

# astabilno kolo realizovano pomoću dva tranzistora

2 moda rada tranzistora: kao prekidač i kao pojačavač

U ovom zadatku koristimo tranzistor kao prekidač da proizvedemo oscilacije.

Kada tranzistor radi kao prekidač, forsira se rad u saturaciji što simulira zatvoren prekidač, i u zakočenju, što simulira otvoren prekidač.

Napon zatvorenog idealnog prekidača 0 V, a kod realnog tranzistora  $V_{CES}=0.2V$

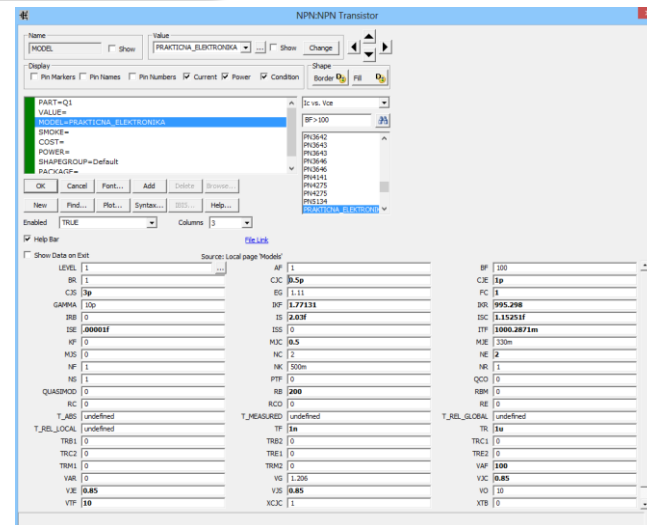
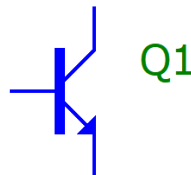
Struja otvorenog idealnog prekidača: 0 A, a kod realnog tranzistora ima mala struja curenja, reda  $\sim nA$

# Model NPN tranzistora

Odabrati generički model BC547 (ili kreirati novi model tranzistora sa sledećim parametrima) :

Ukoliko kreiramo novi model:

Model name: PRAKTICNA ELEKTRONIKA



.MODEL PRAKTICNA\_ELEKTRONIKA NPN (BF=100 BR=1 CJC=0.5p CJE=1p CJS=3p FC=1 IKF=1.77131  
+ IKR=995.298 IS=2.03f ISC=1.15251f ISE=.00001f ITF=1000.2871m MJC=0.5  
+ NE=2 RB=200 TF=1n TR=1u VAF=100 VJC=0.85 VJE=0.85 VJS=0.85 VTF=10  
+ XTF=500.021m)

# Opis modela NPN tranzistora

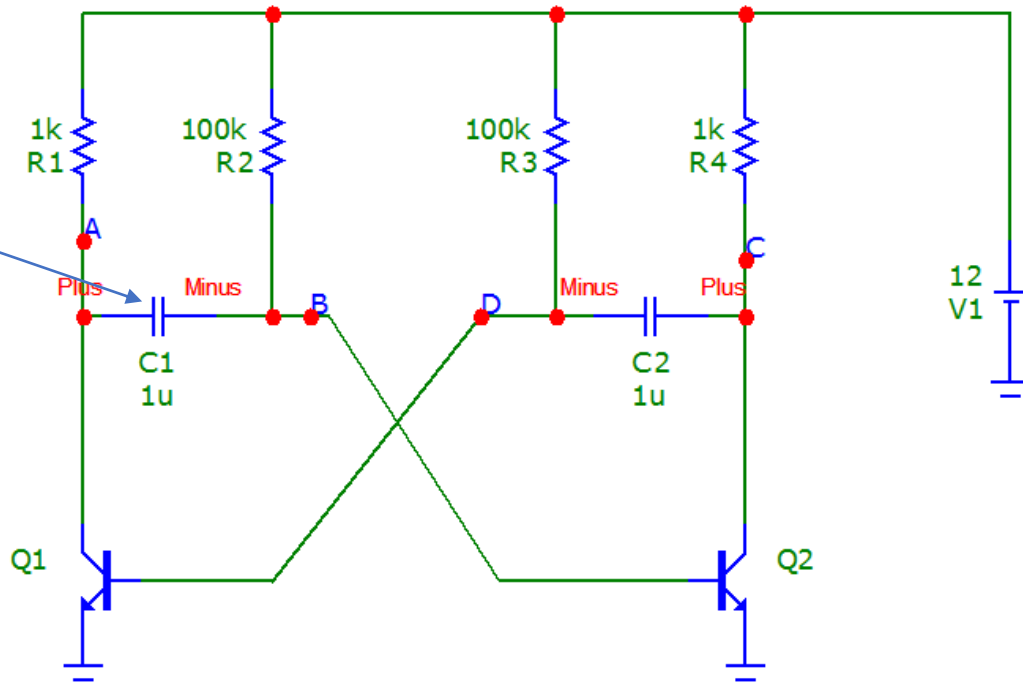
The screenshot displays a circuit simulation software interface. The top menu bar includes File, Edit, Component, Windows, Options, Analysis, Design, Model, and Help. Below the menu is a toolbar with various icons for file operations, editing, and simulation. On the left side, there is a 'Browse' panel with a search bar and a 'Favorites' section. Below this is a small schematic diagram of an NPN transistor with labels for Collector, Base, and Emitter. The main workspace shows a model definition for an NPN transistor:

```
.MODEL PRAKICNA_ELEKTRONIKA NPN (BF=100 BR=1 CJC=0.5p CJE=1p CJS=3p FC=1 IKF=1.77131  
+ IKR=995.298 IS=2.03f ISC=1.15251f ISE=.00001f ITF=1000.2871m MJC=0.5  
+ NE=2 RB=200 TF=1n TR=1u VAF=100 VJC=0.85 VJE=0.85 VJS=0.85 VTF=10  
+ XTF=500.021m)
```

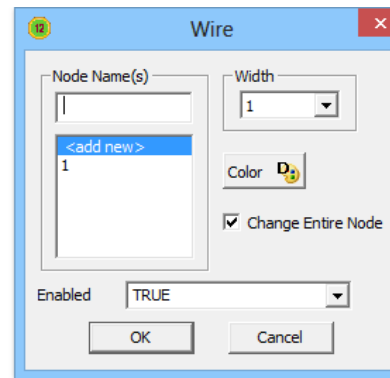
Two blue arrows point from the model definition to the 'Models' tab in the bottom status bar. The 'Models' tab is circled in red. The left sidebar shows a tree view of components, including Analog Primitives (271), Passive Components, Active Devices (21), Thermal (Self Heat), NPN, PNP, NMOS, PMOS, DNMOS, DPMOS, NUFET, PJFET, Opamp, GaAsFET, NPN4, PNP4, IGBT, Waveform Sources (14), Function Sources (6), Laplace Sources (8), Z Transform Sources, Dependent Sources (8), Macros (52), Subckts (12), Connectors (7), SMPS (88), Special Purpose (10), N-Port (4), Modulators (8), IBIS (4), and Switched Capacitor (3). The bottom status bar shows the text 'astabilno kolo BJT.cir' and the 'Models' tab is selected.

# Model realnog kola sa NPN tranzistorima u ulozi oscilatora

Napomena: obratiti pažnju na Polaritet kondenzatora C1 i C2



Čvorove A, B, C i D dodajemo tako što kliknemo dupli klik na žicu i upišemo naziv čvora...



# Kako označiti da polaritet bude vidljiv na šematičku

Capacitor

Name: CAPACITANCE ☐ Show Value: 1u ☒ Show

Display: ☐ Pin Markers ☒ Pin Names ☐ Pin Numbers ☒ Current ☒ Power ☒ Condition

Shape: Border  Fill

PART=C1  
CAPACITANCE=1u  
CHARGE=  
FREQ=  
MODEL=  
SMOKE=  
FSV=  
COST=

Impedance vs. F

OK Cancel Font... Add Delete Browse... Combinations

New Find... Plot... Syntax... IBIS... Help... Single

Enabled: TRUE Columns: 3

☒ Help Bar [File Link](#)

☐ Show Data on Exit Source: Local page 'Models'

C	1	LS	undefined	RP	undefined
R5	undefined	T_AB5	undefined	T_MEASURED	undefined
T_REL_GLOBAL	undefined	T_REL_LOCAL	undefined	TC1	0
TC2	0	VC1	0	VC2	0

The attribute name.

# Gruba analiza rada ovakvog kola:

Pretpostavimo da je u početnom trenutku Q1 tranzistor u zakočenju, a da tranzistor Q2 vodi u saturaciji. Tada kondenzator C1 ima obezbeđenu putanju do mase, preko tranzistora Q2.

Na bazi tranzistora Q1 se polako dostiže pozitivno naelektrisanje zbog otpornika R3. U onom trenutku kada se dostigne prag PN spoja na bazi Q1, ovaj tranzistor se uključuje, i „uranja“ pozitivnu elektrodu kondenzatora C1 na napon vrednosti približno GND. Sada zbog efekta sprege, i negativna elektroda kondenzatora C1 se **trenutno povlači** na još negativniju vrednost (odlazi ispod nule za onu vrednost koju je opala pozitivna elektroda umanjenu za 0,7 V). Ovaj efekat momentalno isključuje tranzistor Q2 zbog pojave negativnog napona na njegovoj bazi.

Sada je Q1 uključen, a Q2 je zakočen. Ovaj proces se ponavlja, i ovakvo kolo se naziva i **astabilni multivibrator**, jer imamo oscilacije koje se ponavljaju bez dovođenja novih spoljašnjih triger impulsa...

# Analiza pojedinih elemenata kola

Dva kondenzatora C1 i C2 obezbeđuju negativnu spregu između dva tranzistora: kada jedan tranzistor počne da provodi, ovo sprečava drugi da bude u provodnom stanju.

Bez otpornika R1 i R4 ne bi bilo omogućeno da kolektor odgovarajućeg tranzistora kada on provede izazove odgovarajući pad napona, već bi naprotiv, tranzistor prelazeći u provodni režim, napravio kratak spoj povlačeći VCC ka GND. Ovo ne bi bila dobra ideja.

Otpornici R2 i R3 omogućavaju da tranzistor provede. Bez ova dva otpornika, tranzistori bi uvek bili zakočeni. (proveriti ovu tvrdnju tranzijentnom analizom).

Kada jedan tranzistor krene da provodi, to će prouzrokovati da drugi bude zakočen, i tada će kolektor tog zakočenog tranzistora da poraste na nivo VCC zbog prisustva pull-up otpornika. Ovo će da omogući pražnjenje /punjenje kondenzatora.

# Ograničenja parametara kola

Minimalne vrednosti otpornika R1 i R4 odrediće maksimalne kolektorske struje. Ukoliko se ne vodi računa o ograničenjima struje na kolektorima, ovo može oštetiti / uništiti tranzistore.

R2 i R3 imaju dvojaku funkciju:

Prva je da uključe odgovarajući tranzistor, povezujući bazu tranzistora na pozitivan napon napajanja, limitirajući baznu struju na bezbednu vrednost.

Druga funkcija je da pune kondenzatore, obezbeđujući pozitivan napon na bazi tranzistora. Kada ovaj napon dostigne  $\sim 0.7$  V, uključuje se tranzistor.

Kada se uključi napajanje, jedan od ova dva tranzistora se aktivira prvi i započinje ciklus oscilovanja.



# Analiza trajanja periode oscilacije

Da li će napon na spoju baza – emiter tranzistora Q1 (ili Q2) kada je tranzistor u provodnom stanju preći 0.7 V?

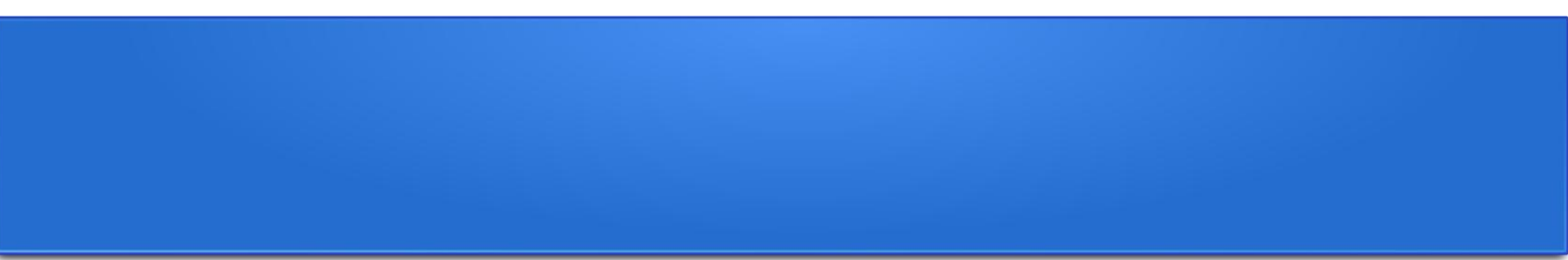
(Spoj baza – emiter u ovakvom stanju ponaša se kao direktno polarisana dioda i on „zadržava“ vrednost napona na  $\sim 0.7$  V.) proveriti ovu tvrdnju analizom u micro cap-u.

Koliko iznosi vremenska konstanta punjenja kojom se kondenzator C1 (C2) puni?  
 $C1 \cdot R2$  ( $C2 \cdot R3$ )

Kada protekne 70% ovog vremena, baza tranzistora Q2 (Q1) dostiže napon direktno polarisanog PN spoja i uključuje tranzistor Q2 (Q1), zadržavajući ovih 0,7V sve do zakočenja tranzistora.

Zaključak: koliko će trajati poluperioda oscilacije pod pretpostavkom da su odabrane identične vrednosti vremenskih konstanti – tj. da je  $C1=C2$  i  $R2=R3$ ?

->  $T1 = C1 \cdot R2 \cdot 70\%$



Budući da se perioda oscilacije sastoji od zbira vremena vođenja tranzistora Q1 i Q2,

$$T = T1 + T2 = C1 * R2 * 70\% + C2 * R3 * 70\%$$

Ukoliko želimo da podesimo nesimetrično trajanje T1 i T2, npr. tako da T1 traje 5xduže od T2, Potrebno je da promenimo vremesnku konstantu....

Kada menjamo parametar vremenske konstante, da li je u ovom slučaju bolje promeniti vrednost Otpornika ili vrednost kondenzatora? I zašto?

(kondenzatora, jer promenom otpornika remetimo baznu struju)

Dakle, C1 promenimo sa 1 uF na 5 uF.

# Tranzijentna analiza kola u programu Micro Cap

Iz padajućeg menija odabrati Analysis -> Transient Analysis

**Transient Analysis Limits**

Buttons: Run, Add, Delete, Expand..., Stepping..., PSS..., Properties..., Help...

Maximum Run Time: 0.25  
Output Start Time (tstart): 0  
Maximum Time Step: 1u  
Number of Points: 51  
Temperature: Linear 27  
Retrace Runs: 1

Run Options: Normal  
State Variables: Zero

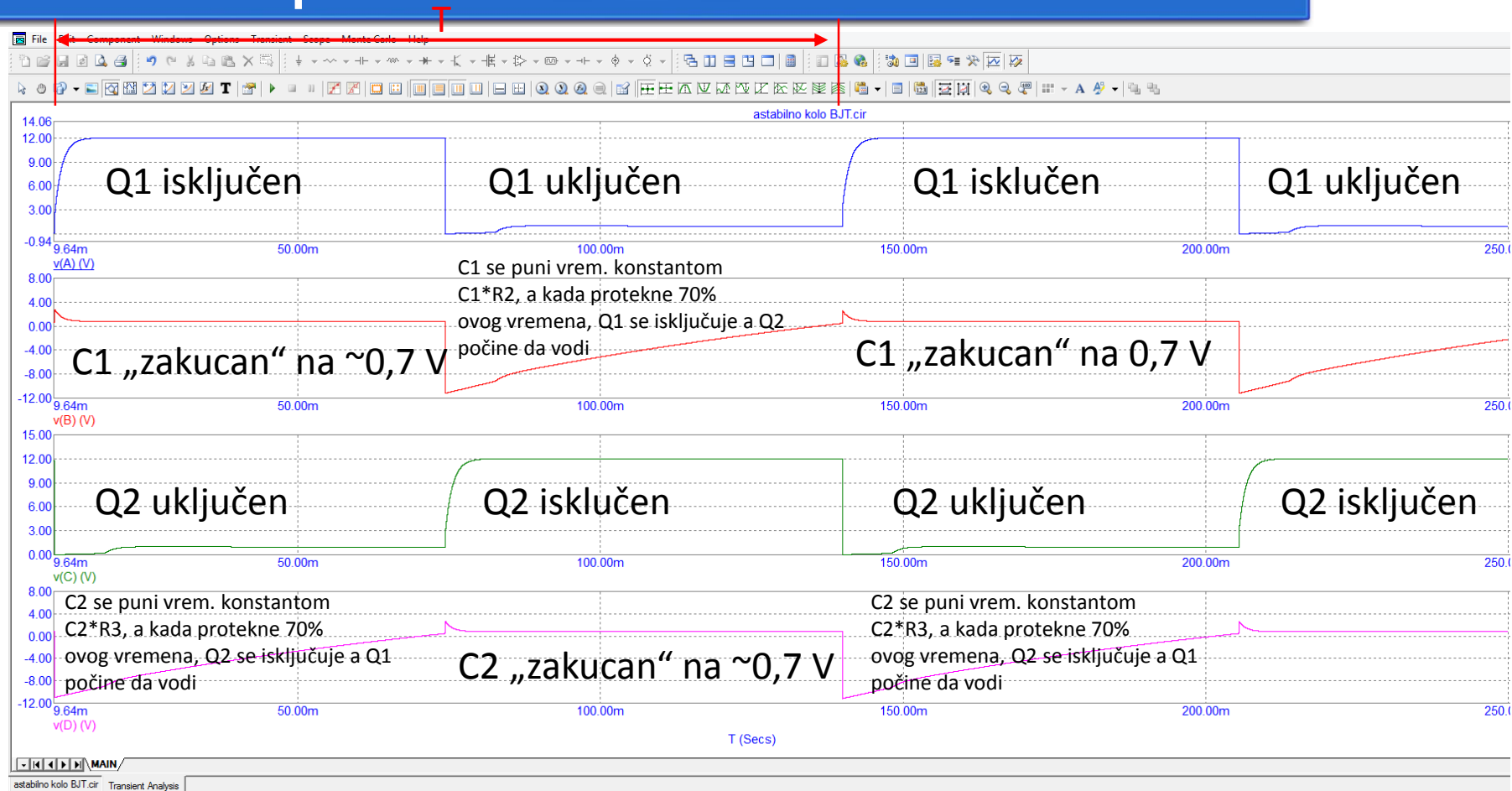
☒ Operating Point ☐ Accumulate Plots  
☐ Operating Point Only ☐ Fixed Time Step  
☒ Auto Scale Ranges ☐ Periodic Steady State

☐ Ignore Expression Errors

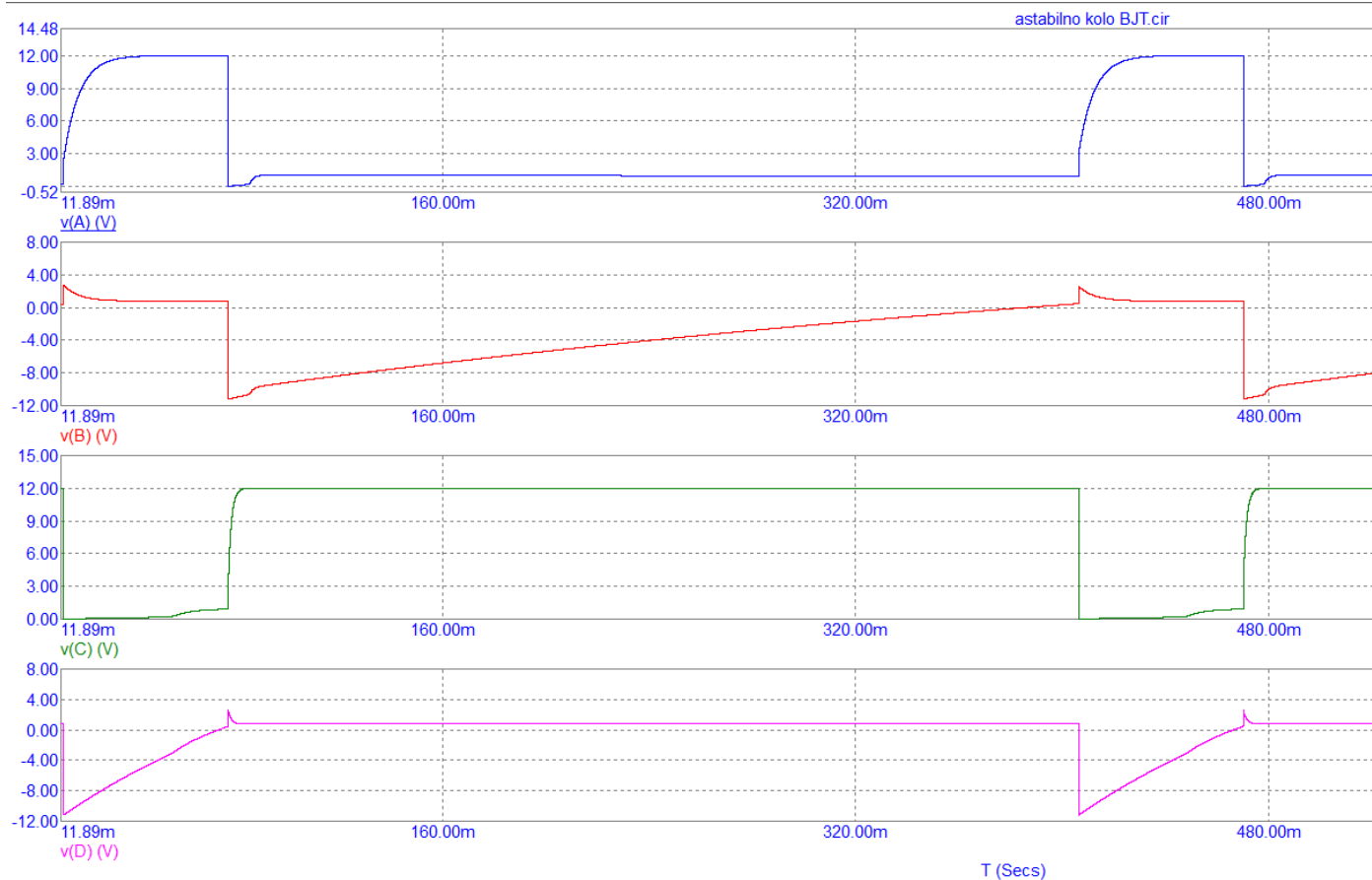
	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range	>
<input checked="" type="checkbox"/>		1	T	v(A)	0.25,0,0.05	15,0,3	
<input checked="" type="checkbox"/>		2	T	v(B)	0.25,0,0.05	8,-12,4	
<input checked="" type="checkbox"/>		3	T	v(C)	0.25,0,0.05	15,0,3	
<input checked="" type="checkbox"/>		4	T	v(D)	0.25,0,0.05	8,-12,4	

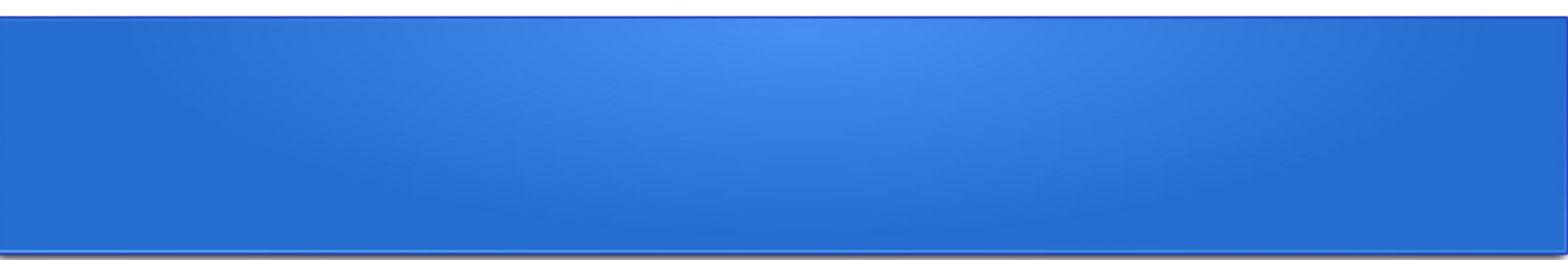
Calculates an operating point in starting the analysis.

# Tranzijentna analiza kola u programu Micro Cap



# Promena C1 na 5uF za nesimetrične oscilacije gde Q1 vodi 5x duže od Q2





Sa stanovišta izlaznih signala ovog kola, možemo uočiti da postoje dva izlaza, koja su invertovana jedan u odnosu na drugi, u zavisnosti da li bирамо излаз sa kolektora Q1 ili Q2.

# Praktično testiranje projekta

Nakon izvršene analize projektnog zadatka, i testiranja u micro cap softveru, potrebno je Proveriti funkcionalnost fizički sklopljene šeme na protobord-u. U ovom primeru su dodati LED indikatori na kolektore tranzistora kako bi se vizuelno prikazala promena stanja na tranzistorima Q1 Q2. Takođe, prikazan je signal sa kolektora Q1 tranzistora (jedan od dva izlazna signala) na osciloskopu.

Video:

