

NAMJENA, SADRŽAJ I KONCEPCIJA UDŽBENIKA

NAMJENA UDŽBENIKA

Udžbenik *ELEKTRONIČKI SKLOPOVI* namijenjen je poučavanju iz predmeta **ELEKTRONIČKI SKLOPOVI** koji je u nastavnim planovima i programima obrazovanja za zanimanja **elektrotehničar (izborni blok B), tehničar za elektrostrojarstvo, tehničar za elektroenergetiku i zrakoplovni tehničar IRE, elektromehaničar i elektromonter**, zatim predmeta **ELEKTRONIČKE KOMPONENETE** koji je u nastavnim planovima i programima obrazovanja za zanimanja **elektromehaničar, elektroinstalater i autoelektričar** te predmeta **ELEKTRONIKA** koji je u nastavnim planovima i **tehničar za finomehaniku, industrijski finomehaničar, finomehaničar i urar**. Zastupljenost predmeta u obveznom dijelu plana i programa i najmanji broj sati koje se ostvaruje praktičnim radom u laboratoriju pokazuje tablica 1, tablica 2 i tablica 3.

Tablica 1. Zastupljenost predmeta ELEKTRONIČKI SKLOPOVI u okvirnim obrazovnim programima

Zanimanje	Razred	Ukupno sati u tjednu	Najmanji broj sati u tjednu za lab. vježbe	Ukupno sati u godini	Najmanji broj sati lab. vježbi u godini
elektrotehničar (A-izborni B)	3.	2	0,5	70	18
tehničar za elektrostrojarstvo (A)	3.	2	0,5	70	18
tehničar za elektroenergetiku (A)	3.	2	0,5	70	18
zrakoplovni tehničar IRE (A)	3. / 4.	2	0,5	70/64	18/16
elektromonter (B)	2	2	0,5	70	18
elektromehaničar (B)	2	2	0,5	70	18
telekomunikacijski monter (B)	2	2	0,5	70	18

Tablica 2. Zastupljenost predmeta ELEKTRONIČKE KOMPONENETE u okvirnim obrazovnim programima

Zanimanje	Razred	Ukupno sati u tjednu	Najmanji broj sati u tjednu za lab. vježbe	Ukupno sati u godini	Najmanji broj sati lab. vježbi u godini
elektromehaničar (C)	3.	1,5	-	48	-
elektroinstalater (C)	3.	1,5	-	48	-
autoelektričar (C)	3.	1,5	-	48	-

Tablica 3. Zastupljenost predmeta ELEKTRONIKA u okvirnim obrazovnim programima za zanimanja

Zanimanje	Razred	Ukupno sati u tjednu	Najmanji broj sati u tjednu za lab. vježbe	Ukupno sati u godini	Najmanji broj sati lab. vježbi u godini
tehničar za finomehaniku (A)	3.	4	1	140	36
industrijski finomehaničar (B)	2.	3	1	105	34
finomehaničar, urar (C)	3.	2	0,5	64	16

Udžbenik se, osim toga, može rabiti u izbornoj nastavi. Prema nastavnim planovima i okvirnim obrazovnim programima za spomenuta zanimanja izborna nastava iz elektroničkih sklopova može se izvoditi tako da se obvezni fond sati predmeta ELEKTRONIČKI SKLOPOVI poveća ili nastavom posebnih predmeta kao što je ANALOGNI I DIGITALNI SKLOPOVI ili drugi na prijedlog samih škola. Udžbenik se također može rabiti u nastavi predmeta TEHNOLOGIJA ZANIMANJA koji je zastupljen u programu naučavanja za zanimanja elektromehaničar, elektroinstalater i autoelektričar po dvojnomo sustavu obrazovanja za dio koji se odnosi na elektroničke komponente, analogne i digitalne elektroničke sklopove.

SADRŽAJ UDŽBENIKA

Grada udžbenika podijeljena je u 15 poglavlja, a pojedina poglavlja podijeljena su na 2-4 potpoglavlja:

- 1. Elektronika u sustavima za mjerenje, upravljanje i zaštitu uređaja i postrojenja**
 - 2. Sklopovi s diodama**
 - 2.1. Svojstva dioda
 - 2.2. Ispravljački sklopovi
 - 2.3. Diodni ograničavači i restauratori
 - 2.4. Zenerova dioda
 - 3. Osnovni sklopovi s bipolarnim tranzistorima**
 - 3.1. Svojstva bipolarnih tranzistora
 - 2.2. Osnovni spojevi pojačala s bipolarnim tranzistorima
 - 2.3. Bipolarni tranzistor kao sklopka tranzistorima
 - 4. Osnovni sklopovi s unipolarnim tranzistorima**
 - 4.1. Spojni tranzistori s efektom polja
 - 4.2. Tranzistori s efektom polja i izoliranim zasunom
 - 4.3. Osnovni spojevi pojačala s unipolarnim tranzistorima
 - 4.4. Unipolarni tranzistor kao sklopka
 - 5. Pojačala**
 - 5.1. Darlingtonov spoj
 - 5.2. Diferencijsko pojačalo
 - 5.3. Pojačala snage
 - 6. Operacijsko pojačalo**
 - 6.1. Osnovna svojstva operacijskoga pojačala
 - 6.2. Sklopovi s operacijskim pojačalom
 - 7. Oscilatori**
 - 7.1. RC oscilatori
 - 7.2. LC oscilatori
 - 8. Stabilizator napona**
 - 8.1. Stabilizatori napona i struje s tranzistorima
 - 8.2. Integrirane izvedbe stabilizatora
 - 9. Sklopovi s tiristorima i jednospojnim tranzistorom**
 - 9.1. Tiristori
 - 9.2. Jednospojni tranzistor
 - 10. Optoelektronički elementi**
 - 10.1. Fotodetektor
 - 10.2. Svjetleće diode
 - 10.3. Fotovezni elementi
 - 11. Osnovni digitalni sklopovi**
 - 11.1. Analogni i digitalni sklopovi
 - 11.2. Osnovni logički sklopovi
 - 11.3. Skupine integriranih logičkih sklopova
 - 12. Multivibratori u digitalnoj elektronici**
 - 12.1. Bistabilni multivibratori
 - 12.3. Monostabilni multivibratori
 - 12.4. Astabilni multivibratori
 - 12.5. Vremenski sklop
 - 13. Registri, brojila i memorije**
 - 13.1. Registri
 - 13.2. Brojila
 - 13.3. Memorije
 - 14. Složeni logički sklopovi**
 - 14.1. Sklopovi za kodiranje i dekodiranje
 - 14.2. Upravljački sklopovi pokazivača
 - 14.3. Sklopovi za multipleksiranje i demultipleksiranje
 - 14.4. Programirane digitalne komponente
 - 15. Digitalno upravljanje**
 - 15.1. DA i AD pretvorba
 - 15.2. Osnovna organizacija i način rada mikroracunala
- Dodatak**
- A) Označivanje otpornika
 - B) Označivanje kondenzatora
 - C) Normirane vrijednosti otpora otpornika i kapaciteta kondenzatora
 - D) Označivanje elektroničkih poluvodičkih komponenta
 - E) Izvodi iz tvorničkih podataka za poluvodičke elektroničke komponente
 - F) Pribor i instrumenti za laboratorijske vježbe
- Kazalo**
- Literatura**

Svako poglavlje udžbenika uz opis izvedbe, rada, svojstava i primjene pojedinih sklopova sadrži pregled ključnih pojmova, zadatke za praktičan laboratorijski rad i pitanja i zadatke za ponavljanje i provjeru znanja. Na kraju je udžbenika dodatak, popis literature i kazalo. U dodatku su: označivanje otpornika i kondenzatora, normirane vrijednosti otpora otpornika i kapaciteta kondenzatora, označivanje poluvodičkih komponenata, izvodi iz tvorničkih podataka za elektroničke komponente potrebni za izvođenje predviđenih laboratorijskih vježbi. Zbog cjelovitosti teksta, na početku 1., 2., 3., 9. i 10. poglavlja ukratko su opisana svojstva elektroničkih elemenata bez detaljnije fizikalne analize budući da je to sadržaj predmeta ELEKTROTEHNIČKI MATERIJALI I KOMPONENTE.

KONCEPCIJA UDŽBENIKA

Opis rada i svojstava sklopova dan je kao prikaz ispitivanja i mjerenja (pokusa) obavljenih na stvarnim sklopovima u laboratoriju ili s pomoću simulacijskog računalnoga programa *Electronics Workbench* kojim raspolažu elektrotehničke škole. Stoga se u izlaganju gradiva upotrebljavaju simboli elemenata i komponenata prema programu *Electronics Workbench*. Ovakav pristup omogućava nastavniku da svako izlaganje popratni pokazivanjem djelovanja sklopa čime će učeniku učiniti izlaganje bližim i prihvatljivijim. Pri tumačenju gradiva naglasak je na fizikalnoj slici rada i svojstava sklopova. Matematički aparat sveden je na najmanju potrebnu mjeru; upotrebljava se kad je neophodno za samo fizikalno razumijevanje svojstava i rada sklopova ili za neposrednu praktičnu primjenu.

Pitanja i zadaci za laboratorijske vježbe sastoje se od pripremnoga dijela, praktičnoga dijela i dijela za zaključke. Pitanja i zadaci iz pripremnoga dijela služe za stjecanje i obnavljanje neophodnog znanja i prikupljanje podataka koji su potrebni prije pristupa izvođenju vježbe. Taj dio treba izraditi prije dolaska na rad u laboratorij. Praktični dio, tj. zadaci za neposredan praktičan rad u laboratoriju (spojite, izmjerite, prikažite rezultate, izračunajte na temelju izmjerenih vrijednosti), sastoji se od većega broja pokusa što omogućuje nastavniku individualan pristup svakome pojedinome učeniku. Odabir pokusa unutar pojedine vježbe ovisi s jedne strane o sadržaju i opsegu proučavanja elektroničkih sklopova u svakom od spomenutih programa za zanimanja, odnosno s druge strane o mogućnostima, zalaganju i napredovanju učenika. Odabirom pokusa treba omogućiti svakom učeniku svladavanje temeljnih sadržaja svakoga područja unutar nastavnog predmeta. Učenicima koji pokazuju veće mogućnosti i želje treba omogućiti izvođenje svih pokusa kojima se proširuju temeljna znanja.

Pitanja i zadaci za ponavljanje i provjeru znanja traže izvođenje odgovarajućih zaključaka na temelju opažanja, izmjerenih ili računski dobivenih vrijednosti, odnosno rješavanje zadataka na osnovi gradiva izloženoga u udžbeniku te znanja i iskustva stečenoga laboratorijskim vježbama.

RJEŠENJA ZADATAKA ZA PONAVLJANJE I PROVJERU ZNANJA

2. SKLOPOVI S DIODAMA

2.a) Dioda je propusno polarizirana
 $I_D = (12 - 0,7) \text{V} / 3 \text{k}\Omega = 3,77 \text{mA}$ $U_D = 0,7 \text{V}$
 $U_{R1} = 1 \text{k}\Omega \cdot 3,77 \text{mA} = 3,77 \text{V}$
 $U_{R2} = 2 \text{k}\Omega \cdot 3,77 \text{mA} = 7,54 \text{V}$

2.b) Dioda je zaporno polarizirana
 $I_D = 0$ $U_D = 12 \text{V}$ $U_{R1} = 0$ $U_{R2} = 0$

7. $C = 24 \text{V} \sqrt{2} / 0,5 \text{V} \cdot 50 \text{Hz} \cdot 1000 \Omega = 1360 \mu\text{F}$

8. Dioda u kratkom spoju

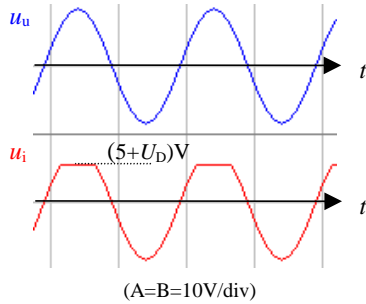
9. Dioda u prekidu

10. $C = 24 \text{V} \sqrt{2} / 0,5 \text{V} \cdot 100 \text{Hz} \cdot 1000 \Omega = 680 \mu\text{F}$

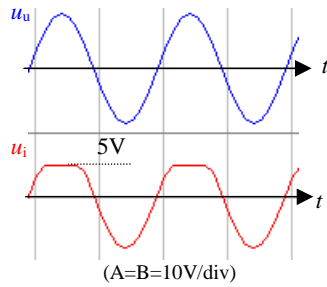
11. Ni jedna

12. Dioda $D2$ u prekidu

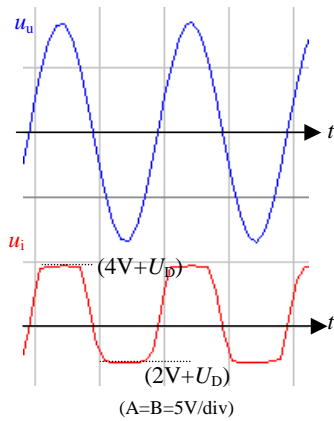
13. a)



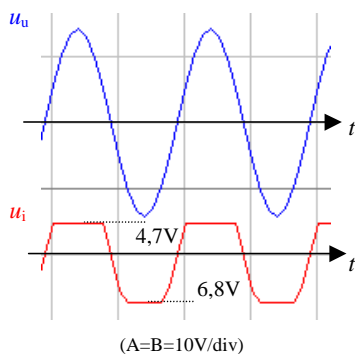
13.b)



15.



17.



18. Iz tvorničkih podataka je $U_{Z1N4731}=4,7V$ i $U_{Z1N4736}=6,8V$. Vršna vrijednost struje kroz diode za vrijeme pozitivne poluperiode priključenoga sinusoidnoga napona je $I_{zmax} = \sqrt{2}(10-4,7-0,6)V/1k\Omega=6,65mA$, a za vrijeme negativne poluperiode $I_{zmax} = \sqrt{2}(10-6,8-0,6)V/1k\Omega = 3,68mA$, što je manje od dopuštenih vrijednosti struja za te diode prema tvorničkim podacima.

3. OSNOVNI SKLOPOVI S BIPOLARNIM TRANZISTORIMA

11. 12V

12. 0,1-0,3V

18. $U_i=12V \cdot 4,5k\Omega/(1,5+4,5)k\Omega=9V$

19. Tranzistor u prekidu (BE ili CE)

20. Tranzistor u kratkom spoju (CE ili CB)

4. OSNOVNI SKLOPOVI S UNIPOLARNIM TRANZISTORIMA

14.a) 12V

14.b) 0,1V

14.c) 12V

5. POJAČALA

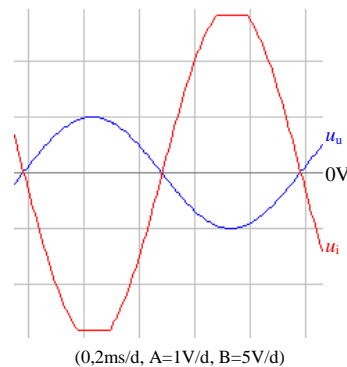
20. Na pojačalu na slici 5.26.a postoji samo jedan izvor napona napajanja tako da će se 12V s toga izvora dijeliti na oba tranzistora, pa je moguće dobiti manji hod izlaznoga signala bez izobličenja u odnosu na pojačalo sa slike 5.26.b s dva napona napajanja.

22.

6. OPERACIJSKA POJAČALA

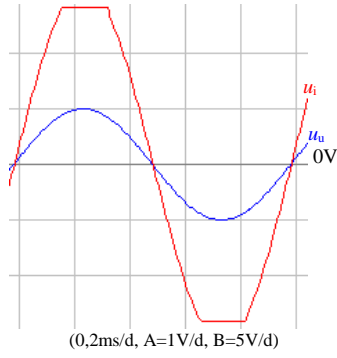
7. $A_u = -150k\Omega/10k\Omega = -15$

8.

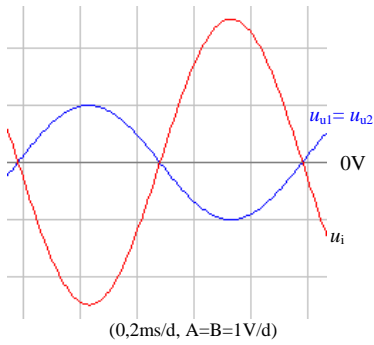


9. $A_u = 1+150k\Omega/10k\Omega = 16$

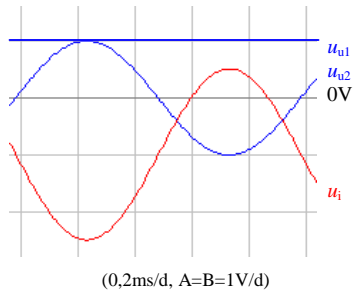
10.



12.



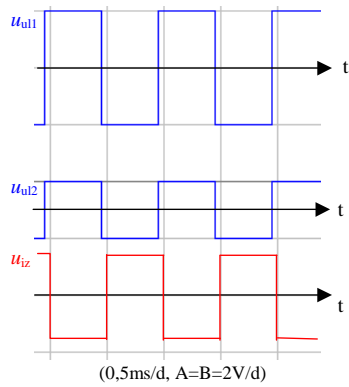
13.



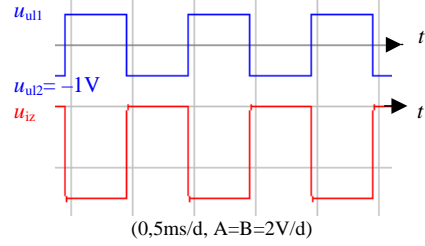
14. -1,5V

15. -7,5V

16.

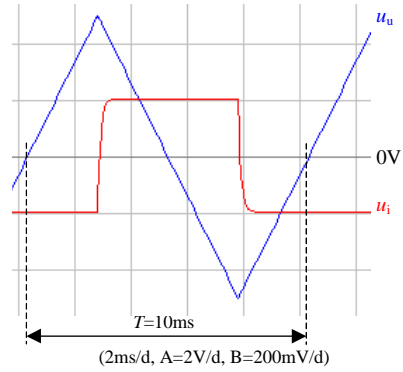


17.

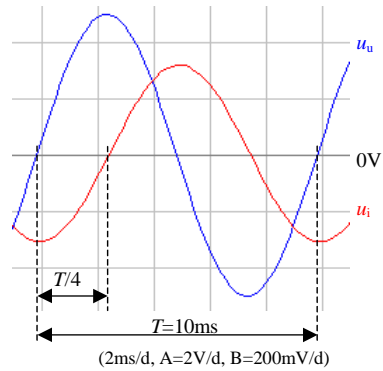


18. -2V

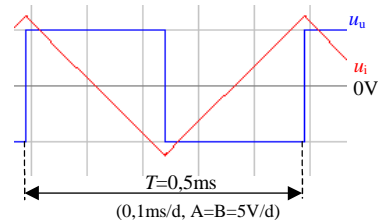
19.



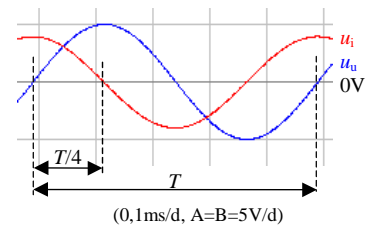
20.



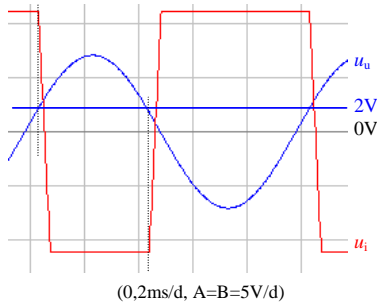
23.



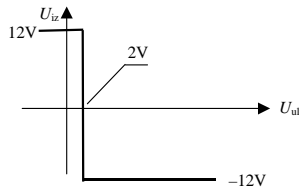
24.



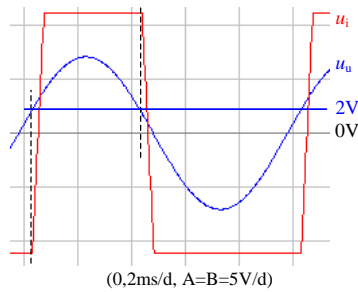
27.



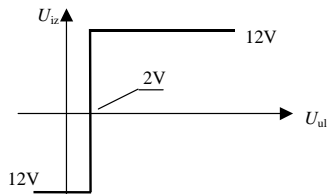
28.



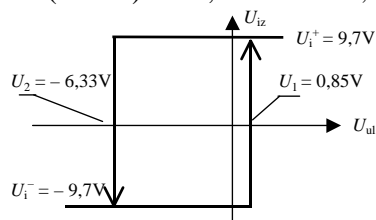
29.



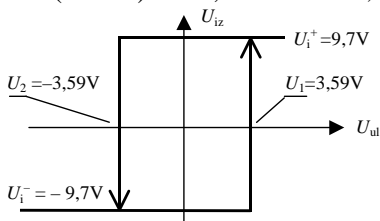
30.



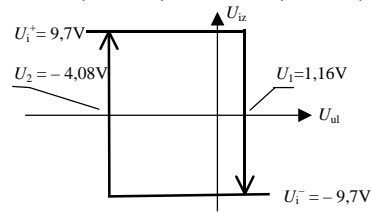
31.a) $U_1 = -2(10+27)/27 + 9,7 \cdot 10/27 = 0,85V$
 $U_2 = -2(10+27)/27 - 9,7 \cdot 10/27 = -6,33V$



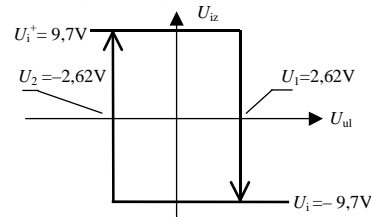
31.b) $U_1 = -0(10+27)/27 + 9,7 \cdot 10/27 = 3,59V$
 $U_2 = -0(10+27)/27 - 9,7 \cdot 10/27 = -3,59V$



32.a) $U_1 = -2 \cdot 27 / (10 + 27) + 9,7 \cdot 10 / (10 + 27) = 1,16V$
 $U_2 = -2 \cdot 27 / (10 + 27) - 9,7 \cdot 10 / (10 + 27) = -4,08V$

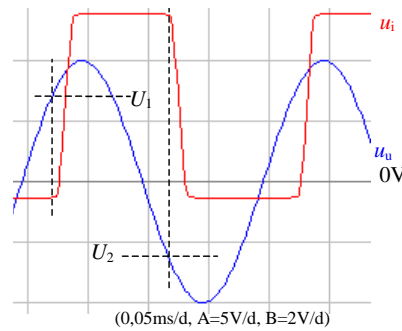


32.b) $U_1 = -0 \cdot 27 / (10 + 27) + 9,7 \cdot 10 / (10 + 27) = 2,62V$
 $U_2 = -0 \cdot 27 / (10 + 27) - 9,7 \cdot 10 / (10 + 27) = -2,62V$



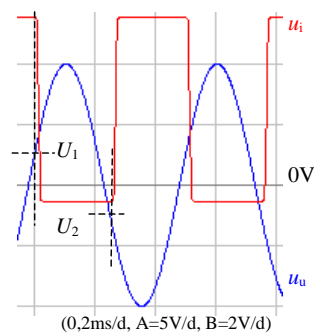
33. 10kHz

34.



35. 8kHz

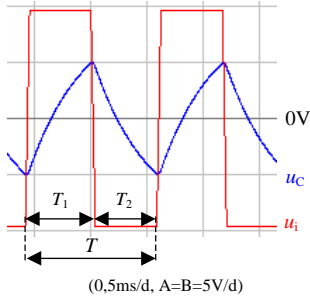
36.



7. OSCILATORI

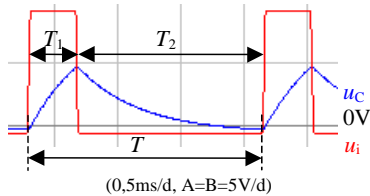
13. $T_1 = 15 \cdot 10^3 \cdot 33 \cdot 10^{-9} \ln(9,7 + 0,5 \cdot 9,7) / (9,7 - 0,5 \cdot 9,7) = 543,81 \mu s$
 $T_2 = 15 \cdot 10^3 \cdot 33 \cdot 10^{-9} \ln(9,7 + 0,5 \cdot 9,7) / (9,7 - 0,5 \cdot 9,7) = 543,81 \mu s$
 $f = 1 / (543,81 \cdot 10^{-6} + 543,81 \cdot 10^{-6}) = 566,11 Hz$

14.



15. $T_1 = 15 \cdot 10^3 \cdot 33 \cdot 10^{-9} \ln(9,1 + 0,5 \cdot 0,6) / (9,1 - 0,5 \cdot 9,1) = 359,16 \mu\text{s}$
 $T_2 = 15 \cdot 10^3 \cdot 33 \cdot 10^{-9} \ln(0,6 + 0,5 \cdot 9,1) / (0,6 - 0,5 \cdot 0,6) = 1407,27 \mu\text{s}$
 $f = 1 / (359,16 \cdot 10^{-6} + 1407,27 \cdot 10^{-6}) = 566,11 \text{ Hz}$

16.



18. $f = (1/4 \cdot 10 \cdot 10^3 \Omega \cdot 10 \cdot 10^{-9} \text{ F}) \cdot (33 \cdot 10^3 \Omega / 10 \cdot 10^3 \Omega) = 8,25 \text{ kHz}$

8. STABILIZATORI NAPONA I STRUJE

2. $U_{iz} = U_Z - U_{BE1} - U_{BE2} = 5,6 - 0,7 - 0,7 = 4,2 \text{ V}$

5. $R_S = 0,7 / 0,5 = 1,4 \Omega$

6. Za tranzistor 2N2222 je $I_{cmax} = 0,8 \text{ A}$.

$I_S = (2 \cdot U_D - U_{BE}) / R_S < I_{cmax}$
 $R_{smin} = (2 \cdot U_D - U_{BE}) / I_S = (2 \cdot 0,7 - 0,7) / 0,8 = 0,875 \Omega = 1 \text{ k}\Omega$

7. 12. $U_i = U_{ref} (1 + R_2 / R_1) + I_{ADJ} R_2$

$9 = 1,25 (1 + R_2 / R_1) + 50 \cdot 10^{-6} R_2$

$R_1 = 1,25 R_2 / 7,75 - 50 \cdot 10^{-6} R_2$

Za $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ $R_1 = 162 \Omega$.

9. SKLOPOVI S TIRISTORIMA I JEDNOSPOJNIM TRANZISTORIMA

7. Za tranzistor 2N2646 $\eta = 0,75$ $I_P = 5 \text{ mA}$,
 $U_P = U_{BB} \cdot \eta + U_D = 15 \text{ V} \cdot 0,75 + 0,7$ što je približno $15 \cdot 0,75 \text{ V}$

$R < (U_{BB} - U_P) / I_P = 15 (1 - 0,75) / 5 \cdot 10^{-6} = 0,75 \text{ M}\Omega$.

$R > (U_{BB} - U_V) / I_V = (15 - 2) / 4 \cdot 10^{-3} = 3,25 \text{ k}\Omega$.

8. Prema rješenju zadatka 7. za sklop sa slike 9.44. $R_{min} = 3,3 \text{ k}\Omega$ i $R_{max} = 750 \text{ k}\Omega$

$\eta = 0,56 - 0,75$ pa je srednja vrijednost $0,65$

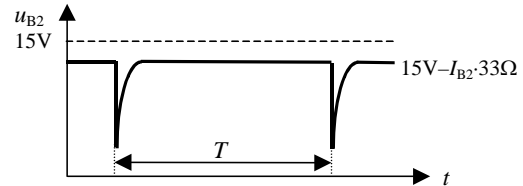
$T_{min} = 3,3 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-9} \ln [1 / (1 - 0,65)] = 34,64 \mu\text{s}$

$f = 1 / 34,64 \mu\text{s} = 28868 \text{ Hz}$

$T_{max} = 750 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-9} \ln [1 / (1 - 0,65)] = 7873,67 \mu\text{s}$

$f = 1 / 7873,67 \mu\text{s} = 127 \text{ Hz}$

9. $T = T_1 = 24 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-9} \ln 1 / (1 - 0,655) = 248,6 \mu\text{s}$



10. OPTOELEKTRONIČKI ELEMENTI

1. Kada je fotootpornik neosvijetljen, njegov otpor je vrlo velik pa je struja I_B nedovoljna da tranzistor provede. Stoga je tranzistor u zapiranjju pa je napon na izlazu sklopke jednak naponu napajanja 12 V . Kad je fotootpornik osvijetljen, njegov otpor je mali pa se poveća struja I_B , a s njom i napon U_{BE} te će tranzistor provesti, odnosno prijeći u zasićenje pa je na izlazu napon U_{CEzas} .

3. Kada je fotodioda neosvijetljena, djeluje kao otvorena sklopka pa teče struja baze kroz otpornik $100 \text{ k}\Omega$. Tranzistor je u zasićenju pa djeluje kao uključena sklopka. Kad je fotodioda osvijetljena, postaje vodljiva te tranzistor ne dobiva potrebnu struju baze i prelazi u stanje zapiranja, tj. djeluje kao isključena sklopka.

4. Kada je tranzistor neosvijetljen, bit će u stanju zapiranja pa je izlazni napon praktično 0 V , jer nema struje kroz otpornik $1,5 \text{ k}\Omega$. Kad se tranzistor osvijetli, tranzistor prelazi u područje zasićenja pa će napon na izlazu biti jednak padu napona na otporniku i iznositi će $11,7 \text{ V}$.

5. Svijetleća dioda u sklopu sa slike 10.44. svijetlit će kad je tranzistor u području zasićenja (uključena sklopka) što će biti ako je na ulaz priključen odgovarajući napon (5 V).

6. $R = (5 \text{ V} - 2 \text{ V} - 0,3 \text{ V}) / 10 \text{ mA} = 270 \Omega$

7. Da bi svijetleća dioda svijetlila, mora biti propusna polarizirana kako bi kroz nju mogla teći struja. To će biti moguće ako je tranzistor u zapiranjju.

8. $R=(5V-2V)/10mA=300\Omega$

11. OSNOVNI DIGITALNI SKLOPOVI

2. 31.

3. 6

4. 54

5. 110101

7. 4799

8. 10110001

9. 101100010011110

10. 4A3F

11. 0011 1001 0101

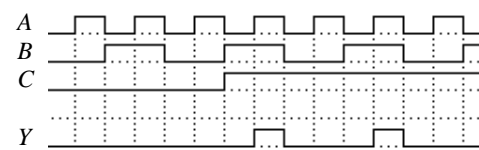
12. 862

13. 8, odnosno 12

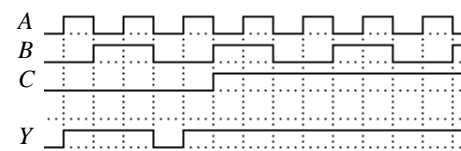
14. 1011001 0111010 0111001

15. $X+8$

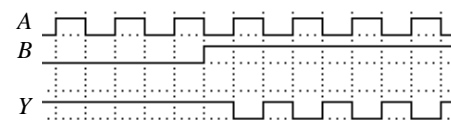
17.



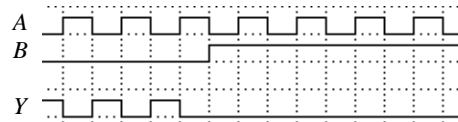
19.



21.



23.



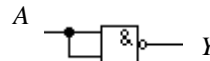
24. a)

B	A	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

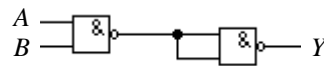
b)

B	A	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1

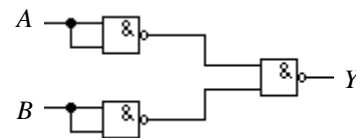
25.



26.



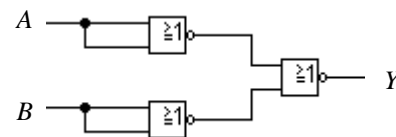
27.



28.



29.



30.



31. Sklopovi 74S00 i 74LS00 razlikuju se po vrijednostima ulazne struje stanja niske razine I_{IL} , izlazne struje stanja niske razine, brzini rada i utrošku snage. Vrijednost struja I_{IL} i I_{OL} te utroška snage P_D su većih vrijednosti za sklop 74S00 ali je manje kašnjenje, odnosno veća brzina rada.

32. Sklopovi 74AS02 i 74ALS02 razlikuju se po vrijednostima ulazne struje stanja niske razine I_{IL} , izlazne struje stanja niske razine I_{OL} , brzini rada i u utrošku snage. Vrijednosti struja I_{IL} i I_{OL} te utroška snage P_D veće su za sklop 74AS02 ali je manje kašnjenje, odnosno veća brzina rada.

33. Sklop 7400 je sklop NI skupine TTL standardne izvedbe s izlaznim tranzistorom kao kolektorskim otporom. Sklop 7401 je sklop s tzv. otvorenim kolektorom kojemu se kolektorski otpor dodaje izvvana.

36. Sklopovi 74HC00 i 74HCT00 razlikuju se po dopuštenima vrijednostima napona napajanja, dopuštenim vrijednostima ulaznih napona stanja niske razine U_{IL} i ulaznome naponu stanja visoke razine U_{IH} . Te su vrijednosti za sklop 74HCT00 niže, a napon napajanja je 5V. Za sklop 74HC00 te su vrijednosti napona više, a napon napajanja može biti u rasponu 2-6V.

37. Sklopovi 74AC00 i 74ACT00 razlikuju se po dopuštenima vrijednostima napona napajanja, dopuštenim vrijednostima ulaznih napona stanja niske razine U_{IL} i ulaznome naponu stanja visoke razine U_{IH} . Te su vrijednosti za sklop 74ACT00 niže, a napon napajanja je 5V. Za sklop 74AC00 te su vrijednosti napona više, a napon napajanja može biti u rasponu 2-6V.

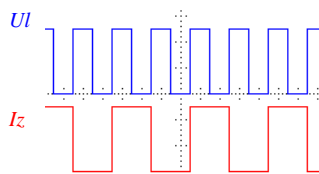
12. MULTIVIBRATORI U DIGITALNOJ ELEKTRONICI

3.

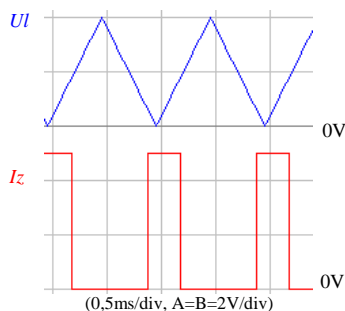
S	R	Q	Q'
0*	0*	1*	1*
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	Q ₀	Q ₀ '

* nedopuštena stanje na ulazima, nestabilna stanja na izlazu

4.



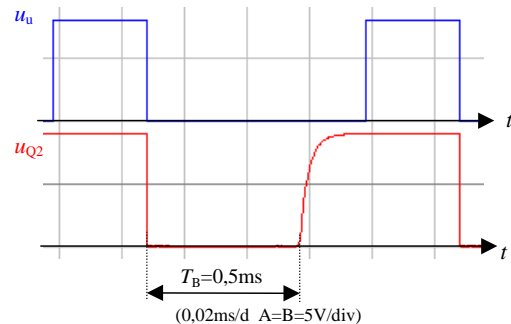
5.



6. 2kHz

$$7. T = 0,69 \cdot 22 \cdot 10^3 \Omega \cdot 33 \cdot 10^{-9} = 0,5 \text{ms}$$

8.

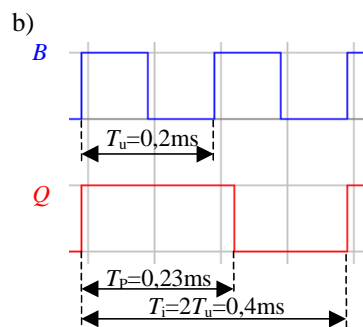
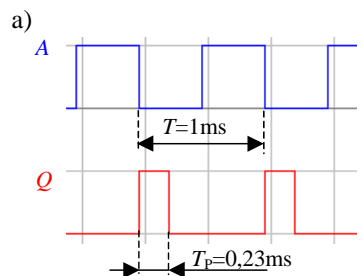


9. Napon na izlazu Q2 za vrijeme stabilnoga stanja smanjit će se s 9V na 6V: $U_i = 9V \cdot 2k\Omega / (1+2)k\Omega = 6V$. Zbog toga će se smanjiti trajanje kvazistabilnoga stanja s 0,5ms na 0,36ms:

$$T_B = 22 \cdot 10^3 \Omega \cdot 33 \cdot 10^{-9} \text{F} \cdot \ln(9+6-0,3-0,7) / (9-0,5) = 22 \cdot 33 \cdot 10^{-6} \cdot \ln 1,65 = 22 \cdot 33 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 = 0,36 \text{ms}$$

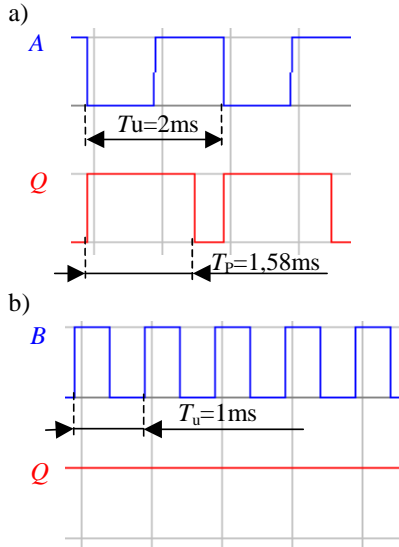
$$10. T_p = 0,693 \cdot 22 \cdot 10^3 \Omega \cdot 15 \cdot 19^{-9} \text{F} = 228,7 \mu\text{s}$$

11.



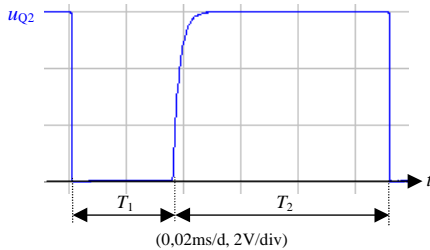
$$12. T_p = k \cdot 15 \cdot 10^3 \Omega \cdot 330 \cdot 19^{-9} \text{F} (1 + 700\Omega / 15000\Omega) = 0,32 \cdot 15 \cdot 10^3 \Omega \cdot 330 \cdot 19^{-9} \text{F} = 1584 \mu\text{s} = 1,58 \text{ms}$$

13.



14. $f = 1 / (0,69(22 \cdot 10^3 \Omega \cdot 2,2 \cdot 10^{-9} \text{F} + 22 \cdot 10^3 \Omega \cdot 4,7 \cdot 10^{-9} \text{F})) = 9,83 \text{kHz}$

15. $T_1 = 0,69 \cdot 22 \cdot 10^3 \Omega \cdot 2,2 \cdot 10^{-9} \text{F} = 33,4 \mu\text{s}$
 $T_2 = 0,69 \cdot 22 \cdot 10^3 \Omega \cdot 4,7 \cdot 10^{-9} \text{F} = 71,3 \mu\text{s}$

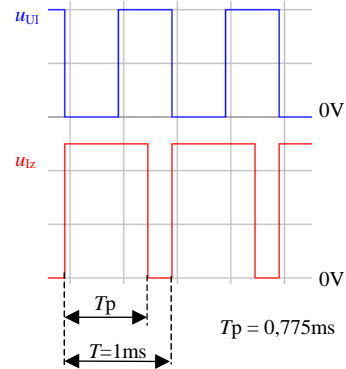


16. Napon na izlazu Q_2 , kad je taj tranzistor nevodljiv (kvazistabilno stanje T_2), smanjit će se na 4V: $U_{Q_2} = 6\text{V} \cdot 2\text{k}\Omega / (1+2)\text{k}\Omega = 4\text{V}$. Zbog smanjenoga napona na izlazu Q_2 , smanjit će se trajanje kvazistabilnoga stanja T_1 s $33,4 \mu\text{s}$ na $23,8 \mu\text{s}$ pa će se povećati frekvencija astabila s $9,83 \text{kHz}$ na $10,51 \text{kHz}$:

$T_2 = 22 \cdot 10^3 \Omega \cdot 4,7 \cdot 10^{-9} \text{F} \cdot \ln 2 = 71,3 \mu\text{s}$
 $22 \cdot 10^3 \Omega \cdot 4,7 \cdot 10^{-9} \text{F} \cdot 0,69 = 71,3 \mu\text{s}$
 $T_1 = 22 \cdot 10^3 \Omega \cdot 4,7 \cdot 10^{-9} \text{F} \cdot \ln[(6+4-0,3-0,7)\text{V} / (6-0,5)\text{V}] = 22 \cdot 10^3 \Omega \cdot 4,7 \cdot 10^{-9} \text{F} \cdot \ln 1,63 = 23,8 \mu\text{s}$
 $f = 1 / (71,3 + 23,8) \text{ms} = 10,51 \text{kHz}$

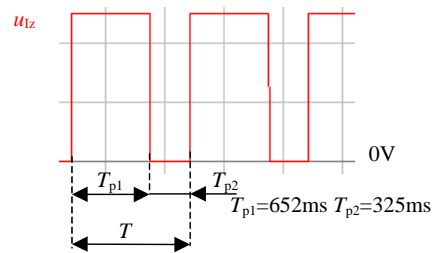
18. $T_p = 1,1 \cdot 47 \text{k}\Omega \cdot 15 \text{nF} = 775,5 \cdot 10^{-6} \text{s} = 0,775 \text{ms}$

19. $T_{ul} = 1 / 10^{-3} = 1 \text{ms}$,
 $T_p = 0,775 \text{ms}$ (prema zadatku 18.).



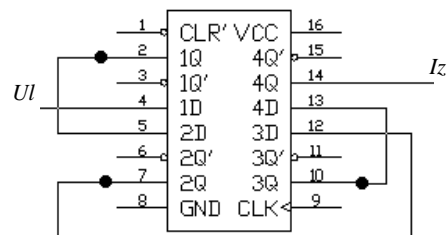
20. $T_{p1} = 0,639(10 \cdot 10^3 \Omega + 10 \cdot 10^3 \Omega) \cdot 47 \cdot 10^{-9} \text{F} = 651,42 \mu\text{s}$
 $T_{p2} = 0,639 \cdot 10 \cdot 10^3 \Omega \cdot 47 \cdot 10^{-9} \text{F} = 325,71 \mu\text{s}$
 $f = 1 / (651,42 \mu\text{s} + 325,71 \mu\text{s}) = 1025 \text{Hz}$

21. $T_{p1} = 651,42 \mu\text{s}$ i $T_{p2} = 325,71 \mu\text{s}$ (prema zadatku 20.)

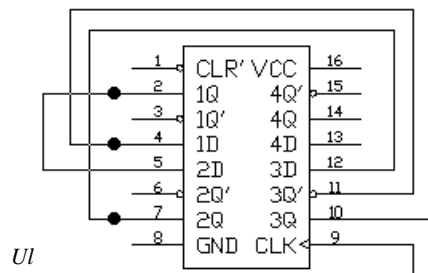


13. REGISTRI, BROJILA I MEMORIJE

3.



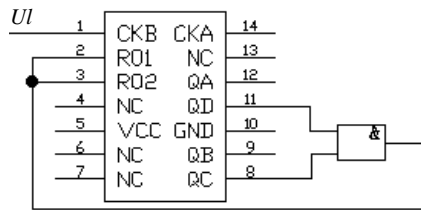
4.



5. 12

6. 5

7.



8. 12

9. 60

12. 14

13. $2^{10} \times 8b = 1024 \times 8b = 8192b = 1KB = 8Kb$

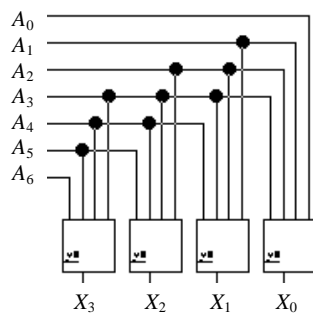
14. SLOŽENI LOGIČKI SKLOPOVI

1.

A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	Y ₃	Y ₂	Y ₁	Y ₀
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1
1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0

1. 16

3.

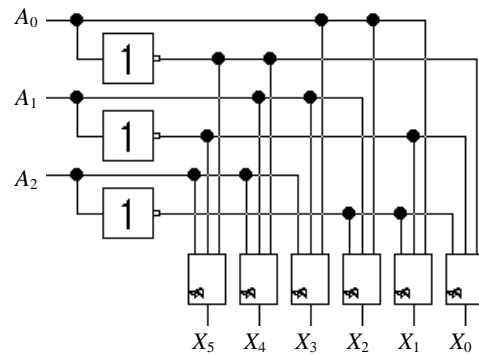


4. *

A ₂	A ₁	A ₀	Y ₇	Y ₆	Y ₅	Y ₄	Y ₃	Y ₂	Y ₁	Y ₀
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

5. 16

6. **



10. Svijetle svi segmenti.

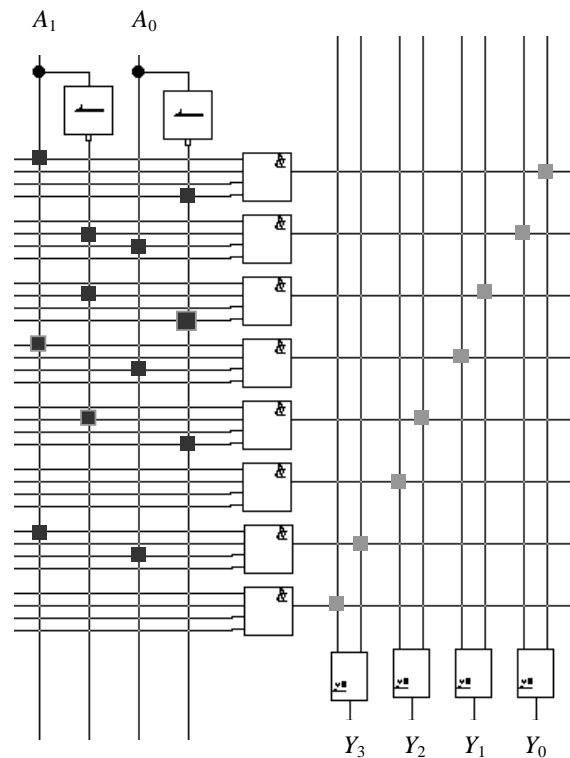
11. D_1

12. $S_0=0$ i $S_1=1$

13. Y_1

14. $A_0=1$ i $A_1=1$

17.



15. DIGITALNO UPRAVLJANJE

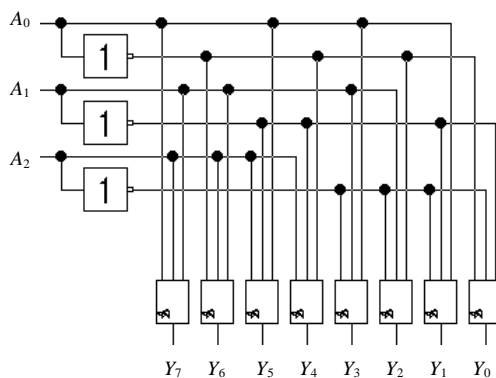
2. $U_R = 10V / (2^8 - 1) = 39,2mV$

3. $U_{iz} = 25mV \cdot 153 = 3,825V$

6. $U_{iz} = 5V(136/2^8) = 2,65625V$

7. $U_{iz} = -5V(136/2^8) = -2,65625V$

* Zadatak 4. u poglavlju 14. Složeni logički sklopovi (stranica 192.) u izdanjima udžbenika iz 2000. i 2001. godine postavljen s pogreškom na slici 14.28. Ispravna slika je:



Slika 14.28. Logička shema sklopa uz zadatak 4

** Zadatak 6. u poglavlju 14. Složeni logički sklopovi (stranica 192.) u izdanjima udžbenika iz 2000. i 2001. godine postavljen s pogreškom u tablici 14.13. Ispravna tablica je:

Tablica 14.13. Tablica stanja sklopa uz zadatak 6

Ulazi			Izlazi					
A_2	A_1	A_0	X_5	X_4	X_3	X_2	X_1	X_0
0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	1	0	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0