|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Podstawowe elementy elektroniczne, cz. 2 - Tranzystory - charakterystyki** | | | |
| Krzyszczuk Michał  Lis Przemysław | **15 V 2018**  **22 V 2018** | **Wt 12:00** | **B7** |

1. 1. Cel ćwiczenia.

Celem ćwiczenia było poznanie działania układów opartych o tranzystory bipolarne oraz unipolarne.

Badane zostały następujące układy tranzystora bipolarnego npn:

-układ OE wyznaczeniem β tranzystora.

-układ OE wyznaczenie charakterystyki IB = f(UBE).

-układ OE wyznaczenie charakterystyk  IC = f(UCE).

-układ OE tranzystor jako klucz obliczenia**.**

**-**Tranzystor bipolarny npn pracujący jako klucz.

Badane zostały następujące układy tranzystora unipolarnego J-FET:

- układ OS wyznaczenie charakterystyki *ID = F(UGS).*

-Sterowanie sygnałem PWM kluczem wykorzystującym tranzystor J-FET.

2. Przebieg ćwiczenia.

**a.** **Układ odwracający OE, wyznaczenie β tranzystora npn BC547B.**



Rys 1. Układ OE npn (źródło: Instrukcja do ćwiczeń TM1, UPEL AGH).

*Tabela 1. Pomiary dla układu* wyznaczenia β tranzystora npn.



Tranzystor w konfiguracji OE posiada wzmocnienie 330, jest to o 48,73 większe niż deklaruje producent. Różnica ta jest spowodowana różnymi warunkami podczas wyznaczania współczynnika β (współczynnik wzmocnienia prądowego tranzystora), również deklarowana wartość jest silnie zależna od temperatury struktury.

**b. Układ odwracający OE, wyznaczenie charakterystyki IB = f(UBE).**

*Tabela 2. Tabela pomiarów.*





Rys 2. Charakterystyka ***IB = f(UBE).***

Przedstawiona charakterystyka empiryczna różni się znacznie od charakterystyki modelowej, powodem tego jest błąd metody pomiarowej, ponieważ dokonywaliśmy pomiaru prądu oraz napięć metodami pośrednimi. Ponadto przewody połączeniowe nie są idealnym połączeniem, następstwem czego podczas przełączania przewodów multimetra mogliśmy zmieniać wartość oporu połączeń. Jednak trend pomiarów jest analogiczny do charakterystyki modelowej,   
sugeruje to podobną charakterystykę fizyczną do modelowej.

**c. Układ odwracający OE, wyznaczenie charakterystyk  IC = f(UCE).**

*Tabela3. Pomiary dla =3V*



*Tabela 4. Pomiary dla =6V*



*Tabela 4. Pomiary dla =9V*





Rys 3. Rodzina charakterystyk ***IC = f(UCE).***

Charakterystyki otrzymane z symulacji nieznacznie różnią się od charakterystyk otrzymanych z pomiaru fizycznego układu, najprawdopodobniej różnice te wynikają ze zmienności wzmocnienia prądowego β zastosowanego tranzystora. Ponadto struktury krzemowe mają ujemny przyrost oporności temperatury, co może tłumaczyć niewielkie różnice dla niskich prądów oraz większe różnice dla większych prądów.

**d. układ OS, wyznaczenie charakterystyki *ID = F(UGS).***



Rys 4. Układ tranzystora polowego J-FET (źródło: Instrukcja do ćwiczeń TM1, UPEL AGH).

*Tabela5. Pomiar ID=f(UGS).*





Rys 5. Charakterystyka *ID=f(UGS*) tranzystora unipolarnego.

Zamieszczone charakterystyki różnią się nieznacznie, choć trend jest analogiczny. Różnice mogą wynikać z nieidealności modelu, oraz ze różnic fizycznego tranzystora polowego od jego odpowiednika teoretycznego. Naszym zdaniem wyniki otrzymane empirycznie pokrywają się   
z wartościami modelowymi.

**e. Tranzystor jako klucz pomiar wzmocnienia prądowego β.**



Rys 6. Układ OE npn (źródło: Instrukcja do ćwiczeń TM1, UPEL AGH).

Wartość wzmocnienia β tranzystora została wyznaczona analogicznie jak w pkt. a i wynosi:

**β= 391[**

**f. Tranzystor jako klucz obliczenia.**



*Rys. 7 Schemat klucz tranzystorowy sterujący diodą LED.*(źródło: Instrukcja do ćwiczeń TM1, UPEL AGH).

Obliczenie RC:

Uzas= 10 V.

UCE(sat)= 0,2 V

UD = 1,7V (sprawdzone multimetrem).

IC= 10 mA

RC=

RC=

Ponieważ nie znaleźliśmy takiego rezystora zastosowaliśmy najbliższy większy o wartości 908 Ω.

Obliczenie RB:

Uwej=5V

UBE= 0,7 V

IC= 10 mA

IB1==

RB1== 165kΩ

Ponieważ nie znaleźliśmy takiego rezystora zastosowaliśmy najbliższy o wartości 146kΩ.

IB2==

RB2== 83kΩ

Ponieważ nie znaleźliśmy takiego rezystora zastosowaliśmy najbliższy o wartości 99kΩ.

IB3==

RB3== 42kΩ

Ponieważ nie znaleźliśmy takiego rezystora zastosowaliśmy najbliższy większy o wartości 46,8kΩ.

**g. Tranzystor bipolarny npn pracujący jako klucz.**

*Tabela 6. Pomiar dla* IB1=



*Tabela 7. Pomiar dla* IB1=



*Tabela 8 . Pomiar dla* IB1=



Czasy otwarcia oraz zamknięcia tranzystora są różne, wynika z procesów zachodzących   
na poziomie nośników ładunków, zauważamy ze czas zamykania jest większy niż czas otwarcia. Najmniejsze czasu występują gdy tranzystor pracuje w stanie głębokiego nasycenia.



*Rys. 7. Rodzina charakterystyk wyjściowych tranzystora BC547B wraz z prostą obciążenia.*

Dla wyznaczonych punktów pracy tranzystora, zostały naszkicowane charakterystyki wyjściowe Ic=f(Uce). Widoczna na rysunku 7. czarna krzywa obrazuje przypadek gdy punkt pracy znajduje się w liniowej części charakterystyki (stan aktywny), natomiast krzywa czerwona wizualizuje sytuację gdy punkt pracy znajduje się na części charakterystyki, gdy tranzystor jest   
w stanie nasycenia.

**Moc wydzielana na tranzytorze BC547B**

Katalogowa moc rozproszenia dla tranzystora BC547B wynosi 500mW dla temp 25ºC

P=IC\*UCE

P1=0,00873\*0,267=0,00233W

P2=0,00883\*0,2374=0,021W

P3=0,00889\*0,118=0,00105W

Moc wydzielająca się na tranzystorze zawiera się w przedziale 1-3mW oznacza to bardzo niewielką wartość w porównaniu do mocy maksymalnej wynoszącej 500mW, oznacza to,  
że zastosowany tranzystor będzie musiał rozproszyć moc niemal znikomą.

Tranzystor jako klucz najlepiej działa, gdy pracuje możliwie najkrócej w stanie pośrednim miedzy nasyceniem a zatkaniem. Z naszych pomiarów wynika że tranzystor najlepiej gdy IB1=. W stanie nasycenia jest najlepiej dla niego ponieważ wtedy odkłada się na nim najmniejsze napięcie, następstwem czego jest najmniejsza moc strat wydzielanych na tranzystorze.

**h. Sterowanie sygnałem PWM kluczem wykorzystującym tranzystor J-FET**



*Rys. 8. Klucz tranzystorowy wykorzystujący tranzystor J-FET.*

Czy tranzystor będzie całkowicie zamknięty i otwarty zależy od napięcia odcięcia UGS(sat).

Dla wypełnienia PWM 50% nie zauważamy migania diody już przy 40Hz. przy paśmie od 40Hz do 3MHz nie zauważamy mniejszej jasności diody, oznacza to że tranzystor do 3MHz dobrze przenosi sygnał PWM. Brak efektu przyciemnienia diody może być spowodowany nie wyłączaniem się tranzystora J-FET.

3. Wnioski z wykonanego ćwiczenia.

Pomimo dwukrotnego pomiaru charakterystyki prądu bazy Ib(Rysunek 2) znacząco różni się ona od zasymulowanej w programie LTspice .Pozostałe pomiary zostały przeprowadzone bez trudności i zasadniczo są zgodne z zasymulowanymi charakterystykami. Szczególnie ważnym punktem laboratoriów było badanie pracy tranzystora jako klucz. Konfiguracja ta jest często stosowana   
w układach elektronicznych do sterowania elementami potrzebującymi dużo większej mocy niż ta, którą mogą zapewnić urządzenia sterujące. Ze względu na niski koszt tego typu elementów oraz ich szerokie zastosowanie są one obecne w ogromnej ilości aplikacji.