kE} = k_u \cdot U_{we} \\ -I_k = 0 \end{cases} \quad II \begin{cases} -I_k = k_1 \cdot I_{we} \\ -U_k = 0 \end{cases}$$

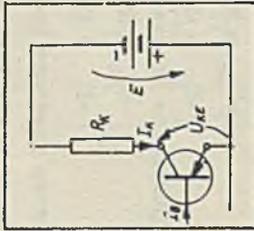
2) współrzędne nie zależą od parametrów tranzystora i wynoszą

$$I \begin{cases} -U_{kE} = E \\ -I_k = 0 \end{cases} \quad II \begin{cases} -I_k = \frac{E}{R_k} \\ U_{kE} = 0 \end{cases}$$

3) prostą rysujemy dowolnie, tylko o nachyleniu $tg = \frac{1}{R_k}$

4) prosta przechodzi przez początek układu współrzędnych

12 25 10 00 20 2



Dażesz się odpowiedzieć!

Do dobrej odpowiedzi można dojść drogą następującego rozważania:
Dla obwodu wyjściowego tranzystora możemy napisać zgodnie z II-gim prawem Kirchhoffa następujące równanie:

$$U_{kE} + I_k R_k + E = 0$$

Równanie to jest równaniem prostej obciążenia i jak widać nie zależy ono od prądu bazy /bo prąd bazy w nim nie występuje/.

Przekształćmy to równanie do postaci odcinkowej. Otrzymamy:

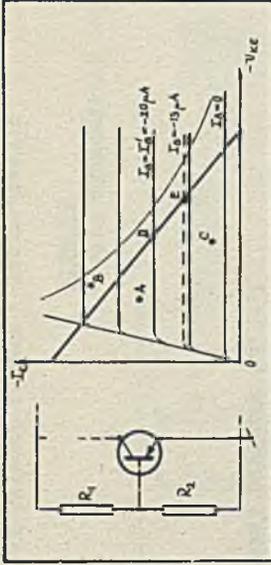
$$\frac{-U_{kE}}{+E} + \frac{-I_k}{\frac{+E}{R_k}} = 1$$

jest to zatem równanie prostej przechodzącej przez punkty o współrzędnych $-U_{kE} = E, -I_k = 0$ / $-U_{kE} = 0, -I_k = \frac{E}{R_k}$ /

czyli c współrzędnych niezależnych od parametrów tranzystora a jedynie od napięcia zasilania E i wartości oporu obciążenia R_k

Naciśnij przycisk nr. ①

Przeźrocze 6



Ponieważ równanie odcinkowe prostej obciążenia musi być zawsze spełnione zatem z wszystkich możliwych punktów charakterystyki tranzystora może on pracować jedynie przy takich wartościach prądu I_k i napięciu U_{kE} , które leżą na prostej obciążenia. Tam więc tranzystor w układzie z oporem R_k nie może pracować w punktach np. A, B, C natomiast może pracować w punktach DE. To czy tranzystor będzie pracował w punktach D czy E zależy od wartości prądu bazy ustalonej dzielnikiem oporowym R_1, R_2 tak np. dla p.D prąd bazy musi być równy $-20 \mu A$ a dla p.E $-13 \mu A$. Z uwagi na dopuszczalną moc traconą w tranzystorze punkt pracy powinien leżeć poniżej hiperboli mocy strat.

Naciśnij przycisk nr. ①

Tabl. 6

Przebieg 7

B. Obliczenie parametrów wzmacniacza

Parametrami wzmacniacza tranzystorowego nazywamy następujące wielkości

$$k_u = \frac{U_2}{U_{we}} \quad - \text{wzmocnienie napięciowe}$$

$$k_i = \frac{I_2}{I_{we}} \quad - \quad \text{prądowe}$$

$$R_{we} = \frac{U_{we}}{I_{we}} \quad - \text{oporność wejściowa}$$

$$R_{wy} = \frac{U_{wy}}{I_2} \quad - \text{oporność wyjściowa przy rozwarłym wyjściu } R_k$$

Poprzeźnięte wybraliśmy p.pracy, który leży w środku prostoliniowych części charakterystyk tranzystora, zatem w zakresie niewielkich zmian prądów i napięć tranzystora parametry tranzystora możemy uważać za stałe i możemy zastąpić go oswódnikiem opisanym dowolnym układem równań /dowolną macierzą np. Z, Y, h /

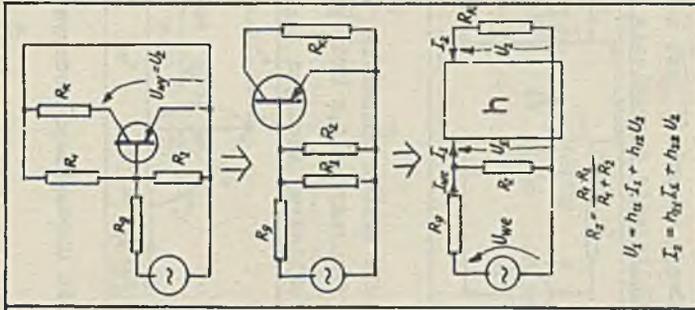
Naciśnij przycisk nr. ①

Przebieg 8

Oblicz k_u, k_i, R_{we}, R_{wv} , rozpatrywanego wzmacniacza opisując tran-
zyster układem równad o parametrach [h]

Pytanie

Oblicz wzmacnienie napięciowe wzmacniacza.



$$① \quad k_u = \frac{U_x}{U_{we}} = \frac{-h_{21} \frac{R_c}{R_g} - h_{22} \frac{R_c}{R_x}}{1 + h_{22} R_g + \left(\frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_g}\right)(h_{11} + |h/R_x)}$$

$$② \quad k_i = \frac{I_x}{I_{we}} = \frac{-h_{21} R_c}{|h/R_x + h_{11}}$$

$$③ \quad k_p = \frac{U_x}{U_{we}} = \frac{-h_{21} \frac{R_c}{R_g}}{1 + h_{22} R_x + \left(\frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_g}\right)(h_{11} + |h/R_x)}$$

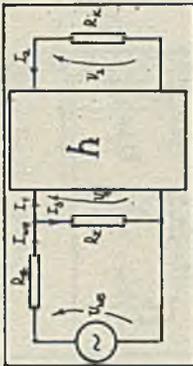
$$④ \quad k_{0p} = \frac{U_x}{U_{we}} = \frac{-h_{21} \cdot R_x}{|h|(R_x + R_x) + h_{11}\left(\frac{1}{R_g} + \frac{1}{R_x}\right)R_x}$$

gdzie: $|h| = h_{11} \cdot h_{22} - h_{12} \cdot h_{21}$

Tabl.8

Twoja odpowiedź jest zła!

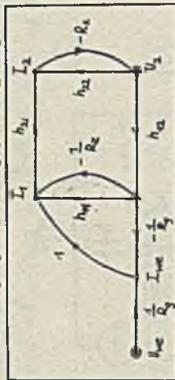
Obliczenie wzmożenia napięciowego wzmacniacza



Dla schematu przerysowanego jeszcze raz możemy napisać następujący układ równań:

$$(1) \begin{cases} u_1 = h_{11} \cdot I_1 + h_{12} \cdot u_2 \\ I_2 = h_{21} \cdot I_1 + h_{22} \cdot u_2 \\ u_2 = -I_2 \cdot R_L \\ I_1 = I_w - \frac{u_2}{R_k} \\ I_w = \frac{u_w - u_2}{R_k} = u_w \cdot \frac{1}{R_k} - u_2 \cdot \frac{1}{R_k} \end{cases}$$

dla układu równań (1) rysujemy graf, z którego obliczymy stosując regułę Mason'a wzmożenie napięciowe K_U .



$$K_U = \frac{u_2}{u_w} = \frac{\frac{1}{R_k} \cdot h_{21} \cdot R_k}{1 + h_{22} \cdot R_k + \frac{h_{21}}{R_k} - h_{11} \cdot h_{22} \cdot R_k \cdot \frac{1}{R_k}} + h_{21} \cdot R_k \cdot h_{11} \cdot \frac{1}{R_k} + h_{22} \cdot R_k \cdot h_{11} \cdot \frac{1}{R_k} - h_{11} \cdot h_{22} \cdot \frac{R_k}{R_k}$$

Po uproszczeniu otrzymamy ostatecznie:

$$K_U = \frac{\frac{R_k}{h_{21} R_k}}{1 + h_{22} R_k + \left(\frac{1}{R_k} + \frac{1}{R_k}\right) \left(\frac{h_{11}}{h_{21}} + h/R_k\right)}$$

gdzie: $|h| = h_{11} h_{22} - h_{12} \cdot h_{21}$

Naciśnij przycisk nr. ①

Przeźrocze 10

Pytanie

Oblicz oporność wejściową wzmacniacza

$$\textcircled{1} \quad R_{we} = \frac{U_{we}}{I_{we}} = \frac{R_z \left[1 + h_{12} R_K + \left(\frac{1}{R_z} + \frac{1}{R_K} \right) (h_{11} + |h|/R_g) \right]}{1 + \frac{h_{11}}{R_z} + h_{12} R_K + |h| \frac{R_K}{R_z}}$$

$$\textcircled{2} \quad R_{we} = \frac{U_{we}}{I_{we}} = \frac{|h|/R_K + h_{11} + R_g}{h_{12} R_K + 1 + h_{12} R_z + |h|/(R_K + R_z)}$$

$$\textcircled{3} \quad R_{we} = \frac{U_{we}}{I_{we}} = \frac{R_K \left[(|h|/R_K + h_{11}) \left(1 + \frac{R_z}{R_g} \right) + h_{11} \frac{R_z}{R_K} \right]}{h_{12} R_K + R_z + |h|/(R_K + R_z)}$$

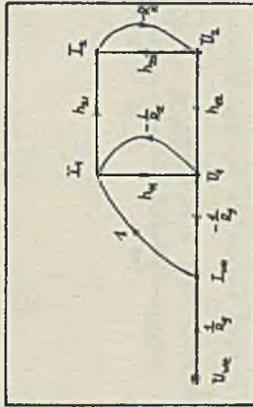
$$\textcircled{4} \quad R_{we} = \frac{U_{we}}{I_{we}} = \frac{R_g \left[1 + h_{12} R_K + \left(\frac{1}{R_z} + \frac{1}{R_g} \right) (h_{11} + |h|/R_K) \right]}{1 + \frac{h_{11}}{R_z} + h_{12} R_K + |h| \frac{R_K}{R_z}}$$

Tabl. 10

Tabl. 11

Przeźroczce 11

Tvoja odpowiedź jest zła!
Oporność wejściową obliczamy korzystając z poprzednie narysowanego grafu.



Stosując regułę Mason'a możemy napisać że

$$\frac{1}{R_{we}} = \frac{I_{we}}{U_{we}} = \frac{\frac{1}{R_9} \left(1 + \frac{h_{11}}{R_2} + h_{12} R_k - h_{12} h_{21} \frac{R_k}{R_2} + h_{11} \cdot h_{22} \frac{R_k}{R_2} \right)}{1 + h_{11} R_k + \frac{h_{11}}{R_2} - h_{11} h_{21} R_k \frac{1}{R_9} + h_{22} R_k \cdot h_{11} \frac{1}{R_2} + h_{22} R_k h_{11} \frac{1}{R_9} - h_{21} \cdot h_{12} \frac{R_k}{R_2}}$$

z tego

$$R_{we} = \frac{U_{we}}{I_{we}} = \frac{R_9 \left[1 + h_{11} R_k + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_9} \right) (h_{11} + |h| R_k) \right]}{1 + \frac{h_{11}}{R_2} + h_{22} R_k + |h| \frac{R_k}{R_2}}$$

Naciśnij przycisk nr ①

Przeźrocze 12

Pytanie

Oblicz wzmocnienie prądowe wzmacniacza.

$$\textcircled{1} \quad k_i = \frac{I_z}{I_{we}} = \frac{h_{21}}{1 + \frac{h_{21}}{R_e} + h_{22} R_k + |h| \frac{R_s}{R_z}}$$

$$\textcircled{2} \quad k_{v1} = \frac{I_z}{I_{we}} = \frac{h_{21}}{1 + \frac{h_{21}}{R_e} + h_{22} R_k + |h| \frac{R_s}{R_z}}$$

$$\textcircled{3} \quad k_i = \frac{I_z}{I_{we}} = \frac{h_{21}}{1 + h_{22} R_k + |h| \frac{R_s}{R_z}}$$

$$\textcircled{4} \quad k_i = \frac{I_z}{I_{we}} = \frac{h_{21}}{1 + \frac{h_{21}}{R_e} + |h| \frac{R_s}{R_k}}$$

Tabl.12

Przeźrocz 13

Twoja odpowiedź jest zła!

W celu obliczenia wzmocnienia prądowego posłużymy się poprzednio
wyznaczonymi wielkościami R_{we} i K_u
a więc

$$K_1 = \frac{I_2}{I_{we}} = \frac{I_2}{U_2} \cdot \frac{U_2}{U_{we}} \cdot \frac{U_{we}}{I_{we}} = \left(- \frac{1}{R_K} \right) \cdot K_u \cdot R_{we} =$$

$$= \frac{b_{21}}{1 + \frac{b_{11}}{R_z} + b_{22} R_K + \left| h \right| \frac{R_K}{R_z}}$$

Naciągnięty przyrostek nr 1

Przeźroczce 14

Pytanie

Oblicz oporność wyjściową wzmacniacza /przy rozwartrym oporze R_k /

$$\textcircled{1} \quad R_{wy} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{1 + \frac{R_g}{h_{11}}}{h_{22} + |h| \left(\frac{1}{R_z} + \frac{1}{R_g} \right)}$$

$$\textcircled{2} \quad R_{wy} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{1 + h_{11} \left(\frac{1}{R_z} + \frac{1}{R_g} \right)}{h_{22} + |h| \left(\frac{1}{R_z} + \frac{1}{R_g} \right)}$$

$$\textcircled{3} \quad R_{wy} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{1 + h_{11} \left(\frac{1}{R_z} + \frac{1}{R_g} \right)}{h_{22} + |h| \frac{1}{R_g}}$$

$$\textcircled{4} \quad R_{wy} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{h_{11} + R_g}{|h| + h_{22} (R_g + R_z)}$$

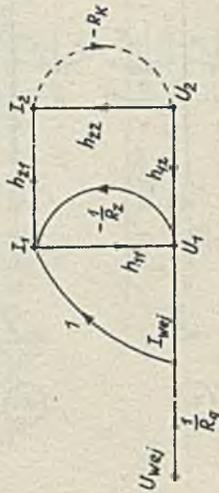
Przeźroczce 15

Tabl. 15

Twoja odpowiedź jest zła!

Oporność wyjściową obliczymy korzystając z poprzednio narysowanego grafu rozcinając go w miejscu R_k /patrz rysunek/

Stosując regułę Mason'a otrzymamy



$$\frac{1}{R_{wy}} = \frac{I_2}{U_2} = \frac{1 + \frac{h_{11}}{R_z} + \frac{h_{11}}{R_g} - h_{12}h_{21}}{1 + \frac{h_{11}}{R_z} + \frac{h_{11}}{R_g}} - h_{12}h_{21} \frac{1}{R_z} - h_{12}h_{21} \frac{1}{R_g}$$

z tego

$$R_{wy} = \frac{1 + h_{11} \left(\frac{1}{R_z} + \frac{1}{R_g} \right)}{h_{22} + h_{11} \left(\frac{1}{R_z} + \frac{1}{R_g} \right)}$$

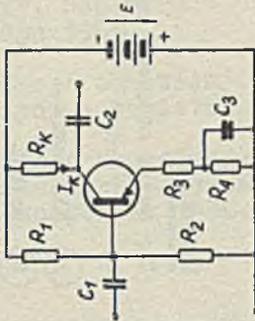
Naciśnij przycisk nr 1

Przeźrocze 16

Pytania sprawdzające stopień opanowania przerobionego materiału

Mamy dany wzmacniacz tranzystorowy jak na rysunku. Na-
leży określić współrzędne punktów leżących w ćwiartce:

- $I_K=f$ - U_{KE} przy $I_B=const.$, przez które przejdzie
prosta obciążenia. Zakładamy,
że pojemności C_1, C_2 i C_3 są
nieskończenie duże.



Odpowiedzi wybierane:

①

$$\text{I} \begin{cases} -U_K = E \\ -I_K = 0 \end{cases} \quad \text{II} \begin{cases} -U_{KE} = 0 \\ -I_K = \frac{E}{R_K + R_3} \end{cases}$$

②

$$\text{I} \begin{cases} -U_{KE} = E \\ -I_K = 0 \end{cases} \quad \text{II} \begin{cases} -U_{KE} = 0 \\ -I_K = \frac{E}{R_K + R_3 + R_4} \end{cases}$$

③

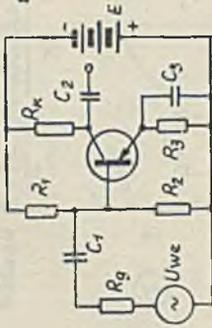
$$\text{I} \begin{cases} -U_{KE} = E \frac{R_4}{R_K + R_3} \\ -I_K = 0 \end{cases} \quad \text{II} \begin{cases} -U_{KE} = 0 \\ -I_K = \frac{E}{R_K + \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}} \end{cases}$$

④ Prostej nie można narysować

Dany jest wzmacniacz jak na rysunku.

Pojemności C_1 , C_2 , C_3 przyjmujemy, że są nieskończenie duże.

Oporność $R_3 \ll R_K$.



Pytanie

Czy można stosować wzory na parametry wzmacniacza wyprowadzone uprzednio?

- 1) Nie można.
- 2) Można.
- 3) Czasem można np. gdy R_3 jest b. duże
- 4) Nie wiem

przeźrocze "6"; przy odpowiedzi nieprawidłowej natomiast pośrednie przeźrocze "5" z dodatkowym objaśnieniem. Wyświetlenie kolejnego przeźrocza odbywa się po naciśnięciu przycisku pierwszego maszyny, co zawsze nakazuje uczynić odpowiednią uwagę przy końcu tekstu umieszczonego na przeźroczu.

Na przedstawionych niżej tablicach pokazano 17 kolejnych przeźroczy wykładu programowanego pt.: "Wzmacniacz tranzystorowy w układzie WE, klasy A".

LITERATURA

- [1] N.A. Crowder: Automatic Teaching - N.Y. 1959.
- [2] L.M. Stolurow: Teaching by machine - Waszyngton 1963.
- [3] H. Kay, J. Annet, M. Sime: Teaching machines and their use in industry. Department of Scientific and Industrial Research. Londyn 1963.
- [4] Programmirowannoje obuczienje i kibernetyczeskije obuczajuszczije maszyny - Sowietoskoje Radio, Moskwa 1963.
- [5] Programmirowannoje obuczienje. Obuczajuszczije maszyny. Organizacja uczebnowo processa. (Materiały konferencji metodycznej). Nowosybirsk 1966.

Резюме

Статья представляет анализ работы электронной обучающей машины, которая была разработана на Кафедре промышленной электроники Силезского политехнического института в г. Гливице. Обсуждено тоже один пример программированного доклада по основам электроники, на тему: транзисторный усилитель с общим эмитером.

Summary

The article contains the operating description of an electronic teaching machine "Alfa", which was constructed in Industrial Electronic Department of Silesian Technical University of Gliwice. An short example of programmed course of base electronic for students are given.

Rękopis złożono w Redakcji w dniu 10.VI.1968 r.