

# XXIX OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP III

## Zadanie doświadczalne

### ZADANIE D1

Nazwa zadania: „Wyznaczenie napięcia.”

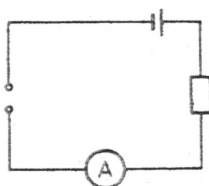
Mając do dyspozycji: trójnóżkowy element półprzewodnikowy, dwie baterie 4,5 V z opornikami zabezpieczającymi 560  $\Omega$ , potencjometr, 2 mierniki uniwersalne, kable połączeniowe i krokodylki, wyznacz napięcie do jakiego naładowano dostarczony przez asystenta układ składający się z połączonych szeregowo kondensatora i opornika.

Uwaga:

1. Jedna z końcówek powyższego elementu półprzewodnikowego ma tę własność, że od jej potencjału silnie zależy opór między pozostałymi końcówkami.
2. Baterii nie można podłączać do przyrządu półprzewodnikowego bezpośrednio (bez oporu zabezpieczającego) gdyż grozi to jego uszkodzeniem.

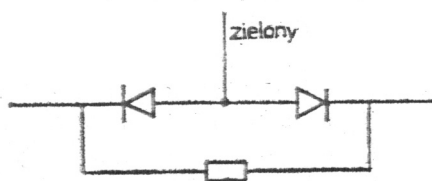
### ROZWIĄZANIE ZADANIA D1

Uczestnicy przystępujący do rozwiązania zadania mogli od razu stwierdzić, że oporność dołączona szeregowo do kondensatora była zbyt duża, aby którykolwiek z mierników dał się zastosować jako galwanometr balistyczny. Miernik po podłączeniu do układu kondensator + opornik wychylił się co najwyżej o jedną – dwie działki. Można było (co część uczestników wykorzystwała) określić polaryzację (znak) napięcia do jakiego był naładowany kondensator. Trzeba było wobec tego zbadać własność układu półprzewodnikowego i spróbować wykorzystać go do pomiaru napięcia. Układ z rysunku 8 podłączony do kolejnych par końcówek przy



Rys.8

obu polaryzacjach pozwalał stwierdzić, że w pierwszym przybliżeniu mamy do czynienia z układem przedstawionym na rysunku 9.

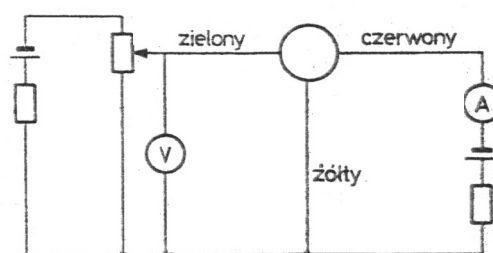


Rys.9

Widać od razu, że wyróżniona jest końcówka, która w zestawie była przylutowana do zielonego przewodu. Opór  $R$  zależał silnie od potencjału końcówki zielonej – zmieniało go nawet zbliżenie ręki. W tym momencie badań – wielu uczniów doszło do wniosku, że ma do czynienia z tranzystorem  $npn$ . Wniosek ten był błędny, ale ponieważ określenie rodzaju elementu półprzewodnikowego nie było celem zadania nie wpływało to na punktację.

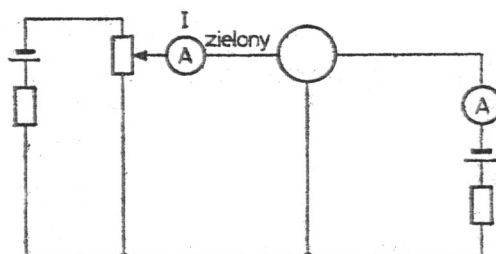
Inni uczniowie doszli do słusznego wniosku, że mają do czynienia z tranzystorem polowym (FET) z kanałem typu  $n$ .

Następnym krokiem było zmontowanie układu przedstawianego na rysunku 10.



Rys.10

Polaryzacja końcówek czerwonej i żółtej nie miała znaczenia. Zarówno przy dodatniej jak i ujemnej polaryzacji końcówki zielonej względem pozostałych wartość potencjału końcówki zielonej wpływała na oporność między pozostałymi. Natomiast jak się łatwo było przekonać w układzie przedstawionym na rysunku 11 przy dodatniej polaryzacji końcówki zielonej można było zaobserwować przepływ prądu przez amperomierz  $I$

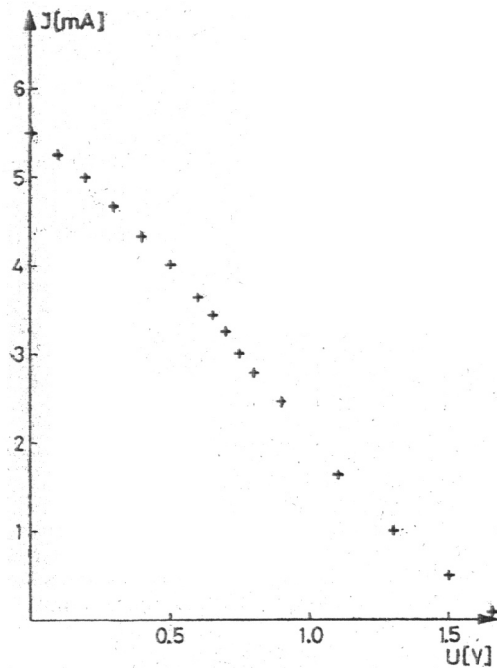


Rys.11

a przy polaryzacji ujemnej tej końcówki prąd był mniejszy od czułości miernika.

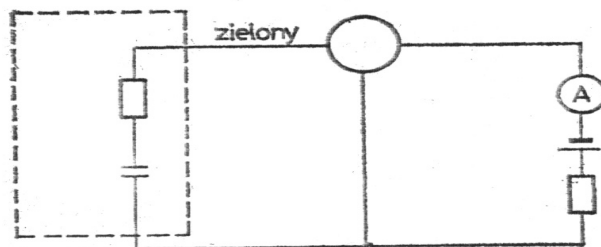
Ponieważ chodziło o to, żeby kondensator nie rozładowywał się w czasie pomiaru, należało polaryzować końcówkę zieloną ujemnie względem pozostałych.

Po przeprowadzeniu takich badań i rozumowania, dalsze wykonanie zadania było już proste. Należało w układzie przedstawionym na rysunku 10 zdjąć zależność prądu w obwodzie końcówek czerwonej i żółtej od potencjału końcówki zielonej, wykreślić ją (rys.12) a następnie dołączyć zamiast układu



Rys.12

Potencjometrycznego układ badany (rysunek 13), zmierzyć prąd i odczytać z wykresu szukaną wartość napięcia. W celu uniknięcia interpolacji można było

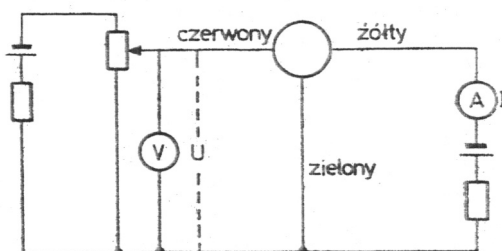


Rys.13

po odczytaniu wartości prądu podłączyć powtórnie układ potencjometryczny i ustawić tak napięcie, żeby uzyskać prąd, jak przy połączeniu układu z kondensatorem. Niektórzy uczestnicy tak właśnie postępowali. Oszacowanie błędu pomiaru należało przeprowadzić na podstawie dokładności mierników.

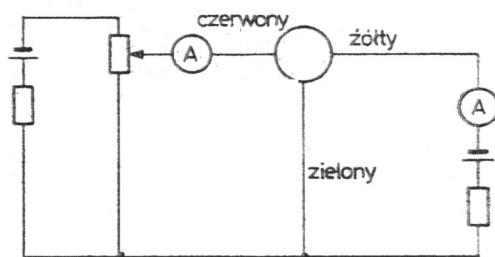
Po włączeniu do obwodu naładowanego układu, opornik + kondensator, prąd w obwodzie końcówek żółtej i czerwonej nie zmieniał się, co świadczyło o bardzo dużej oporności wejściowej zbudowanego „przyrządu”.

Wielu uczestników wykorzystało do pomiarów układ przedstawiony na rysunku 14.



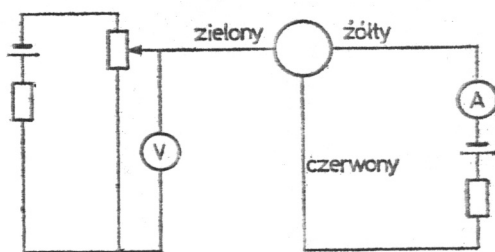
Rys.14

Wprawdzie i w tym układzie można było regulować prąd  $I$  przez zmianę napięcia  $U$ , ale jak się można było przekonać, w układzie z rysunku 15 oporność wejściowa tak



Rys.15

wykorzystanego układu półprzewodnikowego jest mała. Po włączeniu na miejsce układu potencjometrycznego badanego układu kondensator + opór napięcie na kondensatorze zmieniało się. Niektórzy uczestnicy próbowali prowadzić badania w układzie przedstawionym na rysunku 16. Oczywiście w tym układzie ze względu



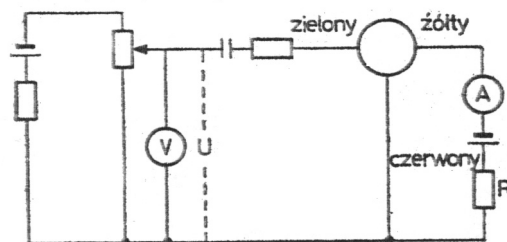
Rys.16

na bardzo małą pojemność użytych przyrządów potencjał obwodu potencjometrycznego jest zupełnie przypadkowy w stosunku do obwodu z amperomierzem i żadnych wyników nie można w takim układzie uzyskać.

Niektórzy uczestnicy nie zachowywali należytej ostrożności przy przenoszeniu układu opór + kondensator i dotykali palcami jego końcówek. Ponieważ opór skóry jest rzędu 1-10  $M\Omega$ , zależne od wilgotności, a mieliśmy do czynienia z kondensatorem o pojemności 2,2  $mF$  i opornikiem 1  $M\Omega$ , takie postępowanie prowadziło do częściowego rozładowania kondensatora i zafałszowania wyników.

Podobnie włączenie układu, opór + kondensator, najpierw końcówką + do zielonej końcówki w układzie z rysunku 13 prowadziło ze względu na przyczyny omawiane powyżej do częściowego rozładowania kondensatora.

Kilku uczestników dołączało badany układ, kondensator + opornik, szeregowo do układu potencjometrycznego ( rysunek 17). Jeżeli polaryzacje



Rys. 17

końcówki zielonej była ujemna a bezwzględna wartość jej potencjału większa od napięcia do jakiego naładowano kondensator, takie postępowanie prowadziło do uzyskania prawidłowego wyniku.

Jak wspomniano nieznanym elementem półprzewodnikowym był tranzystor polowy z kanałem typu  $n$ , o symbolu BF 256. łatwo się domyślić, że końcówka zielona była podłączona do bramki a czerwona i żółta odpowiednio do źródła i drenu tranzystora polowego. Dla zakresu napięć wykorzystywanych w ćwiczeniach źródło i dren były nierozróżnialne.

Czytelników zainteresowanych zasadą działania tranzystorów polowych odsyłamy do *Encyklopedii Fizyki* lub nowoczesnych podręczników elektroniki (np. P. E. Gray, C. L. Seale, *Podstawy Elektroniki*, PWN, Warszawa 1976).

Warto podkreślić, że ze względu na swoją dużą oporność pomiędzy bramką a kanałem (rzędu  $10^9 - 10^{14} \Omega$ ) tranzystory takie mają służyć do konstruowania woltomierzy o bardzo dużym oporze wejściowym. Mając do dyspozycji tranzystor polowy np. użyty w doświadczeniu (jego cena wynosi 30 zł) można wykonać woltomierz, a przy użyciu wzmacniacza prądu stałego mili- lub mikrowoltomierz o oporze wejściowym rzędu  $10^{10} \Omega$ . Taki przyrząd pozwala bezpośrednio mierzyć siłę elektromotoryczną np. termopary, a jego oporność wejściowa nie wprowadza żadnego błędu przy pomiarach napięcia.

Spośród szesnastu uczniów, których prace doświadczalne ocenione zostały na 18-20 punktów (na 20 możliwych) siedmiu umiało powiedzieć z jakim przyrządem półprzewodnikowym ma do czynienia. Pozostali twierdzili, że używają tranzystora lub pozostali przy nazwie „przyrząd półprzewodnikowy”. Widać więc, że zadanie można było poprawnie rozwiązać prowadząc odpowiednie badania i nie korzystając z wiadomości z poza programu szkolnego.

Źródło:  
Zadanie pochodzi z „Druk OF”

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie  
[www.of.szc.pl](http://www.of.szc.pl)