



ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET U BEOGRADU
ODSEK ZA ELEKTRONIKU

OSNOVI ELEKTRONIKE
SVI ODSECI OSIM ODSEKA ZA ELEKTRONIKU
LABORATORIJSKE VEŽBE

VEŽBA BROJ 6
PRECIZNI USMERAČ I POJAČAVAČ U KLASI B

Autori: Radivoje Đurić, Goran Savić i Milan Prokin

IME I PREZIME	BR. INDEKSA	GRUPA	OCENA
1.			
2.			

DATUM _____

VREME _____

DEŽURNI U LABORATORIJU _____

VEŽBA BR. 6

PRECIZNI USMERAČ I POJAČAVAČ U KLASI B

A. OPIS VEŽBE

Koriste se šeme usmerača i pojačavača prikazane na slikama 1a, 2a, 3a i 4a. Kolo se napaja iz dve baterije za napajanje $V_{CC} = 12\text{ V}$ i $V_{EE} = -12\text{ V}$, koje treba priključiti na univerzalnu radnu ploču (protobord).

Pri snimanju prenosnih karakteristika i izlaznog napona, na ulaz pojačavača se dovodi prostoperiodični napon iz signal generatora, koga takođe treba priključiti na protobord.

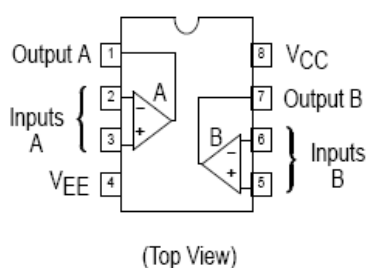
Merenje jednosmernih i promenljivih napona obavlja se pomoću osciloskopa. Za merenje prenosnih karakteristika koristi se osciloskop u modu prikazivanja XY.

B. POTREBAN PRIBOR, INSTRUMENTI I MATERIJAL

- dve baterije za napajanje od 12V
- osciloskop
- signal generator
- univerzalna radna ploča
- integrisano kolo MC1458
- diode $1N4148 \times 2$
- NPN bipolarni tranzistor BC337
- PNP bipolarni tranzistor BC327
- otpornici tolerancije 1% i snage 0,25 W vrednosti $10\text{ k}\Omega \times 4$.

C. INTEGRISANO KOLO MC1458, NPN TRANZISTOR BC337 I PNP TRANZISTOR BC327

PIN CONNECTIONS



Na slici 1 prikazan je raspored priključaka integrisanog kola MC1458 sa dva operaciona pojačavača.

U prilogu su date karakteristike ovog integrisanog kola.

Slika 1 Raspored priključaka integrisanog kola MC1458



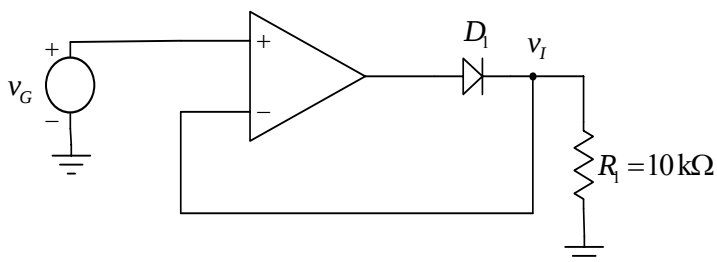
Na slici 2 prikazan je raspored priključaka NPN bipolarnog tranzistora BC337 i PNP bipolarnog tranzistora BC327.

U prilogu su date njihove karakteristike.

Slika 2 Raspored priključaka NPN tranzistora BC337 i PNP tranzistora BC327

D. ZADATAK

1. PRECIZNI USMERAČ SA JEDNOM DIODOM



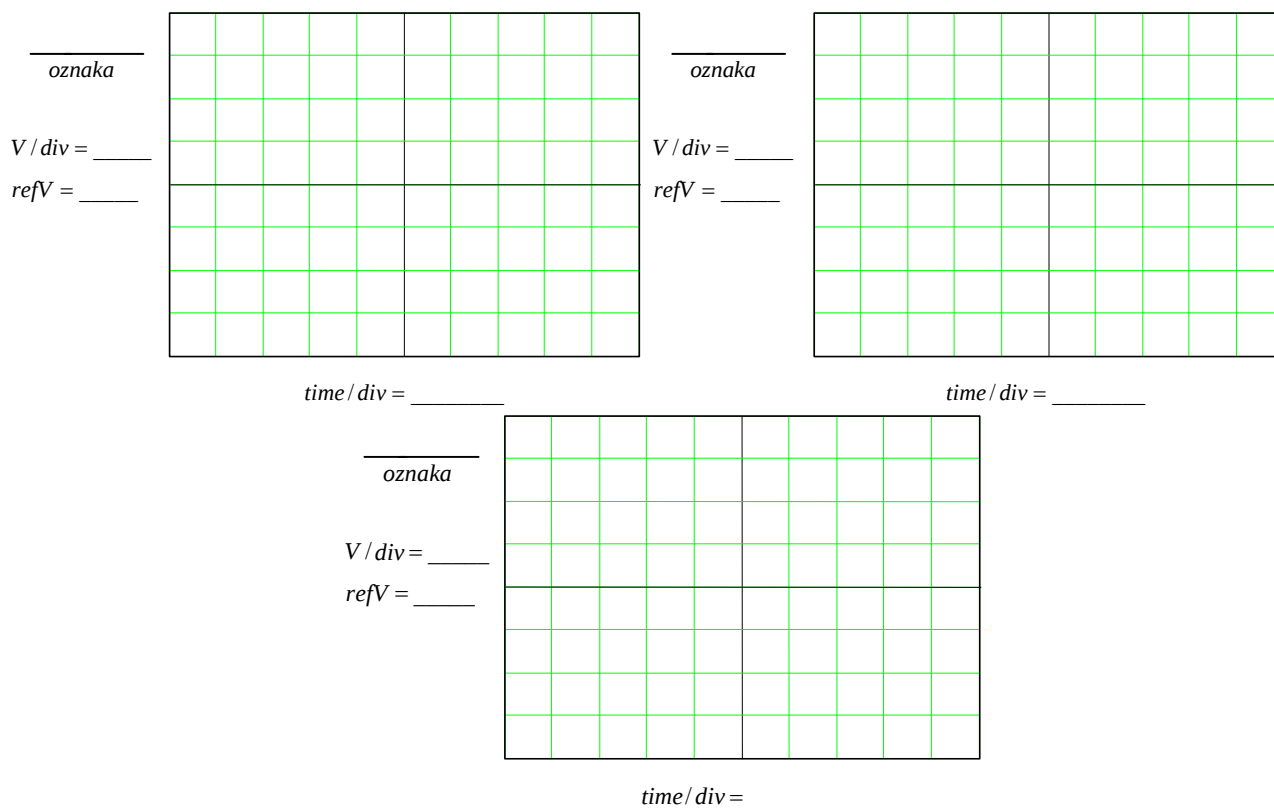
Merenje se obavlja pomoću kola sa slike 1a. Pre merenja je potrebno izvesti vezu, koja definiše zavisnost izlaznog napona od napona na ulazu preciznog usmerača sa jednom diodom

$$v_I = \begin{cases} v_G, & v_G \geq 0 \\ 0, & v_G \leq 0 \end{cases}$$

Slika 1a Precizni usmerač sa jednom diodom

Postupak pri merenju

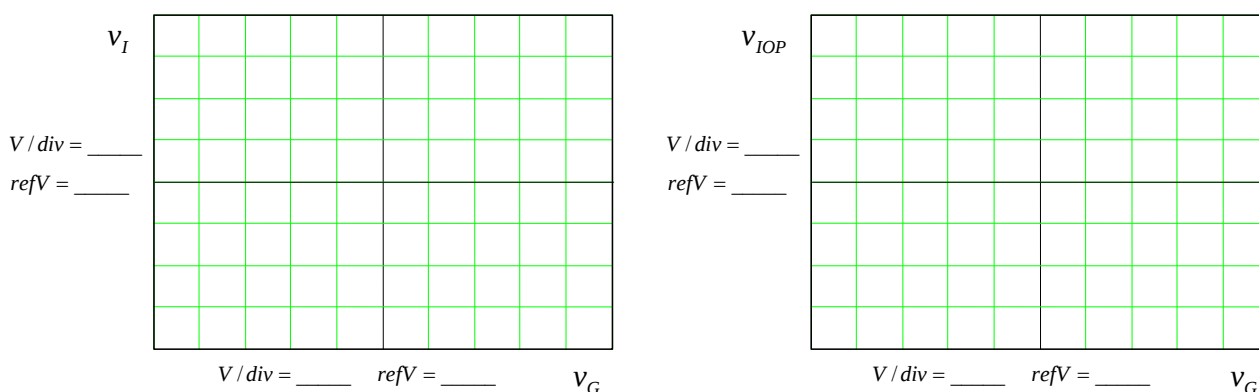
1. Isključiti generator.
2. Isključiti napajanje.
3. Na protobordu povezati kolo prema slici 1a.
4. Na ulaz kola povezati izlaz generatora.
5. Na ulaz kola povezati prvi kanal osciloskopa.
6. Na izlaz kola povezati drugi kanal osciloskopa.
7. Uključiti izvore za napajanje (V_{CC} i V_{EE}).
8. Uključiti generator.
9. Podesiti generator tako da na svom izlazu generiše prostoperiodični napon amplitude $V_{gm} = 1\text{ V}$ i učestanosti $f = 1\text{ kHz}$.
10. Na grafike prikazane na slici 1b ucrtati vremenske dijagrame ulaznog i izlaznog napona, kao i izlaznog napona v_{IOP} operacionog pojačavača njegovim povezivanjem sa drugim kanalom osciloskopa.



Slika 1b Eksperimentalno određeni vremenski oblici ulaznog i izlaznih napona preciznog usmerača sa jednom diodom

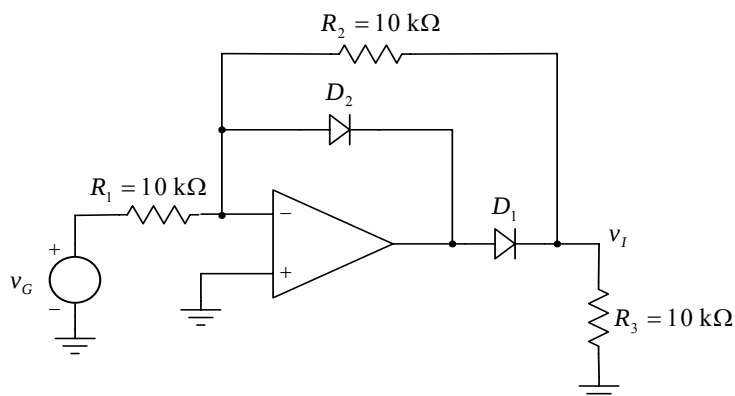
Laboratorijske vežbe iz osnova elektronike za sve odseke osim odseka za elektroniku

11. Povećati amplitudu napona generatora na $V_{gm} = 10\text{ V}$ i smanjiti učestanost na $f = 100\text{ Hz}$.
12. Prebaciti osciloskop u mod prikazivanja XY.
13. Na grafike prikazane na slici 1c ucrtati prenosne karakteristike preciznog usmerača sa jednom diodom.



Slika 1c Eksperimentalno određene prenosne karakteristike preciznog usmerača sa jednom diodom

2. PRECIZNI USMERAČ SA DVE DIODE



Slika 2a Precizni usmerač sa dve diode

Merenje se obavlja pomoću kola sa slike 2a.

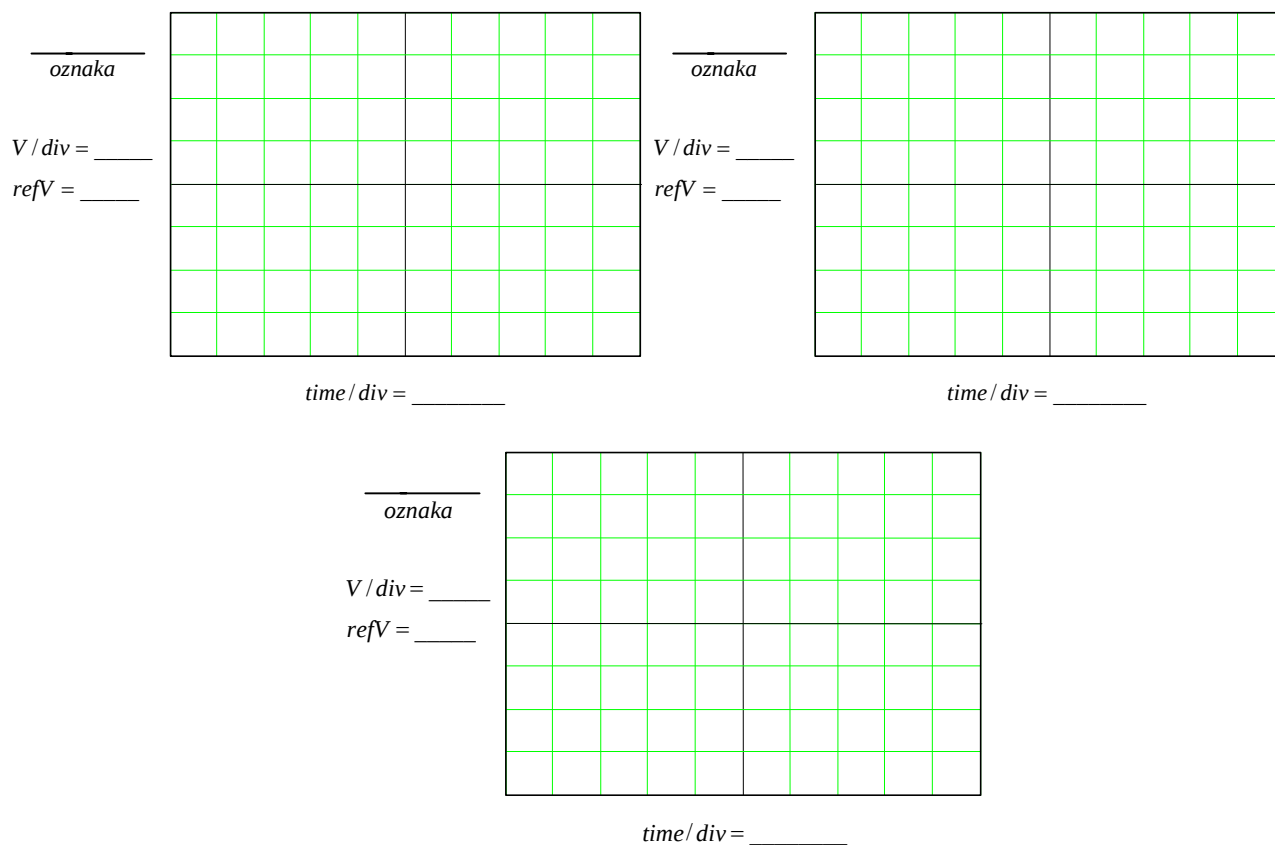
Pre merenja je potrebno izvesti vezu, koja definiše zavisnost izlaznog napona od napona na ulazu preciznog usmerača sa dve diode

$$v_I = \begin{cases} 0, & v_G \geq 0 \\ -v_G, & v_G \leq 0 \end{cases}$$

Postupak pri merenju

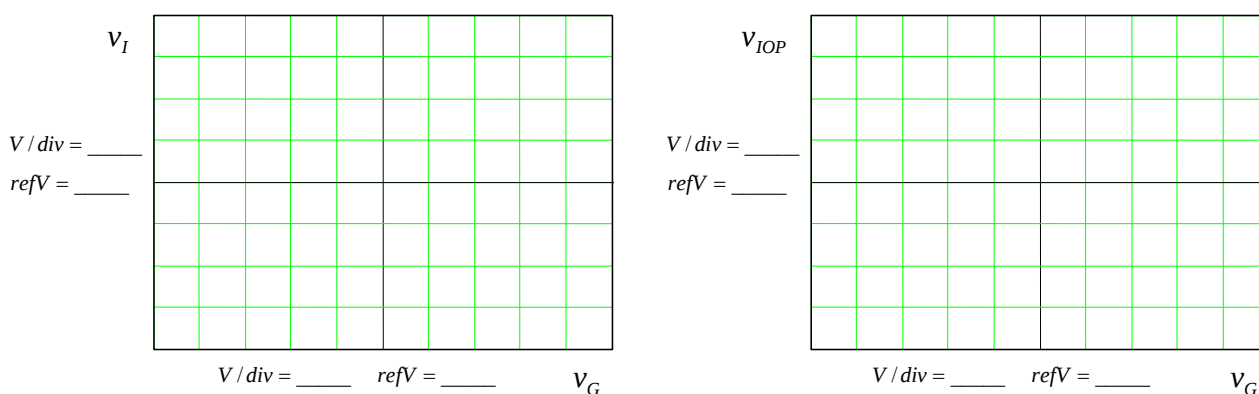
1. Isključiti generator.
2. Isključiti napajanje.
3. Na protobordu povezati kolo prema slici 2a.
4. Na ulaz kola povezati izlaz generatora.
5. Na ulaz kola povezati prvi kanal osciloskopa.
6. Na izlaz kola povezati drugi kanal osciloskopa.
7. Uključiti izvore za napajanje (V_{CC} i V_{EE}).
8. Uključiti generator.
9. Podesiti generator tako da na svom izlazu generiše prostoperiodični napon amplitude $V_{gm} = 1\text{ V}$ i učestanosti $f = 1\text{ kHz}$.
10. Na grafike prikazane na slici 2b ucrtati vremenske dijagrame ulaznog i izlaznog napona, kao i izlaznog napona v_{IOP} operacionog pojačavača njegovim povezivanjem sa drugim kanalom osciloskopa.

Laboratorijske vežbe iz osnova elektronike za sve odseke osim odseka za elektroniku



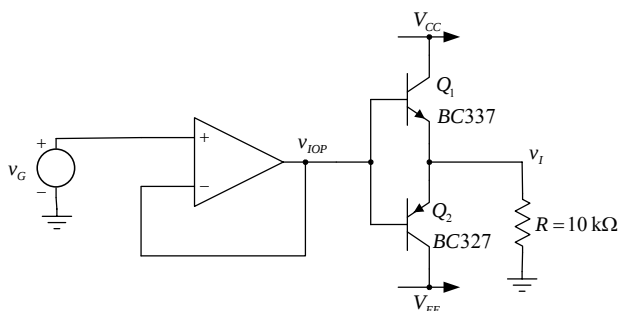
Slika 2b Eksperimentalno određeni vremenski oblici ulaznog i izlaznih napona preciznog usmerača sa dve diode

11. Povećati amplitudu napona generatora na $V_{gm} = 10\text{ V}$ i smanjiti učestanost na $f = 100\text{ Hz}$.
12. Prebaciti osciloskop u mod prikazivanja XY.
13. Na grafike prikazane na slici 2c ucrtati prenosne karakteristike preciznog usmerača sa dve diode.



Slika 2c Eksperimentalno određene prenosne karakteristike preciznog usmerača sa dve diode

3. POJAČAVAČ U KLASI B



Merenje se obavlja pomoću kola sa slike 3a.

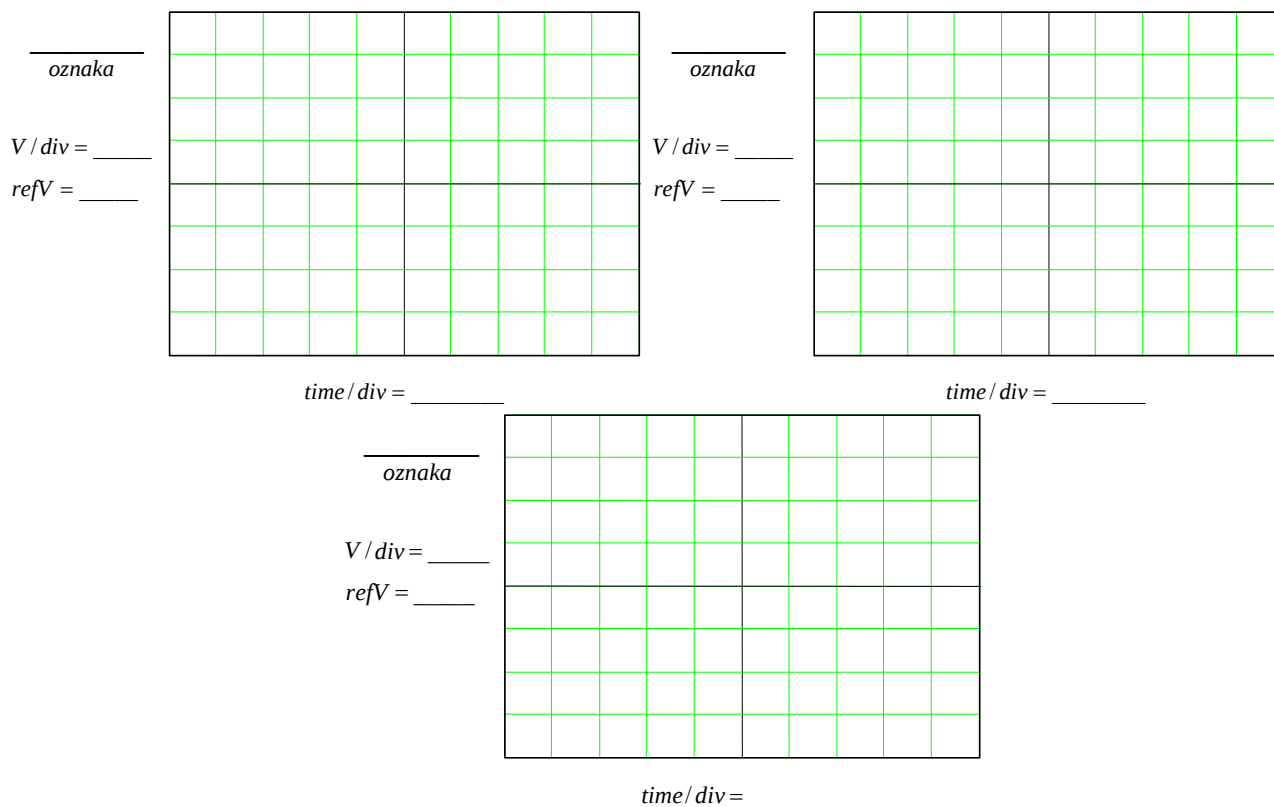
Pre merenja je potrebno izvesti vezu, koja definiše zavisnost izlaznog napona od napona na ulazu pojačavača u klasi B

$$v_I = \begin{cases} v_G - V_{BE}, & v_G > V_{BE} \\ 0, & -V_{BE} \leq v_G \leq V_{BE} \\ v_G + V_{BE}, & v_G < -V_{BE} \end{cases}$$

Slika 3a Pojačavač u klasi B

Postupak pri merenju

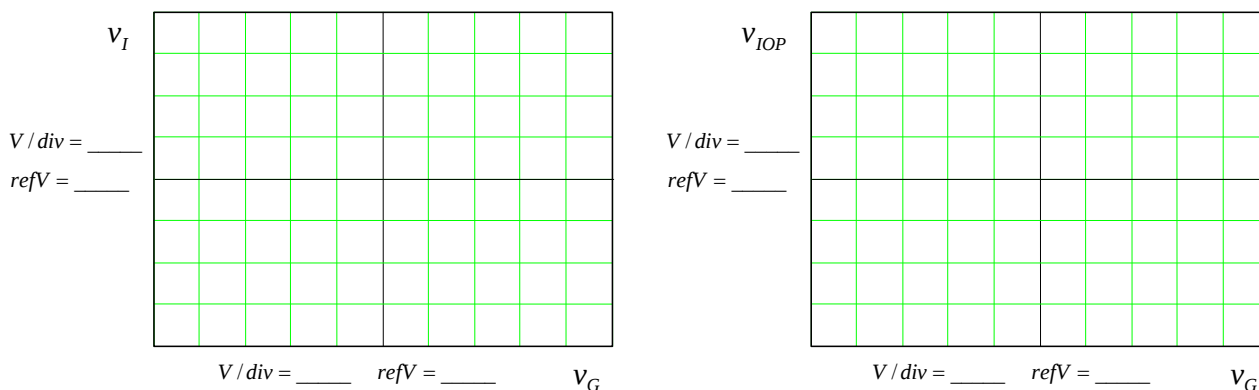
1. Isključiti generator.
2. Isključiti napajanje.
3. Na protobordu povezati kolo prema slici 3a.
4. Na ulaz kola povezati izlaz generatora.
5. Na ulaz kola povezati prvi kanal osciloskopa.
6. Na izlaz kola povezati drugi kanal osciloskopa.
7. Uključiti izvore za napajanje (V_{CC} i V_{EE}).
8. Uključiti generator.
9. Podesiti generator tako da na svom izlazu generiše prostoperiodični napon amplitude $V_{gm} = 3V$ i učestanosti $f = 1\text{ kHz}$.
10. Na grafike prikazane na slici 3b ucrtati vremenske dijagrame ulaznog i izlaznog napona, kao i izlaznog napona v_{IOP} operacionog pojačavača njegovim povezivanjem sa drugim kanalom osciloskopa.



Slika 3b Eksperimentalno određeni vremenski oblici ulaznog i izlaznih napona pojačavača u klasi B

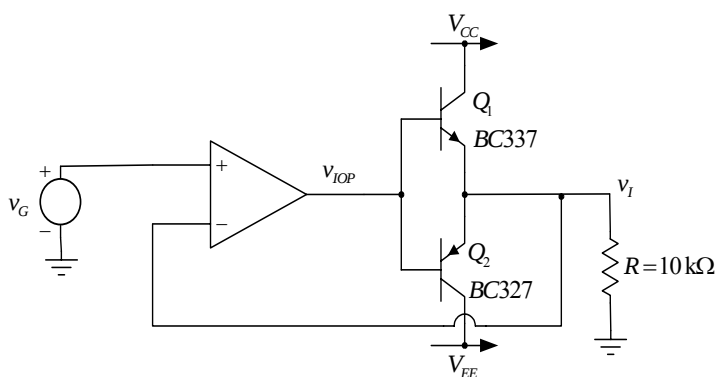
Laboratorijske vežbe iz osnova elektronike za sve odseke osim odseka za elektroniku

11. Povećati amplitudu napona generatora na $V_{gm} = 10\text{ V}$ i smanjiti učestanost na $f = 100\text{ Hz}$.
12. Prebaciti osciloskop u mod prikazivanja XY.
13. Na grafike prikazane na slici 3c ucrtati prenosne karakteristike pojačavača u klasi B.



Slika 3c Eksperimentalno određene prenosne karakteristike pojačavača u klasi B

4. POJAČAVAČ U KLASI B SA NEGATIVNOM POVRATNOM SPREGOM



Slika 4a Pojačavač u klasi B sa NPS

Merenje se obavlja pomoću kola sa slike 4a.

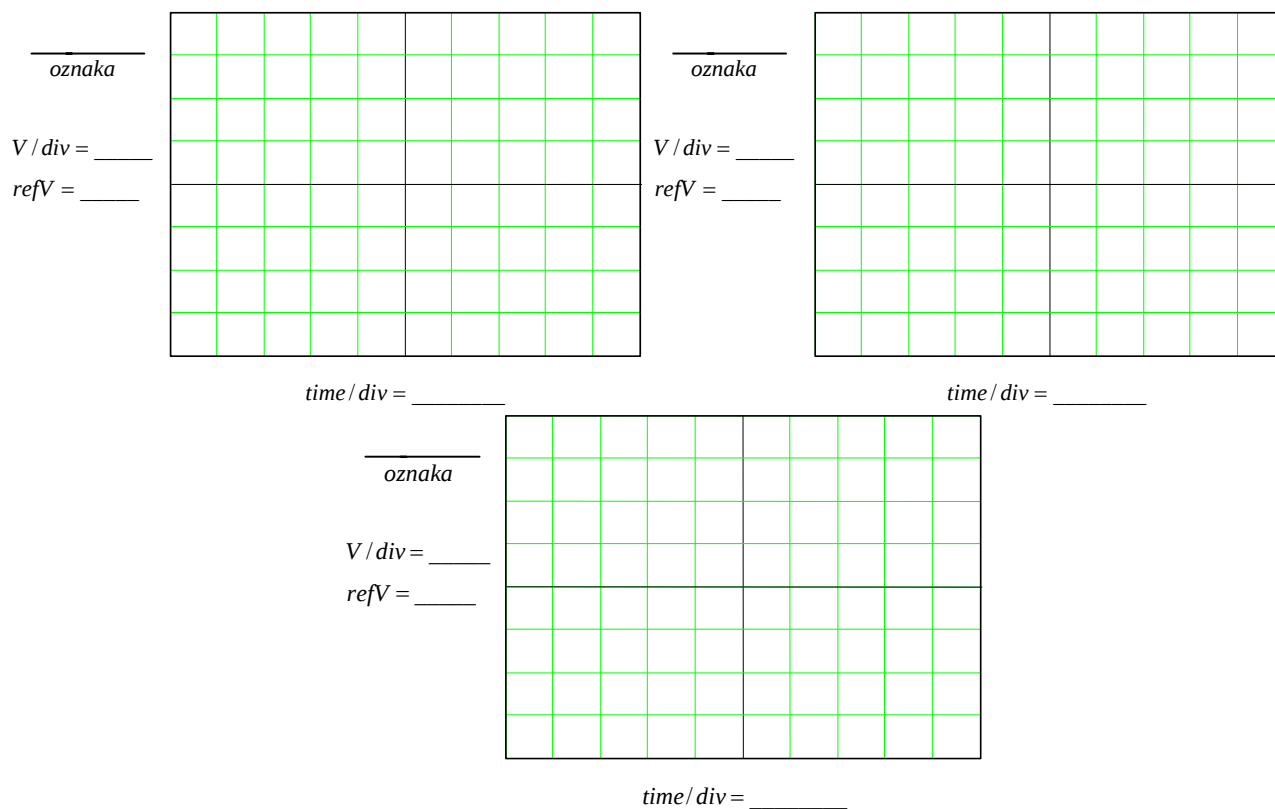
Pre merenja je potrebno izvesti vezu, koja definiše zavisnost izlaznog napona od napona na ulazu pojačavača u klasi B sa negativnom povratnom spregom (NPS)

$$v_I = v_G \cdot$$

Postupak pri merenju

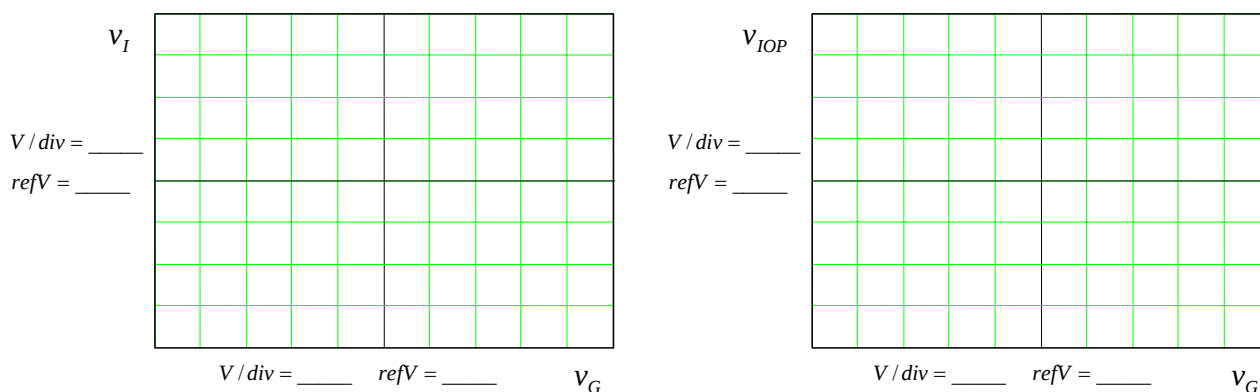
1. Isključiti generator.
2. Isključiti napajanje.
3. Na protobordu povezati kolo prema slici 4a.
4. Na ulaz kola povezati izlaz generatora.
5. Na ulaz kola povezati prvi kanal osciloskopa.
6. Na izlaz kola povezati drugi kanal osciloskopa.
7. Uključiti izvore za napajanje (V_{CC} i V_{EE}).
8. Uključiti generator.
9. Podesiti generator tako da na svom izlazu generiše prostoperiodični napon amplitude $V_{gm} = 3\text{ V}$ i učestanosti $f = 1\text{ kHz}$.
10. Na grafike prikazane na slici 4b ucrtati vremenske dijagrame ulaznog i izlaznog napona, kao i izlaznog napona v_{IOP} operacionog pojačavača njegovim povezivanjem sa drugim kanalom osciloskopa.

Laboratorijske vežbe iz osnova elektronike za sve odseke osim odseka za elektroniku



Slika 4b Eksperimentalno određeni vremenski oblici ulaznog i izlaznih napona pojačavača u klasi B sa NPS

11. Povećati amplitudu napona generatora na $V_{gm} = 10\text{ V}$ i smanjiti učestanost na $f = 100\text{ Hz}$.
12. Prebaciti osciloskop u mod prikazivanja XY.
13. Na grafike prikazane na slici 4c ucrtati prenosne karakteristike pojačavača u klasi B sa NPS.



Slika 4c Eksperimentalno određene prenosne karakteristike pojačavača u klasi B sa NPS

E. PRILOG – KARAKTERISTIKE INTEGRISANOG KOLA MC1458**MC1458, C****ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ($V_{CC} = +15\text{ V}$, $V_{EE} = -15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted. (Note 3))

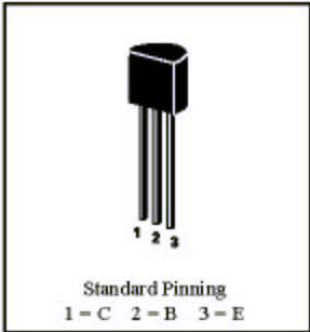
Characteristic	Symbol	MC1458			MC1458C			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage ($R_S \leq 10\text{ k}$)	V_{IO}	–	2.0	6.0	–	2.0	1.0	mV
Input Offset Current	I_{IO}	–	20	200	–	20	300	nA
Input Bias Current	I_{IB}	–	80	500	–	80	700	nA
Input Resistance	r_i	0.3	2.0	–	–	2.0	–	M Ω
Input Capacitance	C_i	–	1.4	–	–	1.4	–	pF
Offset Voltage Adjustment Range	V_{IOR}	–	± 15	–	–	± 15	–	mV
Common Mode Input Voltage Range	V_{ICR}	± 12	± 13	–	± 11	± 13	–	V
Large Signal Voltage Gain ($V_O = \pm 10\text{ V}$, $R_L = 2.0\text{ k}$) ($V_O = \pm 10\text{ V}$, $R_L = 10\text{ k}$)	A_{VOL}	20 –	200 –	– –	– 20	– 200	– –	V/mV
Output Resistance	r_o	–	75	–	–	75	–	Ω
Common Mode Rejection ($R_S \leq 10\text{ k}$)	CMR	70	90	–	60	90	–	dB
Supply Voltage Rejection ($R_S \leq 10\text{ k}$)	PSR	–	30	150	–	30	–	$\mu\text{V/V}$
Output Voltage Swing ($R_S \leq 10\text{ k}$) ($R_S \leq 2.0\text{ k}$)	V_O	± 12 ± 10	± 14 ± 13	– –	± 11 ± 9.0	± 14 ± 13	– –	V
Output Short Circuit Current	I_{SC}	–	20	–	–	20	–	mA
Supply Currents (Both Amplifiers)	I_D	–	2.3	5.6	–	2.3	8.0	mA
Power Consumption	P_C	–	70	170	–	70	240	mW
Transient Response (Unity Gain) ($V_I = 20\text{ mV}$, $R_L \geq 2.0\text{ k}\Omega$, $C_L \leq 100\text{ pF}$) Rise Time ($V_I = 20\text{ mV}$, $R_L \geq 2.0\text{ k}\Omega$, $C_L \leq 100\text{ pF}$) Overshoot ($V_I = 10\text{ V}$, $R_L \geq 2.0\text{ k}\Omega$, $C_L \leq 100\text{ pF}$) Slew Rate	t_{TLH} os SR	– – –	0.3 15 0.5	– – –	– – –	0.3 15 0.5	– – –	μs % V/ μs

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = +15\text{ V}$, $V_{EE} = -15\text{ V}$, $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} , unless otherwise noted. (Note 3))*

Characteristic	Symbol	MC1458			MC1458C			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage ($R_S \leq 10\text{ k}\Omega$)	V_{IO}	–	–	7.5	–	–	12	mV
Input Offset Current ($T_A = 0^\circ$ to $+70^\circ\text{C}$)	I_{IO}	–	–	300	–	–	400	nA
Input Bias Current ($T_A = 0^\circ$ to $+70^\circ\text{C}$)	I_{IB}	–	–	800	–	–	1000	nA
Output Voltage Swing ($R_S \leq 10\text{ k}$) ($R_S \leq 2\text{ k}$)	V_O	± 12 ± 10	± 14 ± 13	– –	– ± 9.0	– ± 13	– –	V
Large Signal Voltage Gain ($V_O = \pm 10\text{ V}$, $R_L = 2\text{ k}$) ($V_O = \pm 10\text{ V}$, $R_L = 10\text{ k}$)	A_{VOL}	15 –	– –	– –	– 15	– –	– –	V/mV

* $T_{\text{low}} = 0^\circ\text{C}$ for MC1458, C $T_{\text{high}} = +70^\circ\text{C}$ for MC1458, C**NOTE:** 3. Input pins of an unused amplifier must be grounded for split supply operation or biased at least 3.0 V above V_{EE} for single supply operation.

F. PRILOG – KARAKTERISTIKE NPN BIPOLARNOG TRANZISTORA BC337

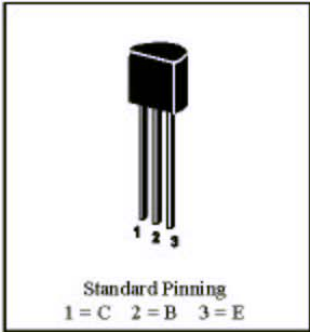
BC 337 / BC 338		General Purpose Transistors	
NPN	Si-Epitaxial Planar Transistors	NPN	
 Standard Pinning 1 - C 2 - B 3 - E	Power dissipation – Verlustleistung	625 mW	
	Plastic case Kunststoffgehäuse	TO-92 (10D3)	
	Weight approx. – Gewicht ca.	0.18 g	
	Plastic material has UL classification 94V-0 Gehäusematerial UL94V-0 klassifiziert		
	Standard packaging taped in ammo pack Standard Lieferform gegurtet in Ammo-Pack		

Maximum ratings ($T_A = 25^\circ\text{C}$)			Grenzwerte ($T_A = 25^\circ\text{C}$)	
			BC 337	BC 338
Collector-Emitter-voltage	B open	V_{CE0}	45 V	25 V
Collector-Base-voltage	E open	V_{CB0}	50 V	30 V
Emitter-Base-voltage	C open	V_{EB0}	5 V	
Power dissipation – Verlustleistung		P_{tot}	625 mW ¹⁾	
Collector current – Kollektorstrom (DC)		I_C	800 mA	
Junction temp. – Sperrschichttemperatur		T_j	150°C	
Storage temperature – Lagerungstemperatur		T_S	- 55...+ 150°C	

Characteristics ($T_j = 25^\circ\text{C}$)			Kennwerte ($T_j = 25^\circ\text{C}$)		
			Min.	Typ.	Max.
DC current gain – Kollektor-Basis-Stromverhältnis					
$V_{CE} = 1\text{ V}, I_C = 100\text{ mA}$	Group -16	h_{FE}	100	160	250
	Group -25	h_{FE}	160	250	400
	Group -40	h_{FE}	250	400	630
Collector-Emitter cutoff current – Kollektorreststrom					
$V_{CE} = 40\text{ V}$	BC 337	I_{CES}	–	–	200 nA
$V_{CE} = 20\text{ V}$	BC 338	I_{CES}	–	–	200 nA
$V_{CE} = 40\text{ V}, T_j = 125^\circ\text{C}$	BC 337	I_{CES}	–	–	10 μA
$V_{CE} = 20\text{ V}, T_j = 125^\circ\text{C}$	BC 338	I_{CES}	–	–	10 μA

¹⁾ Valid, if leads are kept at ambient temperature at a distance of 2 mm from case
Gültig, wenn die Anschlußdrähte in 2 mm Abstand von Gehäuse auf Umgebungstemperatur gehalten werden

G. PRILOG – KARAKTERISTIKE PNP BIPOLARNOG TRANZISTORA BC327

BC 327 / BC 328		General Purpose Transistors	
PNP	Si-Epitaxial Planar Transistors	PNP	
	Power dissipation – Verlustleistung	625 mW	
	Plastic case Kunststoffgehäuse	TO-92 (10D3)	
	Weight approx. – Gewicht ca.	0.18 g	
	Plastic material has UL classification 94V-0 Gehäusematerial UL94V-0 klassifiziert		
	Standard packaging taped in ammo pack Standard Lieferform gegurtet in Ammo-Pack		

Maximum ratings ($T_A = 25^\circ\text{C}$)			Grenzwerte ($T_A = 25^\circ\text{C}$)	
			BC 327	BC 328
Collector-Emitter-voltage	B open	- V_{CE0}	45 V	25 V
Collector-Emitter-voltage	B shorted	- V_{CES}	50 V	30 V
Emitter-Base-voltage	C open	- V_{EB0}	5 V	
Power dissipation – Verlustleistung		P_{tot}	625 mW ¹⁾	
Collector current – Kollektorstrom (DC)		- I_C	800 mA	
Peak Coll. current – Kollektor-Spitzenstrom		- I_{CM}	1 A	
Base current – Basisstrom		- I_B	100 mA	
Junction temp. – Sperrschichttemperatur		T_j	150°C	
Storage temperature – Lagerungstemperatur		T_s	- 65...+ 150°C	

Characteristics, $T_j = 25^\circ\text{C}$			Kennwerte, $T_j = 25^\circ\text{C}$		
			Min.	Typ.	Max.
DC current gain – Kollektor-Basis-Stromverhältnis					
- $V_{CE} = 1\text{ V}$, - $I_C = 100\text{ mA}$	Group -16	h_{FE}	100	160	250
	Group -25	h_{FE}	160	250	400
	Group -40	h_{FE}	250	400	630
- $V_{CE} = 1\text{ V}$, - $I_C = 300\text{ mA}$	Group -16	h_{FE}	60	130	–
	Group -25	h_{FE}	100	200	–
	Group -40	h_{FE}	170	320	–

¹⁾ Valid, if leads are kept at ambient temperature at a distance of 2 mm from case
Gültig, wenn die Anschlußdrähte in 2 mm Abstand von Gehäuse auf Umgebungstemperatur gehalten werden