



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ

Τομέας Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής και Συστημάτων
Πληροφορικής

Εργαστήριο Ηλεκτρονικής

Ηλεκτρονική Ι

4^ο Εξάμηνο, Ακαδημαϊκό Έτος 2019-2020

2^η Σειρά Ασκήσεων

Αναπληρωτής Καθ. Παύλος-Πέτρος Σωτηριάδης

16 Απριλίου 2020

Μελέτη: Κεφάλαιο 6 από την 7^η έκδοση του βιβλίου Sedra-Smith (εκτός από το 6.4)

Διευκρινίσεις:

- Οι ασκήσεις είναι ατομικές και παραδίδονται **μόνο ηλεκτρονικά** στη σελίδα του μαθήματος στο mycourses, έως και την Παρασκευή, **1 Μαΐου 2020**. Η μορφή του αρχείου να είναι **PDF**
- Κάθε επιστημονικά τεκμηριωμένη λύση θα θεωρηθεί ορθή.
- Για όσες ασκήσεις χρειάζονται προσομοίωση στο LT Spice (**S**), να συμπεριληφθούν οι κατάλληλες γραφικές παραστάσεις (είτε απευθείας από το spice, είτε με τη μεταφορά δεδομένων σε script python/ matlab)
- Όλες οι ασκήσεις της σειράς βαθμολογούνται **ισοδύναμα**
- Ορθή επίλυση **όλων των σειρών** ασκήσεων που θα δοθούν μέσα στο εξάμηνο προσδίδει βαθμολογικό **bonus** ως και **1** μονάδα στον τελικό βαθμό

Άσκηση 1

Από την 7^η έκδοση του βιβλίου των Sedra & Smith: Πρόβλημα 6.3

6.3 In a particular technology, a small BJT operating at $v_{BE} = 30V_T$ conducts a collector current of $200\ \mu\text{A}$. What is the corresponding saturation current? For a transistor in the same technology but with an emitter junction that is 32 times larger, what is the saturation current? What current will this transistor conduct at $v_{BE} = 30V_T$? What is the base-emitter voltage of the latter transistor at $i_C = 1\ \text{mA}$? Assume active-mode operation in all cases.

Άσκηση 2

Πρόβλημα 6.4

6.4 Two transistors have EBJ areas as follows: $A_{E1} = 200\ \mu\text{m} \times 200\ \mu\text{m}$ and $A_{E2} = 0.4\ \mu\text{m} \times 0.4\ \mu\text{m}$. If the two transistors are operated in the active mode and conduct equal collector currents, what do you expect the difference in their v_{BE} values to be?

Άσκηση 3

Πρόβλημα 6.16

6.16 When operated in the active mode, a particular *npn* BJT conducts a collector current of $1\ \text{mA}$ and has $v_{BE} = 0.70\ \text{V}$ and $i_B = 10\ \mu\text{A}$. Use these data to create specific transistor models of the form shown in Fig. 6.5(a) to (d).

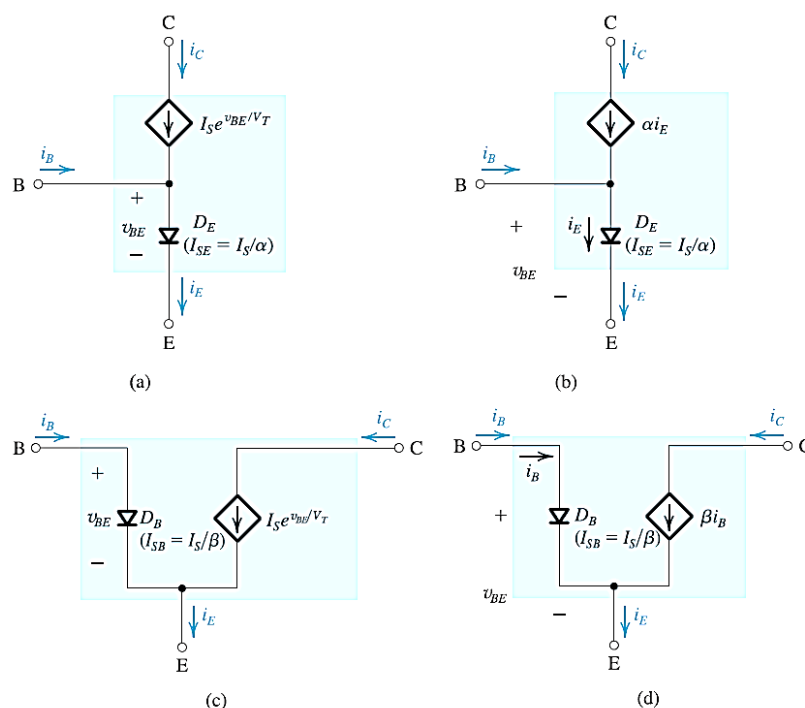


Figure 6.5 Large-signal equivalent-circuit models of the *npn* BJT operating in the forward active mode.

Άσκηση 4

Πρόβλημα 6.17

6.17 Using the *npn* transistor model of Fig. 6.5(b), consider the case of a transistor for which the base is connected to ground, the collector is connected to a 5-V dc source through a 2-k Ω resistor, and a 2-mA current source is connected to the emitter with the polarity so that current is drawn out of the emitter terminal. If $\beta = 100$ and $I_S = 5 \times 10^{-15}$ A, find the voltages at the emitter and the collector and calculate the base current.

Άσκηση 5

Πρόβλημα 6.28

6.28 For the circuits in Fig. P6.28, assume that the transistors have very large β . Some measurements have been made on these circuits, with the results indicated in the figure. Find the values of the other labeled voltages and currents.

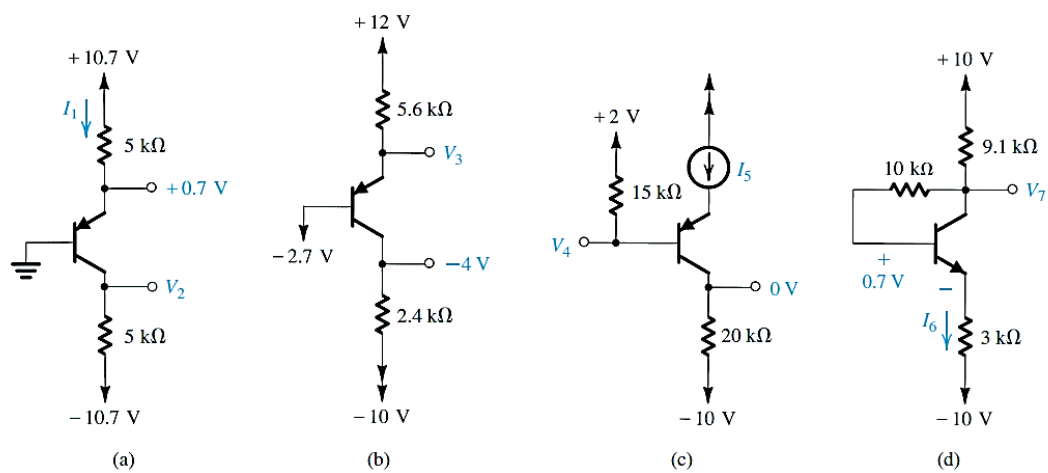


Figure P6.28

Άσκηση 6

Πρόβλημα 6.29

6.29 Measurements on the circuits of Fig. P6.29 produce labeled voltages as indicated. Find the value of β for each transistor.

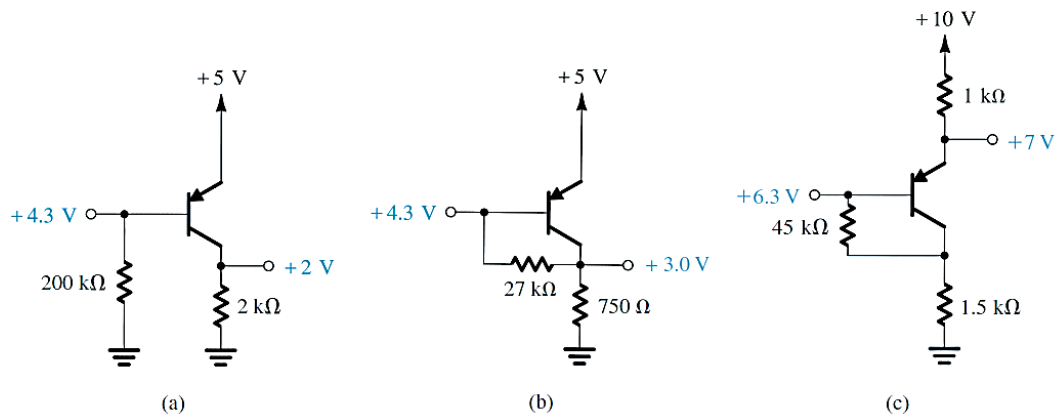


Figure P6.29

Άσκηση 7

Πρόβλημα 6.32

D 6.32 Design the circuit in Fig. P6.32 to establish a current of 0.5 mA in the emitter and a voltage of -0.5 V at the collector. The transistor $v_{EB} = 0.64$ V at $I_E = 0.1$ mA, and $\beta = 100$. To what value can R_C be increased while the collector current remains unchanged?

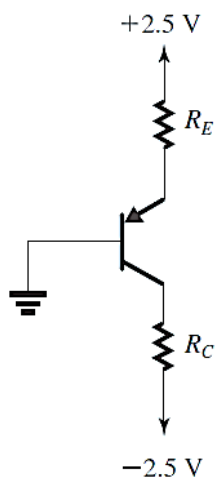


Figure P6.32

Άσκηση 8

Πρόβλημα 6.35

6.35 For each of the circuits shown in Fig. P6.35, find the emitter, base, and collector voltages and currents. Use $\beta = 50$, but assume $|V_{BE}| = 0.8 \text{ V}$ independent of current level.

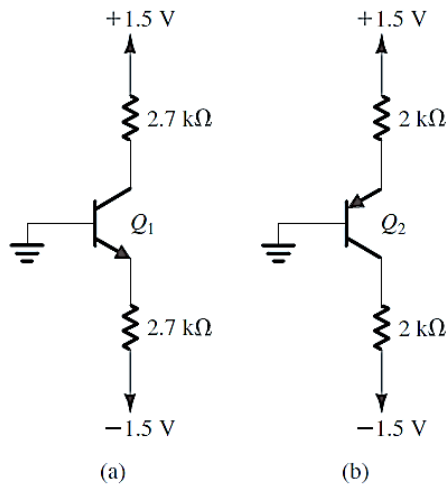


Figure P6.35

Άσκηση 9

Πρόβλημα 6.39

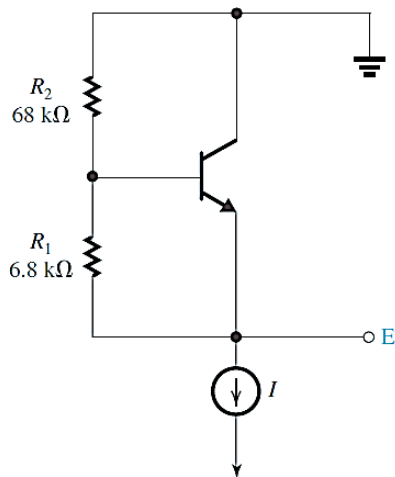
6.39 A particular *pn*p transistor operating at an emitter current of 0.5 mA at 20°C has an emitter–base voltage of 692 mV.

- What does v_{EB} become if the junction temperature rises to 50°C?
- If the transistor is operated at a fixed emitter–base voltage of 700 mV, what emitter current flows at 20°C? At 50°C?

Άσκηση 10

Πρόβλημα 6.42

***6.42** In the circuit shown in Fig. P6.42, current source I is 1.1 mA, and at 25°C $v_{BE} = 680\text{ mV}$ at $i_E = 1\text{ mA}$. At 25°C with $\beta = 100$, what currents flow in R_1 and R_2 ? What voltage would you expect at node E? Noting that the temperature coefficient of v_{BE} for I_E constant is $-2\text{ mV}/^\circ\text{C}$, what is the TC of v_E ? For an ambient temperature of 75°C , what voltage would you expect at node E? Clearly state any simplifying assumptions you make.



Άσκηση 11

Πρόβλημα 6.52

6.52 The transistor in the circuit of Fig. P6.51 has a very high β . Find the highest value of V_B for which the transistor still operates in the active mode. Also, find the value of V_B for which the transistor operates in saturation with a forced β of 2.

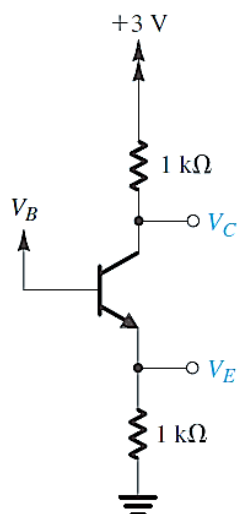


Figure P6.51

Άσκηση 12

Πρόβλημα 6.59

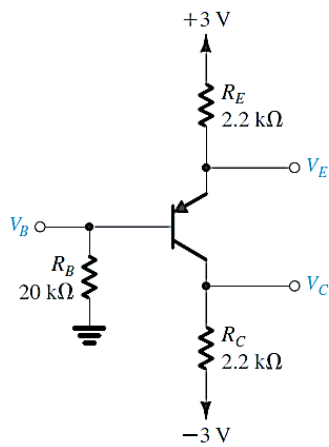


Figure P6.58

6.59 In the circuit shown in Fig. P6.58, the transistor has $\beta = 50$. Find the values of V_B , V_E , and V_C , and verify that the transistor is operating in the active mode. What is the largest value that R_C can have while the transistor remains in the active mode?

Άσκηση 13

Πρόβλημα 6.61

6.61 For the circuits in Fig. P6.61, find values for the labeled node voltages and branch currents. Assume β to be very high.

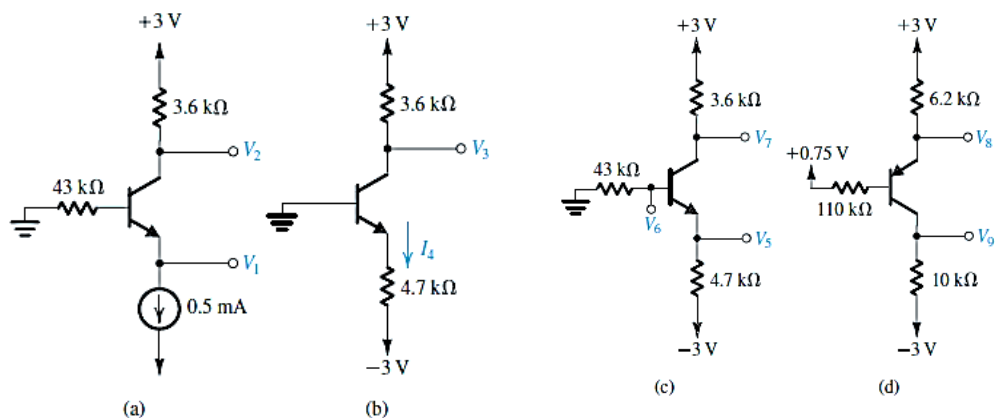


Figure P6.61

Άσκηση 14 S

A. Πρόβλημα 6.66

*6.66 For the circuit shown in Fig. P6.66, find the labeled node voltages for:

- (a) $\beta = \infty$
- (b) $\beta = 100$

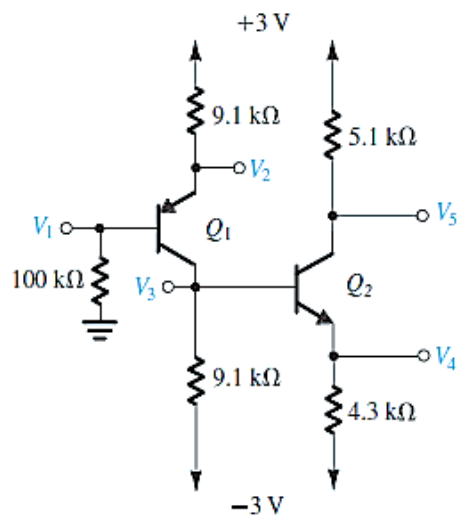


Figure P6.66

B. Εκτελέστε .op προσομοίωση στο LT Spice για το παραπάνω κύκλωμα. Για το NPN χρησιμοποιήστε το 2N2222 και για το PNP το 2N2907. Συμπεριλάβετε στις απαντήσεις εικόνα της προσομοίωσης με τις αναγραφόμενες τιμές των τάσεων V1-V5, ή το κύκλωμα με τον πίνακα που βγάζει το αποτέλεσμα της προσομοίωσης δίπλα.

Άσκηση 15

Πρόβλημα 6.67 (δεν απαιτείται το βήμα με το Appendix J).

D *6.67 Using $\beta = \infty$, design the circuit shown in Fig. P6.67 so that the emitter currents of Q_1 , Q_2 , and Q_3 are 0.5 mA, 0.5 mA, and 1 mA, respectively, and $V_3 = 0$, $V_5 = -2$ V, and $V_7 = 1$ V. For each resistor, select the nearest standard value utilizing the table of standard values for 5% resistors in Appendix J. Now, for $\beta = 100$, find the values of V_3 , V_4 , V_5 , V_6 , and V_7 .

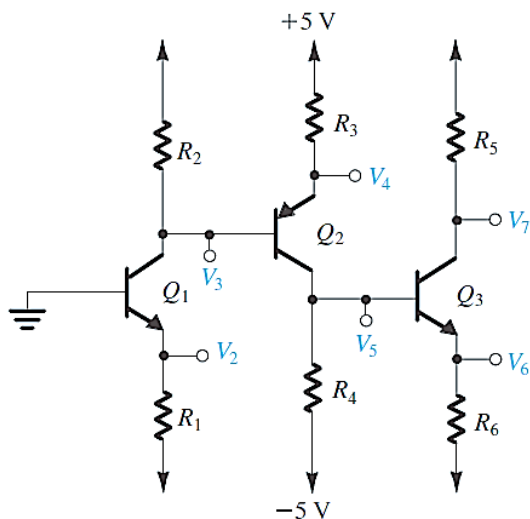


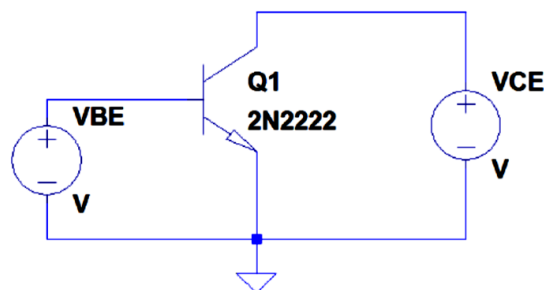
Figure P6.67

Άσκηση 16 S

Στο παρακάτω κύκλωμα (ηρη τρανζίστορ 2N2222), δίνονται οι ακόλουθες ενδεικτικές τιμές $V_{BE} = 0.8$ V και $V_{CE} = 10$ V. Αφού το σχεδιάσετε στο LT Spice:

A. Σχεδιάστε την καμπύλη I_C ως προς V_{BE} , μεταβάλλοντας το V_{BE} από 0 μέχρι 0.8 V με βήμα 0.01 V. Τί παρατηρείτε;

B. Σχεδιάστε την καμπύλη I_C ως προς V_{CE} , μεταβάλλοντας το V_{CE} από 0 μέχρι 10 V με βήμα 0.01 V, για $V_{BE} = 0.6$, 0.7 και 0.8 V. Τί παρατηρείτε;



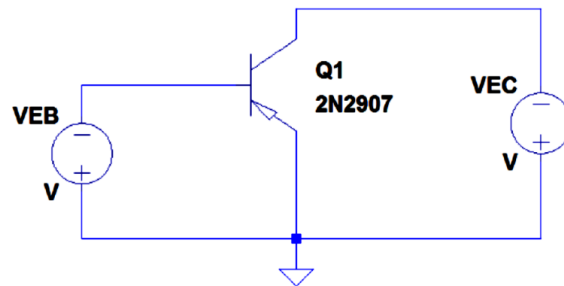
Άσκηση 17 S

Σχεδιάστε στο LTSPICE το παρακάτω κύκλωμα (ρηρ τρανζίστορ 2N2907).

Ενδεικτικές τιμές $V_{EB} = 0.8\text{ V}$ και $V_{EC} = 10\text{ V}$

A. Σχεδιάστε την καμπύλη I_C ως προς V_{EB} , μεταβάλλοντας το V_{EB} από 0 μέχρι 0.8 V με βήμα 0.01 V. Τί παρατηρείτε;

B. Σχεδιάστε την καμπύλη I_C ως προς V_{EC} , μεταβάλλοντας το V_{EC} από 0 μέχρι 10 V με βήμα 0.01 V, για $V_{EB} = 0.6, 0.7$ και 0.8 V. Τί παρατηρείτε;

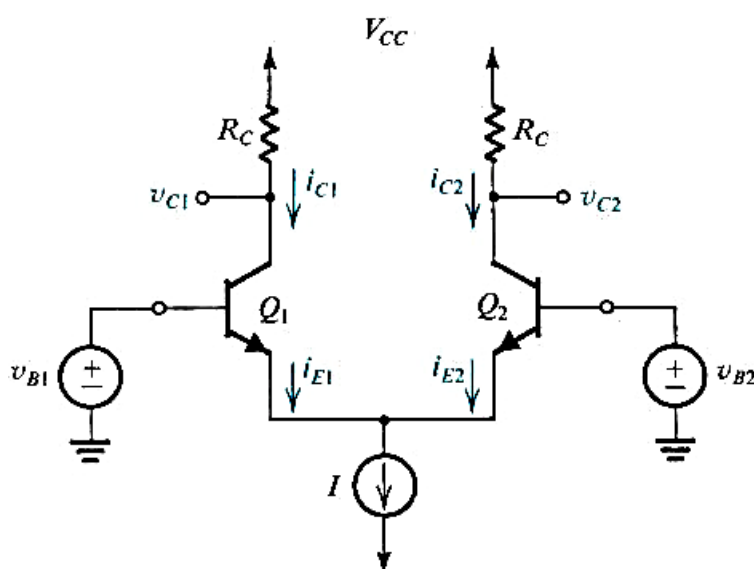


Άσκηση 18 S

Για το διαφορικό ζεύγος του παρακάτω σχήματος με BJT τρανζίστορ δίνονται $V_T = 25 \text{ mV}$. Χρησιμοποιώντας το εκθετικό μοντέλο Μεγάλου σήματος (βλ. Σχήμα 6.5 βιβλίο) (και αγνοώντας το φαινόμενο Early) βρείτε τις εκφράσεις για τα ρεύματα i_{C1} , i_{C2} καθώς και για το λόγο i_{C1}/i_{C2} ως συνάρτηση της διαφοράς των τάσεων στις βάσεις $u_{B1}-u_{B2}$. Στη συνέχεια εκφράστε την **διαφορά $i_{C1}-i_{C2}$** ως συνάρτηση f της διαφοράς τάσης **$u_{B1}-u_{B2}$** .

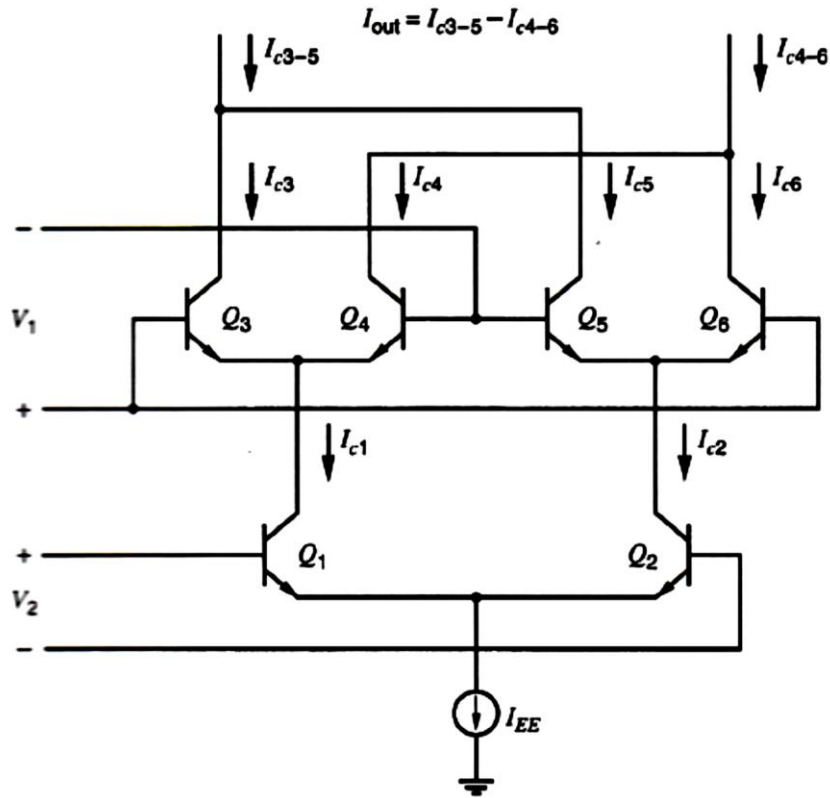
- Βρείτε την τιμή του διαφορικού σήματος εισόδου $u_{B1}-u_{B2}$ η οποία επαρκεί για να προκαλέσει ρεύμα $i_{E1}=0.99 \cdot I$.
- Θέτοντας $u_{B2}=0$ και μεταβάλλοντας την u_{B1} από $-10V_T$ μέχρι $+10V_T$ σχεδιάστε στο LTSPICE την τάση $u_{C2}-u_{C1}$.
- Για την σχεδίαση στο LTSPICE επιλέξετε $V_{CC}=10V$, $I=2mA$, $R_C=2k\Omega$.

Χρησιμοποιείτε το μοντέλο 2N2222 για το BJT τρανζίστορ.



Άσκηση 19

Θεωρώντας δεδομένα τα V_T , β , I_s των τρανζιστορς (όλα ίδια) καθώς και τα I_{EE} , V_1 , V_2 , και χρησιμοποιώντας το εκθετικό μοντέλο Μεγάλου σήματος (σχήμα 6.5 βιβλίου, χωρίς φαινόμενο Early) καθώς και υποβοηθούμενοι από το αποτέλεσμα της προηγούμενης άσκησης, βρείτε εκφράσεις (ως συνάρτηση των I_{EE} , V_T , V_1 , V_2) για τα ρεύματα I_{C1} , I_{C2} , I_{C3} , I_{C4} , I_{C5} , I_{C6} και για τη διαφορά $\Delta I = I_{C3} + I_{C5} - (I_{C6} + I_{C4})$.



Σας ευχόμαστε καλό Πάσχα