

Projekt z Elektroniki

SERIA 7A

2012-01-02

Definicja problemu

PROJEKT Z ELEKTRONIKI

rok akad. 2011/2012

W zadaniach rozwiązywanych komputerowo należy stosować modele elementów opisane w bibliotece **EVALLIB** programu **PSpice Eval.6.2**

[1] **PCSpice Evaluation Center – Micro-Sim VER. 6.2**

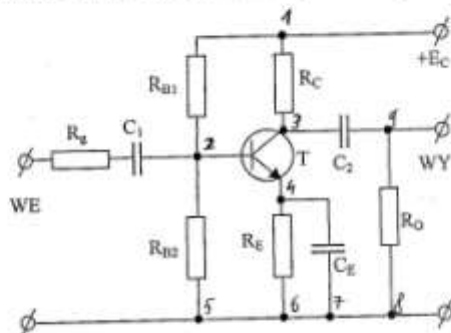
[2] J. Porębski, P. Korohoda: **SPICE – program analizy nieliniowej układów elektronicznych**, WNT, Warszawa 1992.

[3] A. Chwaleba, B. Moeschke, G. Płosajski: **Elektronika**, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1994.

[4] Praca zbiorowa pod red. A. Filipkowskiego: **Projektowanie i laboratorium z „Elementów i układów elektronicznych”** Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1998.

Zadanie 1. Stosując program PSpice wykonaj wykresy statycznych charakterystyk wejściowych i wyjściowych tranzystora **n-p-n Q2N2222**, dla układu ze wspólnym emiterem (WE). Analizę wykonaj dla temperatury : $t_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, w zakresie zmian prądu bazy w przedziale **0 – 120 μA** , ze skokiem **10 μA** .

Zadanie 2. Wykonaj projekt wzmacniacza jednostopniowego w układzie WE dla małych amplitud i 3-dB zakresu częstotliwości: $f_d=15\text{ Hz}$, $f_g=20\text{ kHz}$. Przyjmij napięcie zasilające $E_c=12\text{ V}$. Określ wartości rezystorów R_{B1} , R_{B2} , R_C i R_E oraz pojemności: C_1 , C_2 , i C_E dla układu ze sprzężeniem emiterowym i tranzystorem **Q2N2222** (jak na rys.). Oblicz uzyskane



wzmocnienia K_u i K_i oraz rezystancję wejściową r_{we} i wyjściową r_{wy} . Obliczenia wykonaj dla rezystancji obciążenia $R_O=8,2\text{ k}\Omega$ i rezystancji wewnętrznej $R_g=3,3\text{ k}\Omega$.

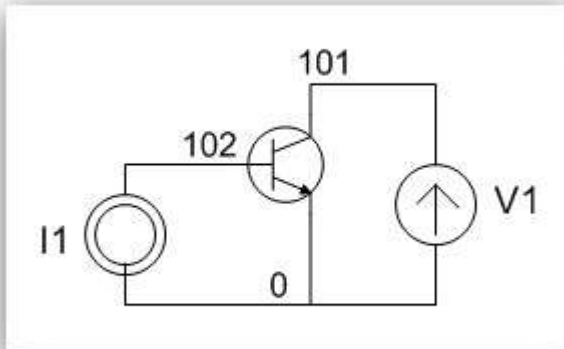
Obliczenia bez użycia komputera dokonaj przy założeniu $r_{bb}=0$ oraz $h_{22}=1/r_{ce}=0$. Dobór punktu pracy tranzystora na charakterystykach uzyskanych w Zad.1.

Zadanie 3. Wykonaj analizę projektu z Zad.2, stosując program PSpice. Porównaj uzyskane wyniki obliczeń uwzględniając przy porównaniu fakt zastosowania uproszczonych danych w Zad.2.

Zadanie 1

Stosując program PSpice wykonaj wykresy statycznych charakterystyk wejściowych i wyjściowych tranzystora n-p-n Q2N2222, dla układu ze wspólnym emiterem (WE). Analizę wykonaj dla temperatury: $t_j=25^\circ\text{C}$, w zakresie zmian prądu bazy w przedziale 0-120 μA , ze skokiem 10 μA .

Charakterystyka tranzystora bipolarnego n-p-n 2N2222



rys. 1

Charakterystyki wejściowa i wyjściowa w programie PSPICE

ZAD 1 WEJSCIE.

```
Q1 101 102 0 Q2N2222
VIN 102 0
VZAS 101 0 DC 0
```

```
.DC VIN 0 0.84 0.01
```

```
.LIB eval.lib
.model Q2N2222 npn
.TEMP 25
.PROBE
.end
```

ZAD 1 WYJSCIE.

```
Q1 101 102 0 Q2N2222
IIN 0 102
VZAS 101 0
```

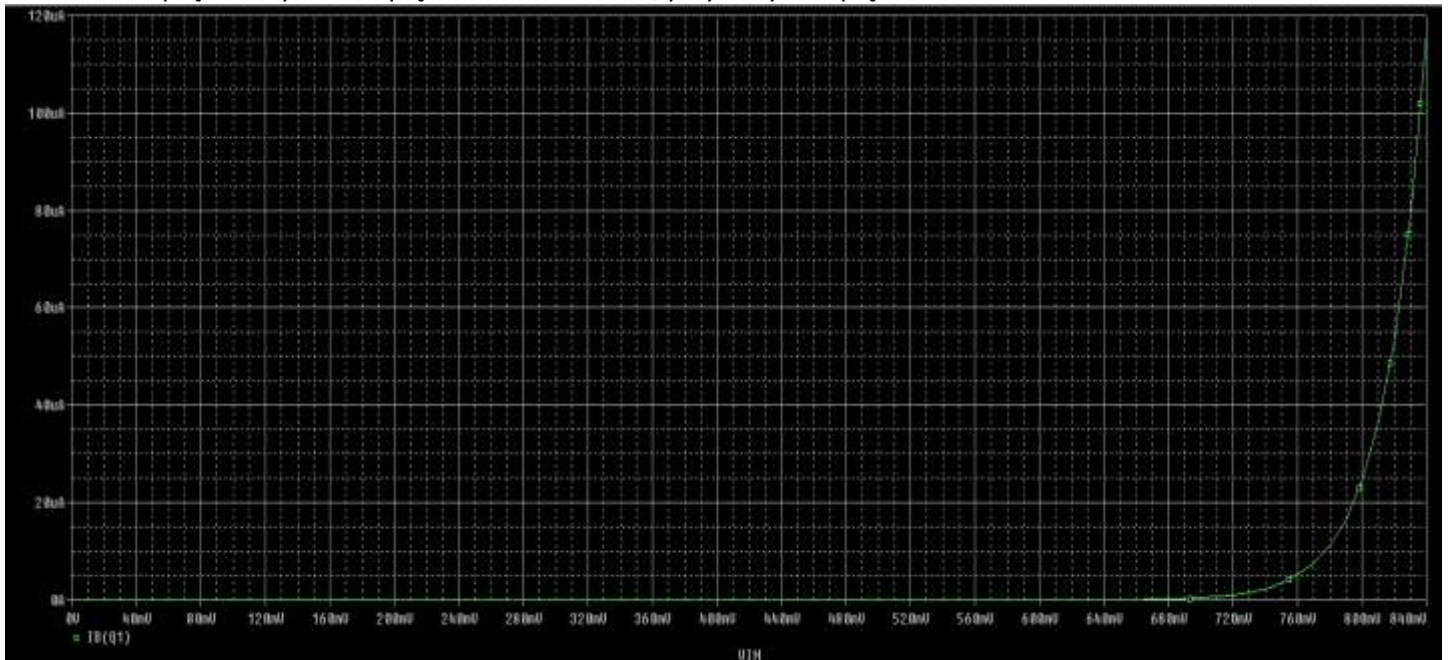
```
.DC VZAS 0 12 0.01 IIN 0 120u 10u
```

```
.LIB eval.lib
.model Q2N2222 npn
.TEMP 25
.OP
.PROBE
.end
```

Statyczna charakterystyka tranzystora n-p-n Q2N2222

Charakterystyka wejściowa

Zależność prądu bazy I_B od napięcia baza-emiter U_{BE} , przy stałym napięciu kolektor-emiter U_{CE} .



Charakterystyka wyjściowa

Zależność prądu kolektora I_C od napięcia kolektor-emiter U_{CE} przy doprowadzonym napięciu wejściowym baza-emiter U_{BE} i stałym prądzie bazy I_B .



Wnioski

Z wykresu charakterystyki wejściowej odczytać można, że do napięcia o wartości około 0,7V prąd jest znikomy. Po przekroczeniu tej wartości następuje gwałtowny wzrost natężenia prądu przy nieznacznym wzroście napięcia.

Na podstawie wykresu charakterystyki wyjściowej można stwierdzić iż powyżej pewnego napięcia (około 0,25V) prąd kolektora prawie nie zależy od napięcia U_{CE}

Zadanie 2

Wykonaj projekt wzmacniacza jednostopniowego w układzie WE dla małych amplitud i 3-dB zakresu częstotliwości: $f_d=15\text{Hz}$, $f_g=20\text{kHz}$. Przyjmij napięcie zasilające $E_c=12\text{V}$. Określ wartości rezystorów R_1 , R_2 , R_C i R_E oraz pojemności: C_1 , C_2 , i C_E dla układu ze sprzężeniem emiterowym i tranzystorem Q2N2222. Oblicz uzyskane wzmocnienia K_u i K_i oraz rezystancję wejściową r_{WE} i wyjściową r_{WY} . Obliczenia wykonaj dla rezystancji obciążenia $R_0=8,2\text{k}\Omega$ i rezystancji wewnętrznej $R_g=3,3\text{k}\Omega$. Obliczenia bez użycia komputera dokonaj przy założeniu $r_{bb}=0$ oraz $h_{22}=1/r_{ce}=0$. Dobór punktu pracy tranzystora na charakterystykach uzyskanych w zadaniu 1.

Na podstawie charakterystyki wyjściowej wybieram punkt pracy (charakterystyka w załączeniu)

$I_{CQ}=8\text{mA}$, $U_{CEQ}=2,5\text{V}$, $I_B=50\text{ }\mu\text{A}$.

Obliczam rezystancję R_C i R_E

$$R_C + R_E = (U_C - U_{CEQ}) / I_{CQ}$$

$$R_C + R_E = (12\text{V} - 6\text{V}) / 5\text{mA} = 1,2\text{k}\Omega$$

*Przyjmuję, że $U_E = 20\% * U_C$*

$$U_E = 0,2 * 12\text{V} = 2,4\text{V}$$

Przyjmuję, że $I_E = I_{CQ}$

$$I_E = I_{CQ} = 5\text{mA}$$

$$R_E = U_E / I_E = 2,4\text{V} / 5\text{mA} = 480\Omega$$

$$R_C = 1,2\text{k}\Omega - 480\Omega = 720\Omega$$

Obliczam rezystancję R_1 i R_2

*Przyjmuję, że $I_d = 10 * I_B$ (I_d - prąd płynący przez dzielnik)*

$$I_B = 50\mu\text{A}$$

$$I_d = 500\mu\text{A}$$

Z prawa Ohma

$$R_1 + R_2 = E_c / I_d$$

$$R_1 + R_2 = 12\text{V} / 500\mu\text{A} = 24\text{k}\Omega$$

dodatkowo:

$$R_2 / (R_1 + R_2) = U_{R2} / E_c$$

$$U_{R2} = U_{BE} + U_E$$

$$U_{R2} = 0,7V + 2,4V = 3,1V$$

zatem

$$R_2 = U_{R2} * (R_1 + R_2) / E_C$$

$$R_2 = (1,9V / 12V) * 24k\Omega = 3,8k\Omega$$

$$R_1 = 24k\Omega - 3,8k\Omega = 20,2k\Omega$$

Obliczam rezystancję r_{WE}

Obliczam współczynnik wzmocnienia β

$$I_B = I_{CQ} / \beta$$

$$\beta = 5mA / 50\mu A = 100$$

Obliczam rezystancję wejściową tranzystora (h_{11e})

Przyjmuję, że U_T (potencjał elektrokinetyczny w temp 300K) wynosi 26mA

$$h_{11e} = U_T / I_B$$

$$h_{11e} = 26mA / 50\mu A = 520\Omega$$

Obliczam rezystancję r_{WE}

$$r_{we} = R_B \parallel h_{11e}$$

$$r_{we} = (R_B * h_{11e}) / (R_B + h_{11e}), \text{ gdzie } R_B = (R_1 * R_2) / (R_1 + R_2) = (20,2k\Omega * 3,8k\Omega) / (20,2k\Omega + 3,8k\Omega) = 3,2k\Omega$$

$$\text{więc } r_{we} = (3,2k\Omega * 0,52 k\Omega) / (3,2k\Omega + 0,52 k\Omega) = 450\Omega$$

Obliczam pojemności C_1 , C_2 i C_E

Pojemności C_1 , C_2 i C_E tworzą filtry dolnoprzepustowe

Obliczam C_1

$$f_d = 1 / (2 * \pi * R_{C1} * C_1), \text{ gdzie } R_{C1} = R_g + r_{WE}$$

$$R_{C1} = 3,3k\Omega + 450\Omega = 3,75k\Omega$$

$$C_1 = 1 / (2 * 3,14 * 3,75k\Omega * 15Hz) = 2,8\mu F$$

Obliczam C_2

$$f_d = 1 / (2 * \pi * R_{C2} * C_2), \text{ gdzie } R_{C2} = R_C + R_0$$

$$R_{C2} = 720\Omega + 8,2k\Omega = 8,92k\Omega$$

$$C_2 = 1 / (2 * 3,14 * 8,92k\Omega * 15Hz) = 1,2\mu F$$

Obliczam C_E

$$C_E = (\beta + 1) / [2 \cdot \pi \cdot f_d \cdot (R_g + h_{11e})]$$

$$C_E = 101 / [2 \cdot 3,14 \cdot 15 \text{ Hz} \cdot (3,3 \text{ k}\Omega + 520 \Omega)] = 280 \mu\text{F}$$

Obliczam rezystancję r_{wy}

$$r_{wy} \approx R_c = 720 \Omega$$

Obliczam k_u i k_i

$$k_u = (R_c \cdot R_0) / (R_c + R_0) \cdot \beta \cdot (1/h_{11e}) = (720 \Omega \cdot 8,2 \text{ k}\Omega) / (720 \Omega + 8,2 \text{ k}\Omega) \cdot 100 \cdot (1/520 \Omega) = 127,28 \text{ V/V}$$

$$k_i = [R_c / (R_c + R_0)] \cdot \beta \cdot [R_B / (R_B + h_{11e})] = [720 \Omega / (720 \Omega + 8,2 \text{ k}\Omega)] \cdot 100 \cdot [3,2 \text{ k}\Omega / (3,2 \text{ k}\Omega + 520 \Omega)] = 6,94 \text{ A/A}$$

Podsumowanie obliczonych wartości:

$R_1 = 20,2 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 3,8 \text{ k}\Omega$; $R_c = 720 \Omega$; $R_E = 480 \Omega$; $C_1 = 2,8 \mu\text{F}$; $C_2 = 1,2 \mu\text{F}$; $C_E = 280 \mu\text{F}$; $K_u = 127,28 \text{ V/V}$; $K_i = 6,94 \text{ A/A}$;
 $r_{wE} = 450 \Omega$; $r_{wy} = 720 \Omega$

Zadanie 3

Wprowadzenie i przetestowanie obliczonych danych z użyciem programu PSPICE.

Plik wejściowy

ANALIZA WZMACNIACZA W UKŁADZIE WE Z TRANZYSTOREM Q2N2222

```
.LIB EVAL.LIB
VIN 11 0 AC 1
RG 1 11 3.3K
R1 33 2 20.2K
R2 2 0 3.8K
RC 33 4 720
RE 3 0 480
C1 2 1 2.8U
C2 4 5 1.2U
CE 3 0 280U
RO 5 0 8.2K
VZAS 33 0 DC 12V
Q1 4 2 3 Q2N2222
.OP
.AC DEC 10 15 20K
.MODEL Q2N2222 npn
.TRAN 2U 2M
.TEMP 25
.PROBE
.END
```

Wyniki w pliki wyjściowym *.out po wykonanej analizie

NAME	Q1
MODEL	Q2N2222
IB	2.14E-05
IC	2.14E-03
VBE	7.96E-01
VBC	-8.63E+00
VCE	9.43E+00
BETADC	1.00E+02
GM	8.31E-02
RPI	1.20E+03
RX	0.00E+00
RO	1.00E+12
CBE	0.00E+00
CBC	0.00E+00
CJS	0.00E+00
BETAAC	1.00E+02
CBX/CBX2	0.00E+00
FT/FT2	1.32E+18

Informacje

Podczas robienia projektu korzystałem z następujących źródeł:

1. "Elementy i układy elektroniczne. Projekt i laboratorium" pod red. Andrzeja Filipkowskiego, wydanie 2, OWPW, Warszawa, 2007
2. "Podstawy elektroniki" części 1 i 2, Barbara Pióro i Marek Pióro, wydanie 2, WSIP, Warszawa, 1997
3. "Odbiorniki radiowe", Henryk Chaciński, WSIP, 1980, Warszawa
4. Forum poświęcone elektronice www.elektroda.pl