

Projekt z Elektroniki

Jan Niezbędny :) Sxxxx WID 2011/2012

Seria 4A – dla wszystkich tranzystorów n-p-n proces obliczeń jest taki sam – zmieniamy tylko wartości w PSpice i w obliczeniach zad2. Masz pnp – masz problem :) Mniej więcej jest wszystko wytłumaczone :)

Spis treści

Definicja problemu.....	2
Zadanie 1.....	3
Charakterystyka tranzystora bipolarnego n-p-n Q2N2222.....	3
Implementacja na konsoli w PSpice (charakterystyka wejściowa)	3
Statyczna charakterystyka wejściowa tranzystora n-p-n Q2N2222	4
Implementacja na konsoli w PSpice (charakterystyka wyjściowa)	4
Statyczna charakterystyka wyjściowa tranzystora n-p-n Q2N2222.....	5
Wnioski.....	5
Zadanie 2.....	5
Na podstawie charakterystyki wyjściowej wybieram punkt pracy.....	5
Obliczam rezystancję R_C i R_E	6
Obliczam rezystancję R_1 i R_2	6
zatem6	
Obliczam rezystancję r_{WE}	6
Obliczam współczynnik wzmocnienia β	6
Obliczam rezystancję wejściową tranzystora (h_{11e}).....	6
Obliczam rezystancję r_{WE}	7
Obliczam pojemności C_1 , C_2 i C_E	7
Obliczam C_1	7
Obliczam C_2	7
Obliczam C_E	7
Obliczam rezystancję r_{WY}	7
Obliczam k_u i k_i	7
Podsumowanie obliczonych wartości:.....	8
Zadanie 3.....	9
Implementacja na konsoli w PSpice.....	9
Wyniki w pliku wyjściowym *.out po wykonanej analizie	9
Charakterystyki	10

PROJEKT Z ELEKTRONIKI

rok akad. 2011/2012

seria 4A

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

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

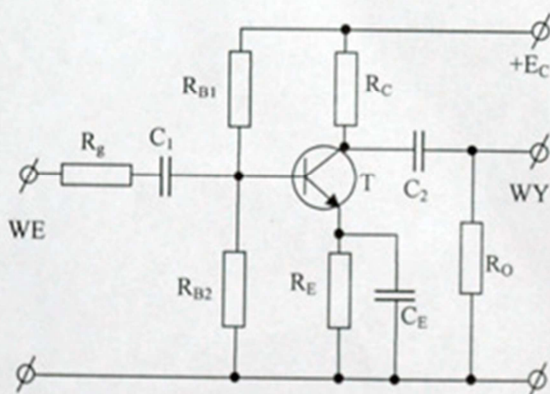
[2] J. Porębski, P. Korohoda: SPICE – program analizy nieliniowej układów elektronicznych, WNT, Warszawa 1992.

[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 : $t_j=27\text{ }^\circ\text{C}$, w zakresie zmian prądu bazy w przedziale $0 - 120\text{ }\mu\text{A}$, ze skokiem $10\text{ }\mu\text{A}$.

Zadanie 2. Wykonaj projekt wzmacniacza jednostopniowego w układzie WE dla małych amplitud i 3-dB zakresu częstotliwości: $f_d=15\text{ Hz}$, $f_g=25\text{ kHz}$. 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 $R_O = 15\text{ k}\Omega$ i rezystancji wewnętrznej $R_g = 4,7\text{ k}\Omega$.

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.

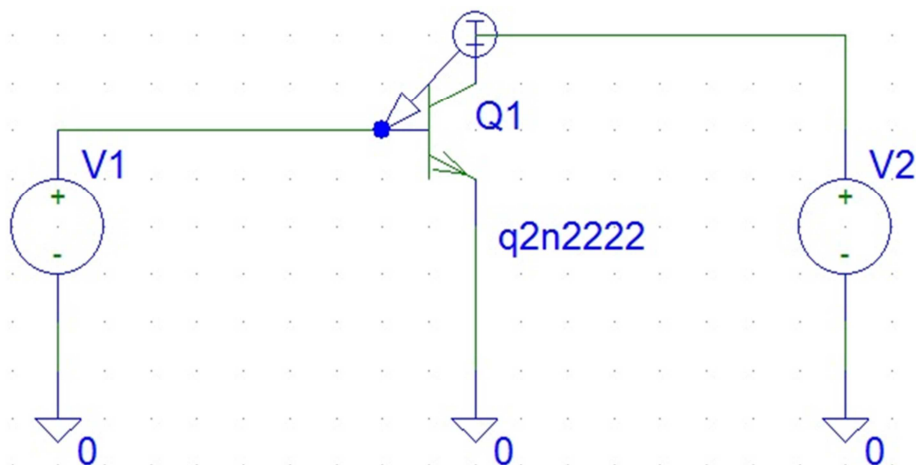
Zadanie 3. Wykonaj analizę projektu z Zad.2, stosując program PSpice. Porównaj uzyskane wyniki obliczeń uwzględniając przy porównaniu fakt zastosowania uproszczonych danych w Zad.2.

CZYLI JEST TO UKŁAD ZE WSPÓLNĄ BAZĄ (MOWA O TRANZYSTORZE – TO K W KÓŁKU ☺)

Zadanie 1

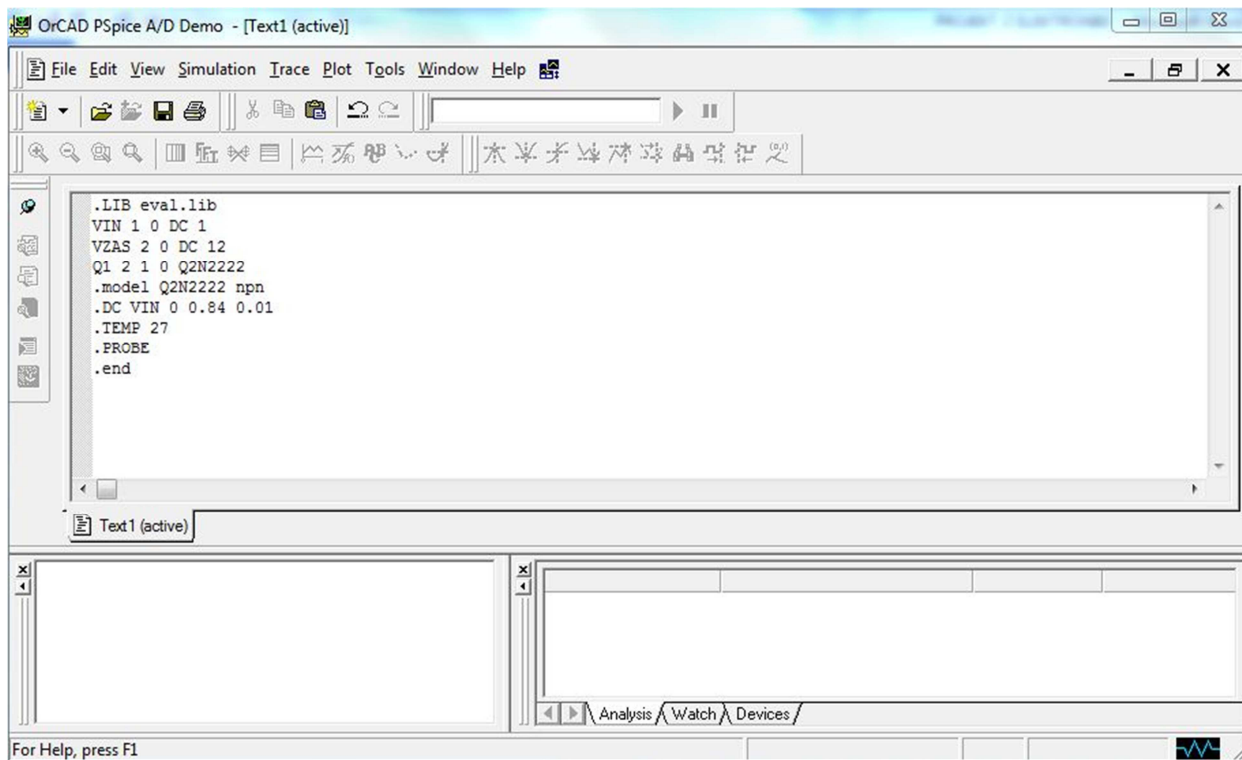
Stosując program PSpice wykonaj wykresy statycznych charakterystyk wejściowych i wyjściowych tranzystora n-p-n Q2N2222, dla układu ze wspólnym emiterem (WE). Analizę wykonaj dla temperatury: $t_j=27^\circ\text{C}$, w zakresie zmian prądu bazy w przedziale 0-120 μA , ze skokiem 10 μA

Charakterystyka tranzystora bipolarnego n-p-n Q2N2222



Schemat układu (**nie mając tego schematu – będziesz go na pewno rysować przy obronie projektu ☺**)

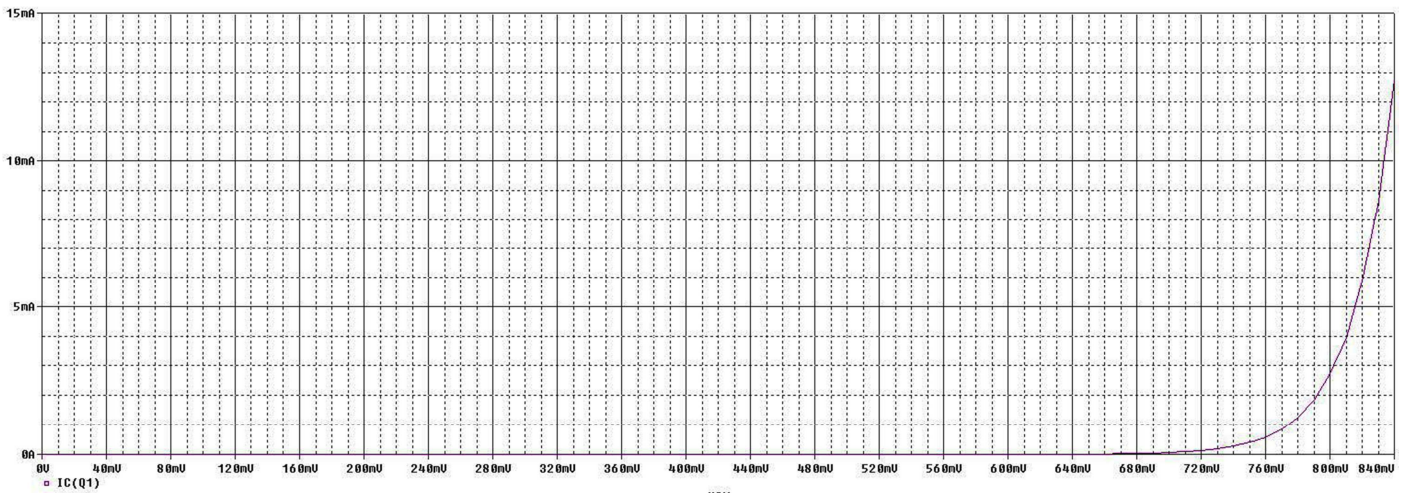
Implementacja na konsoli w PSpice (charakterystyka wejściowa)



.PROBE – jest po to żeby odczytać dane z pliku .out. Beta w pliku .out jest inna niż w wyliczeniach poniżej ponieważ jest to beta statyczna. Nas interesuje dynamiczna – dlatego ją liczymy w zad 2.

Statyczna charakterystyka wejściowa tranzystora n-p-n Q2N2222

Charakterystyka wejściowa, na wykresie poniżej, opisuje zależność prądu bazy I_B od napięcia baza-emiter U_{BE} , przy stałym napięciu kolektor-emiter U_{CE} . Z powyższego wykresu odczytać można, że do napięcia o wartości około 0,7 V prąd jest znikomy. Po przekroczeniu tej wartości następuje gwałtowny wzrost prądu przy nieznacznym wzroście napięcia. **CHARAKTERYSTYKA JEST DLA Prądu Kolektora - I_C**



Implementacja na konsoli w PSpice (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 .

The screenshot displays the PSpice A/D Demo software interface. The main window shows the simulation setup for an output characteristic analysis. The command window contains the following text:

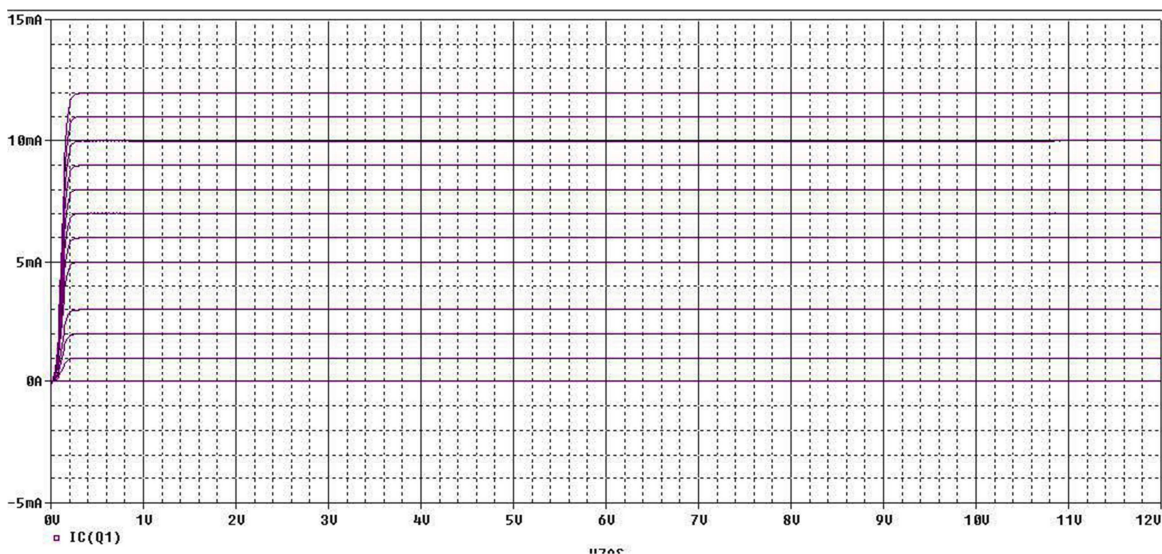
```
CHARAKTERYSTYKA WYJSCIOWA
.LIB eval.lib
IIN 0 1
VZAS 2 0 12

Q1 2 1 0 Q2N2222

.model Q2N2222 npn
.DC VZAS 0 12 0.01 IIN 0 120u 10u
.OE
.PROBE
.TEMP 27
.LIB eval.lib
.end
```

The status bar at the bottom indicates the simulation parameters: VZAS = 12, 100% zoom, and a progress indicator.

Statyczna charakterystyka wyjściowa tranzystora n-p-n Q2N2222



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} **TUTAJ MOŻNA DORZUCIĆ JESZCZE CAŁY WYKŁAD W SUMIE – ALE TYLKO WYSTARCZA**

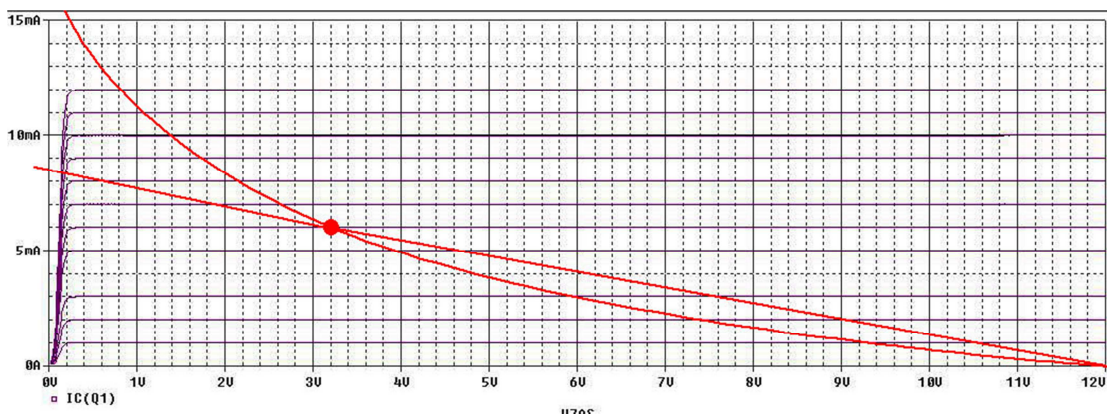
Zadanie 2

Wykonaj projekt wzmacniacza jednostopniowego w układzie WE dla małych amplitud i 3-dB zakresu częstotliwości: $f_d = 15\text{Hz}$, $f_g = 25\text{kHz}$. Przyjmij napięcie zasilające $E_C = 12\text{V}$. Określ wartości rezystorów R_{b1} , R_{b2} , R_C , 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 $R_0 = 12\text{k}\Omega$ i rezystancji wewnętrznej $R_g = 4,7\text{k}\Omega$

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

$I_{CQ} = 6\text{mA}$, $U_{CEQ} = 3,2\text{V}$, $I_B = 60\text{ }\mu\text{A}$. – **TE DANE SĄ WZIĘTE Z WYKRESU PONIŻEJ**



ten wykres być musi

Obliczam rezystancję R_C i R_E

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

$$R_C + R_E = (12V - 3,2V) / 6mA = 1,47k\Omega$$

Przyjmuję, że $U_E = 20\% * U_C$

$$U_E = 0,2 * 12V = 2,4V$$

Przyjmuję, że $I_E = I_{CQ}$

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

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

$$R_C = 1,47k\Omega - 480\Omega = 990\Omega$$

Obliczam rezystancję R_1 i R_2

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

$$I_B = 60\mu A$$

$$I_d = 600\mu A$$

Prąd płynący przez dzielnik musi być przynajmniej 10 razy większy niż prąd bazy żeby ten prąd bazy nie obniżył nam napięcia na R_2 . Bo jak wiadomo nieobciążony dzielnik napięcie daje napięcie równe

$$U_{yw} = [R_2 / (R_1 + R_2)] * U_{we} = 1V.$$

Z prawa Ohma

$$R_1 + R_2 = E_C / I_d$$

$$R_1 + R_2 = 12V / 600\mu A = 20k\Omega$$

dodatkowo

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

$$U_{R2} = U_{BE} + U_E \quad \text{Ube – jest zawsze w granicach 0,6-0,7V – teoria w google na hasło „tranzystor Ube” 😊}$$

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

zatem

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

$$R_2 = (3,1V * 20k\Omega) / 12V \quad \text{a więc:}$$

$$R_2 = 5,2k\Omega$$

$$R_1 = 20k\Omega - 5,2k\Omega \quad \text{a więc:}$$

$$R_1 = 14,8k\Omega$$

Obliczam rezystancję r_{WE}

Obliczam współczynnik wzmocnienia β

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

$$\beta = 6mA / 60\mu A = 100 \text{ a/a}$$

Obliczam rezystancję wejściową tranzystora (h_{11e})

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

W Polsce przyjmuje się potencjał elektrokinetyczny ok. 25 mV (dla $T = 293 \text{ K}$ tj. 20°C). Czasami może prowadzić to do rozbieżności w wynikach, szczególnie w konfrontacji z wartościami obliczonymi za pomocą oprogramowania analizującego obwody (programy zazwyczaj wpisane mają jako domyślną temperaturę $T = 300 \text{ K}$).

Nadmieniam tylko że:

$$U_T = \frac{kT}{q} \quad \text{gdzie } q - \text{ładunek elektronu, } T - \text{temperatura (w Kelwinach), } k - \text{stała Boltzmana}$$

Potencjał być musi – jak się nie umieści teorii to z tego pytają. A jak wiadomo jest to przejebane 😊

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

$$h_{11e} = 26 \text{mA} / 60 \mu\text{A} = 520 \Omega$$

Obliczam rezystancję r_{we}

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

$$r_{we} = (R_B * h_{11e}) / (R_B + h_{11e}),$$

gdzie :

$$R_B = (R_1 * R_2) / (R_1 + R_2) = (14,8 \text{k}\Omega * 5,2 \text{k}\Omega) / (14,8 \text{k}\Omega + 5,2 \text{k}\Omega) = 3,84 \text{k}\Omega$$

więc :

$$r_{we} = (3,84 \text{k}\Omega * 0,52 \text{k}\Omega) / (3,84 \text{k}\Omega + 0,52 \text{k}\Omega) = 243 \Omega$$

$$r_{we} = 243 \Omega$$

Obliczam pojemności C_1 , C_2 i C_E

Pojemności C_1 , C_2 i C_E tworzą filtry dolnoprzepustowe

Obliczam C_1

$$f_d = 1 / (2 * \pi * R_{C1} * C_1)$$

gdzie $R_{C1} = R_g + r_{we}$

$$R_{C1} = 4,7 \text{k}\Omega + 243 \Omega = 4,94 \text{k}\Omega$$

$$C_1 = 1 / (2 * 3,14 * 4,94 \text{k}\Omega * 15 \text{Hz}) = 2,1 \mu\text{F}$$

Obliczam C_2

$$f_d = 1 / (2 * \pi * R_{C2} * C_2)$$

gdzie $R_{C2} = R_c + R_0$

$$R_{C2} = 990 \Omega + 12 \text{k}\Omega = 12,99 \text{k}\Omega$$

$$C_2 = 1 / (2 * 3,14 * 12,99 \text{k}\Omega * 15 \text{Hz}) = 0,8 \mu\text{F}$$

Obliczam C_E

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

$$C_E = 101 / [2 * 3,14 * 15 \text{Hz} * (4,7 \text{k}\Omega + 520 \Omega)] = 205 \mu\text{F}$$

Obliczam rezystancję r_{wy}

$$r_{wy} \approx R_c = 990 \Omega$$

Obliczam k_u i k_i

$$k_u = (R_c * R_0) / (R_c + R_0) * \beta * (1 / h_{11e}) = (990 \Omega * 12 \text{k}\Omega) / (990 \Omega + 12 \text{k}\Omega) * 100 * (1 / 520 \Omega) = 175,87 \text{V/V}$$

$$k_i = [R_c / (R_c + R_0)] * \beta * [R_B / (R_B + h_{11e})] = [990 \Omega / (990 \Omega + 12 \text{k}\Omega)] * 100 * [3,84 \text{k}\Omega / (3,84 \text{k}\Omega + 520 \Omega)] = 6,66 \text{A/A}$$

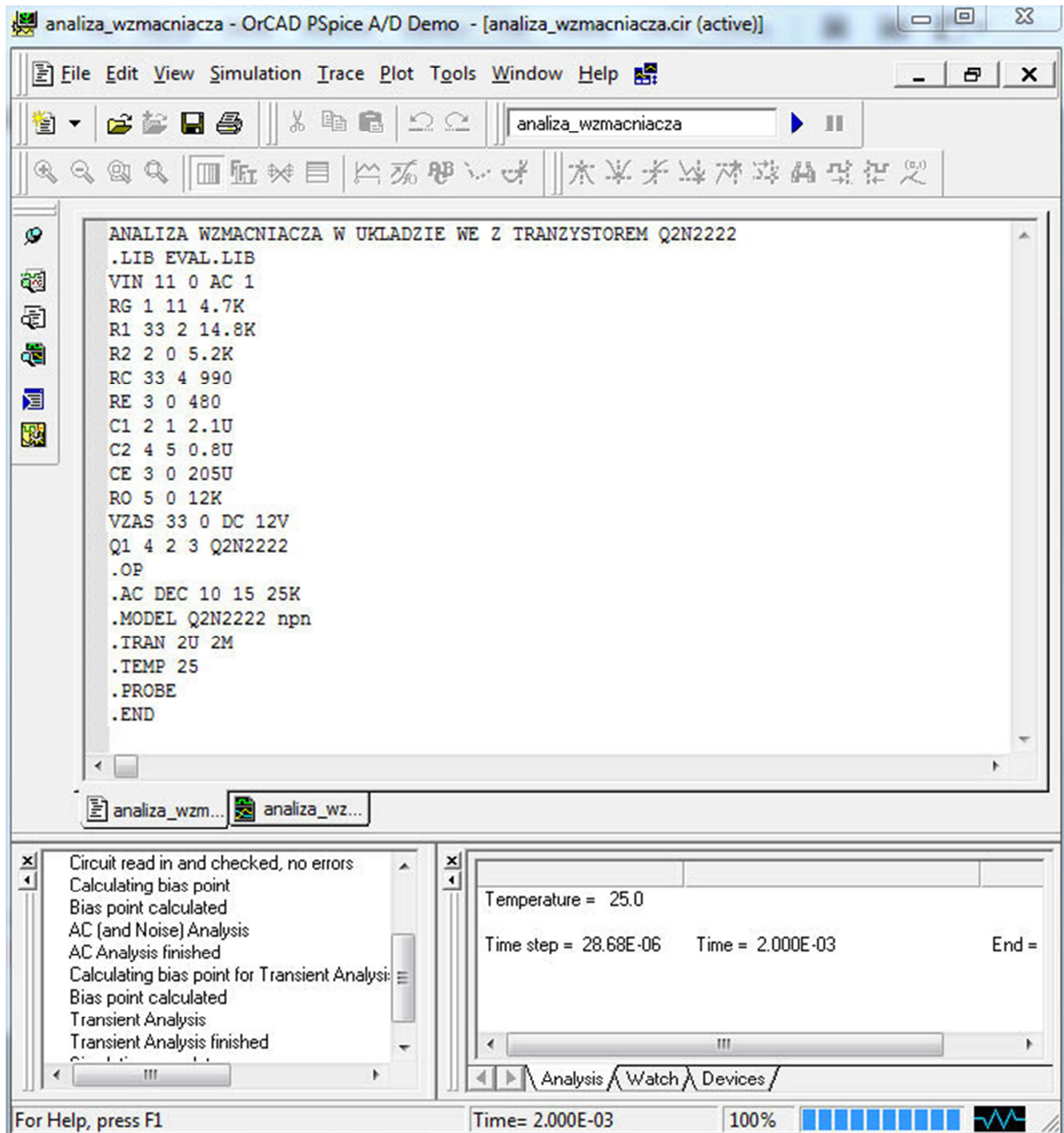
Podsumowanie obliczonych wartości:

$R_1=14,8 \text{ k}\Omega$; $R_2=5,2 \text{ k}\Omega$; $R_C=990 \Omega$; $R_E=480 \Omega$; $R_{C1}= 4,94 \text{ k}\Omega$; $R_{C2}=12,99 \text{ k}\Omega$;
 $C_1=2,1 \mu\text{F}$; $C_2=0,8 \mu\text{F}$; $C_E=205 \mu\text{F}$; $K_u=175,87 \text{ V/V}$; $K_i=6,66 \text{ A/A}$;
 $r_{WE}=243 \Omega$; $r_{WV}=990 \Omega$

Zadanie 3

Wprowadzenie i przetestowanie obliczonych danych z użyciem programu PSpice. **Wyniki z zad2 wbijamy do PSpice**

Implementacja na konsoli w PSpice



Wyniki w pliki wyjściowym *.out po wykonanej analizie

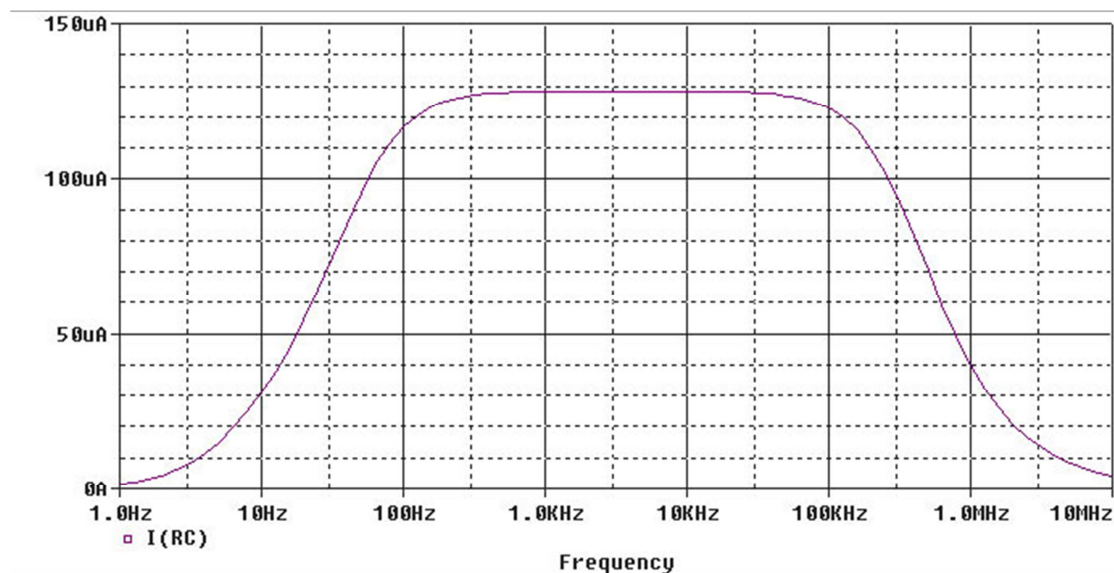
```
NAME    Q1
MODEL   Q2N2222
IB      4.40E-05
IC      4.40E-03
VBE     8.15E-01
```

VBC -4.69E+00
VCE 5.50E+00
BETADC 1.00E+02
GM 1.71E-01
RPI 5.83E+02
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 2.73E+18

Charakterystyki

Można zrobić charakterystyki wszystkiego tak naprawdę – wtedy mamy 8/10pkt. Aby uzyskać 10/10 trzeba umieścić tą charakterystykę i zrobić małą zmianę w schemacie (zostawiam dla naprawdę ambitnych – którzy dadzą radę się obronić ☺)

Tą charakterystykę uzyskuje się po dostawieniu dwóch cewek – patrząc na R0 – po prawej na górze(WY) i na dole.



Bibliografia

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 Chacioski, WSIP, 1980, Warszawa
4. Forum poświęcone elektronice www.elektroda.pl
5. Materiały źródłowe dla studentów Akademii Górniczo Hutniczej na stronie internetowej <http://home.agh.edu.pl>
6. Pomoce dydaktyczne Massachusetts Institute of Technology – Wydział Informatyki