

ELEKTRONIKA

Ime in Priimek: _____

Vpisna številka: _____

Študijska smer: _____

Letnik: _____

Datum: _____

Kazalo:

1 Predgovor.....	3	Branje digitalnega vhoda.....	22
1.1 Vodniki in žice.....	3	Debounce.....	24
1.2 Orodje.....	4	Vezava tipke proti napajanju.....	25
1.3 Multimeter.....	4	6.2 Analogni vhod.....	26
Merjenje napetosti.....	5	priklučitev potenciometra.....	26
Merjenje toka.....	5	Serial.print.....	26
Merjenje upornosti.....	5	LCD.....	26
1.4 Elementi v elektroniki.....	6	6.3 Timer.....	26
Upor.....	6	Števec.....	26
Potenciometer.....	7	Prekinitev.....	26
Kondenzator.....	7	7 Senzorji.....	26
Tuljava.....	9	8 Pol-prevodni elementi.....	26
Svetleča dioda.....	10	8.1 Usmerniška dioda.....	26
2 Vezje za zabavo.....	10	glajenje napetosti.....	26
3 Merjenje napetosti.....	12	8.2 Zenerjeva dioda.....	26
3.1 Osciloskop.....	12	Referenčni vir z zenerjevo diodo.....	26
4 Elementi s spremenljivo upornostjo.....	15	9 Tranzistor.....	26
Fotoupor.....	15	9.1 tranzistor kot ojačevalnik moči.....	26
Termistor.....	15	9.2 Tranzistor kot stikalo (*MOSFET).....	27
5 Notranja upornost.....	16	10 Operacijski ojačevalnik.....	27
5.1 Notranja upornost voltmetra.....	16	10.1 komparator napetosti.....	27
5.2 Notranja upornost baterije.....	17	10.2 invertirajoči ojačevalni sistemov.....	27
6 Programabilna elektronika.....	19	10.3 elektrometrski ojačevalni sistem.....	27
6.1 Vhodno izhodni priključki		11 Električna sita.....	27
mikrokrmilnika.....	20	11.1 princip električnih sit.....	27
Krmiljenje digitalnega izhoda.....	20	11.2 karakteristika električnega sita.....	27

1 Predgovor

Preden se lotimo dela s pravo elektroniko najprej spoznajmo nekaj orodij, naprav in elementov, s katerimi se bomo srečevali pri vajah. Nedvomno bomo potrebovali razne povezave med elementi, ki jih bomo naredili z žicami, le te bo potrebno odrezati in jim odstraniti izolacijo. Zapomnite si, da morate vsako stvar, ko jo zvežete nemudoma preveriti, če deluje pravilno, saj bo odkrivanje napake na koncu veliko težje. Preden se lotimo dela s pravo elektroniko najprej spoznajmo nekaj orodij, naprav in elementov, s katerimi se bomo srečevali pri vajah. Nedvomno bomo potrebovali razne povezave med elementi, ki jih bomo naredili z žicami, le te bo potrebno odrezati in jim odstraniti izolacijo.

1.1 Vodniki in žice

Morda se vam zdi samoumevno, vendar vseeno namenimo besedo ali dve o žicah. Prav gotovo ste opazili, da so si vodniki različni po debelini, zgradbi, ter po debelini in vrsti izolacije, ki jih obdaja. Bolj debele žice uporabljamo tam, kjer pričakujemo večje tokove (napajanje električnih porabnikov) medtem, ko so tanjše namenjene le prenašanju informacije – napetosti (bodisi analogne ali digitalne). Preprosto elektrotehniško pravilo je, da mora biti ploščina preseka žice velika 1 mm^2 za vsak Amper, ki bo tekel po njej.

Debelina in vrsta izolacije okoli vodnika, pa je odvisna od napetosti, ki bo na vodniku. Ta sloj vodnika ščiti in preprečuje, da bi tok, ki teče po vodniku, odtekal tudi drugam. To je odvisno od "prebojne napetosti" zaščitnega materiala, ki nam pove koliko Voltov na mm leta še uspe zadržati.

Glede na sestavo naj omenimo le tri vrste vodnikov:

1. Pletene žice uporabljamo tam, kjer pričakujemo, da bomo vodnih morali večkrat zviti ali pa se bo le ta pri sami uporabi premikal.



2. Trde žice navadno uporabljamo v hišni napeljavi, vendar so tudi priljubljene v domači elektroniki, predvsem zato, ker jih lahko enostavno uporabljamo v testnih ploščicah. Ti vodniki niso primerni na tistih mestih, kjer pričakujete veliko tresljajev ali pregibanj, saj se po nekaj pregibih zlahka zlomijo.



3. Koaksialni vodnik, uporabljamo pri prenosu visokofrekvenčnih



signalov. Zanimivo pri teh vodnikih je tudi to, da je njihova upornost odvisna od dimenzij premera žice in opleta.

1.2 Orodje

V tej rubriki omenimo le izvijač in nekaj vrst klešč. Glede izvijača ne bomo izgubljali besed, vendar ga moramo omeniti, saj je tudi v elektroniki nepogrešljiv. Pogosto z njim nastavljamo razne trimer-potenciometre in druge nastavljive elemente. Prav tako je kdaj pa kdaj potrebno priviti kakšno žico v lestenčno sponko ali kak drug priključek.

V domači uporabi pa bomo prav gotovo naleteli na izvijač, ki vsebuje tudi preizkuševalec fazne napetosti, saj se z njim lahko prepričamo ali smo izklopili omrežno napetost pri vsakdanjem opraviilu kot je naprimer menjava žarnice. Pri tem izvijaču moramo omeniti, da nekateri niso narejeni tako, da bi z njim močnejše privijali vijake in ga lahko ob večjih obremenitvah tudi uničimo.



Klešče so različnih oblik velikosti in vsake imajo svoj namen. Klešče ščipalke so namenjene rezanju žice in jih prepoznate po ostrih čeljustih. Te čeljusti so pomaknjene zelo blizu stični točki obeh krakov klešč, saj tako pridobimo večjo silo na rezalnih čeljustih.

Naslednje zelo uporabne klešče so klešče za snemanje izolacije na vodnikih. Teh klešč (kot tudi vseh drugih) je več vrst, vendar najbolj pogoste so te, ki imajo konico čeljusti oblikovano v črko "V", da odrežejo izolativno plast okoli vodnika. Čeljust je opremljena tudi z vijakom, s katerim lahko nastavimo globino reza, da ne poškodujemo same žice v vodniku.



Pogosto pa nam pridejo prav tudi klešče, ki imajo bolj koničaste čeljusti s katerim lažje odstopamo do težje dostopnih delov. Njihova notranja površina je običajno narebrena, kar omogoča boljši oprijem. Večkrat jih uporabimo tudi za lažje rokovanje z elementi, ki so premajhni za naše roke.

1.3 Multimeter

Ena najbolj nepogrešljiva naprava pa je multimeter. To je naprava s katero (v splošnem) lahko merimo vsaj napetost, tok in upornost. Seveda lahko na tržišču zasledite te naprave

z vsemogočimi dodatnimi funkcijami. Razlikujejo se tudi glede na prikaz podatka (analogno ali digitalno) in ceni, tako jih lahko kupite že za nekaj evrov ali pa za nekaj 100 €. Vendar najbolj pomembna lastnost je njihova notranja upornost, ki mora biti pri V-metru čim večja, pri A-metru pa čim manjša.



Merjenje napetosti

Napetost vedno merimo med dvema točkama (med dvema potencialoma). V elektroniki sicer velja uporaba žargona, da ko govorimo o napetosti, mislimo le na eno točko v vezju, ob tem pa predpostavljamo, da to točko merimo z Volt-metrom tako, da imamo eno žico priključeno na to točko, drugo pa na potencial 0 V (GND). Če pa govorimo o napetosti na nekem elementu, pa pomeni, da napetost merimo vzporedno s tistim elementom.

Merjenje toka

Ampêrméter je merilna priprava za merjenje električnega toka. Pogosto deluje na osnovi magnetnih učinkov električnega toka (instrument na mehko železo, instrument z vrtljivo tuljavo). Poznamo tudi digitalne in drugačne ampermetre.

Ampermeter vežemo v električno vezje zaporedno. Zato mora imeti čim manjšo notranjo upornost, da s svojo upornostjo čim manj vpliva na okoliščine v električnem vezju. Vrsta ampermetra za ugotavljanje ali merjenje majhnega električnega toka je galvanometer.

Merjenje upornosti

Upornost enega elementa moramo vedno meriti tako, da element izvzamemo iz vezja in ga nato neposredno priključimo na Ohm-meter. Kajti, če bi merili upornost elementa, ko je le-ta še v vezju, bi merili tudi upornost celotnega vezja, ki je temu upor upor vezana vzporedno.

1.4 Elementi v elektroniki

Ne nazadnje omenimo še nekaj osnovnih elementov s katerimi se bomo srečevali. Verjamem, da osnovne elemente, kot so upor, kondenzator, tuljava... že poznate, a jim vseeno namenimo kako besedo ali dve več.

Upor

Zelo »na hitro« bi lahko z uporom poimenovali tisti element, ki se upira električnemu toku, da bi nemoteno tekel skozenj. Poznamo elemente, ki imajo "fiksno" upornost in elemente, ki se jim ta spreminja v odvisnosti od neke fizikalne količine.



Nekaj zmede je v slovenskem prostoru tudi z besediščem na tem področju. Z besedo upornik v elektroniki označimo material iz katerega je narejen nek upor, v naših primerih bo to večinoma ogljik. Upornost pa je količina, ki jo merimo v Omih (Ω) in nam pove kolikšno je razmerje med napetostjo na uporu in tokom, ki teče skozenj. S tem razmerjem se je ukvarjal nemški fizik George Simon Ohm.

Vrednosti uporov so razvrščene v uporovne lestvice. To pomeni, da ne moremo kupiti upora s katerokoli upornostjo, pač pa moramo izbrati med razpoložljivimi upori v lestvici. Tako poznamo uporovne lestvice E6, E12, E24, E48, E96 in E192. Uporovna lestvica E6 vsebuje 6 uporov na dekada. To pomeni da najdemo 6 različnih uporov v intervalu od 1 k Ω do 10 k Ω . Ti upori so: 1.0k, 1.5k, 2.2k, 3.3k, 4.7k in 6.8k Ohmov. V naslednji dekadi se številke ponovijo, le da so vse za faktor 10 večje.

Da bi lažje prepoznali vrednosti uporov (njihovo upornost), so ti opremljeni z barvnimi kodami. Kako prepoznamo njegovo upornost prikazuje naslednja slika.

Omeniti moramo, da so upori dimenzionirani tudi glede na največjo dopustno moč, ki se na uporu troši v obliki toplote (upor se segreva). Tako so standardne moči uporov razvrščene v nekaj kategorij npr.: 1/8W, 1/4W, 1/2W, 1W ... zato so upori razvrščeni tudi v različna ohišja (na fizično večjih se lahko troši tudi

COLOR	1st BAND	2nd BAND	3rd BAND	MULTIPLIER	TOLERANCE
Black	0	0	0	1 Ω	
Brown	1	1	1	10 Ω	$\pm 1\%$ (F)
Red	2	2	2	100 Ω	$\pm 2\%$ (G)
Orange	3	3	3	1K Ω	
Yellow	4	4	4	10K Ω	
Green	5	5	5	100K Ω	$\pm 0.5\%$ (D)
Blue	6	6	6	1M Ω	$\pm 0.25\%$ (C)
Violet	7	7	7	10M Ω	$\pm 0.10\%$ (B)
Grey	8	8	8		$\pm 0.05\%$
White	9	9	9		
Gold				0.1	$\pm 5\%$ (J)
Silver				0.01	$\pm 10\%$ (K)

Electronix Express / RSR
<http://www.elexp.com>

1-800-972-2225
 In NJ 732-381-8020

večja moč). Glede na ohišje pa med upori lahko najdemo tudi take, ki jih na tiskano vezje namestimo površinsko, takim pravimo SMD upori.



Potenciometer

Uporom, ki jim lahko nastavljamo upornost, pravimo potenciometer ali trimer-potenciometer. Slednji izraz se uporablja, ko gre za upor, ki ga nastavljamo z izvijačem (obe sliki na levi), če pa je ta opremljen s paličico, pa temu rečemo potenciometer (slika na desni). Trimer-potenciometri imajo navadno še to lastnost, da jih lahko zavrtimo za več obratov (slika z modrim trimer-potenciometrom), vendar to ni pravilo, saj take upore naletimo tudi med potenciometri. Ne glede na poimenovanje je funkcija in uporaba teh nastavljivih uporov enaka.



Kondenzator

Kondenzator je elektrotehniški element, ki lahko shranjuje energijo v obliki električnega polja. Njegova pomembna veličina je kapacitivnost. Kondenzator sestavljata dve elektrodi, največkrat ploščati ali valjasti, med katerima se zelo pogosto nahaja dielektrik, ki poveča kapacitivnost in poenostavi izdelavo kondenzatorja. Kondenzator vedno poimenujemo po materialu, iz katerega je dielektrik:

1. **zrak** - ti kondenzatorji brez dielektrika so izredno kakovostni in se uporabljajo v visokofrekvenčnih radijskih oddajnikih. Tudi kondenzatorji z nastavljivo kapacitivnostjo so pogosto zračni. Slabost je majhna kapacitivnost na enoto prostornine
2. **papir** - primerni za velike delovne napetosti (tudi do več sto kilovoltov), velika izolacijska upornost in velika toleranca
3. **kovinopapir** - na papir je napažena kovina in vse skupaj zavito v kolobar. Velika kapacitivnost na prostorninsko enoto, majhen faktor izgub, kovina se v točki morebitnega preboja raztali in tako se kondenzator sam »popravi«
4. **stirofleks** - majhne izgube in majhen temperaturni koeficient



5. **kovinopolikarbonat in kovinopoliester** - na folijo iz polikarbonata ali poliestra je naparjena kovina. Možnost regeneriranja ob preboju (podobno kot kovinopapirni kond.), velika izolacijska upornost in velika časovna konstanta
6. **sljuda** (mineral kalijevega aluminosilikata) - majhen faktor izgub, zlasti pri visokih frekvencah, zelo velika izolacijska upornost, dovoljene velike delovne napetosti (do več kilovoltov)
7. **mica** (aluminijev silikat) - majhne tolerance, velike delovne napetosti, majhen faktor izgub
8. **keramika** - po lastnostih podobni sljudnim in mica kond. Veliko frekvenčno področje, majhen faktor izgub, zelo velika kapacitivnost na prostorninsko enoto, velik temperaturni koeficient

Pri polariziranih kondenzatorjih nastane dielektrik šele ob priključitvi na el. napetost in jih moramo pravilno priključiti na enosmerno napetost. Nekaj trenutkov po priključitvi teče skozi njih velik prečni tok. Zato se uporabljajo za glajenje nihajočih enosmernih napetosti, ki ne menja predznaka (v žargonu: blokado), včasih tudi kot vezni kondenzatorji izmeničnih tokokrogov. Dve najpogostejši izvedbi polariziranih kondenzatorjev sta:



1. **elektrolitski kondenzator** - med elektrodama se nahaja papirna gaza z raztopino boraksa, fosfata ali karbonata. Ob priključitvi na enosmerno napetost se ob pozitivni elektrodi nabere plast aluminijevega oksida, ki deluje kot dielektrik. Izredno velika kapacitivnost na prostorninsko enoto in velika nenatančnost kapacitivnosti.
2. **tantalov kondenzator** - elektrolit je trden tantalov pentoksid, majhne delovne napetosti (redko nad 100 V), velika toleranca, dokaj velik faktor izgub, velika kapacitivnost na prostorninsko enoto; pogosti v integriranih elektronskih vezjih

Velikostni razred kapacitivnosti je najpogostejše reda μF do mF . Kondenzatorjem z veliko kapacitivnostjo (do 1F ali še več) pravimo tudi superkondenzatorji (v žargonu se včasih uporablja tudi angleška izposojenka supercap). Največkrat se uporabijo, da lahko še nekaj časa zagotovijo napajanje nekaterih delov vezja (npr. ure) tudi ob kratkotrajnem izpadu el. energije.

Tuljava

Dušilka, navitje ali tuljava je elektronski element z dvema priključkoma, katerega glavna značilnost je induktivnost. Ločimo zračne dušilke in dušilke s feromagnetnim jedrom. Zračna dušilka ima linearno in simetrično UI karakteristiko. Feromagnetna dušilka ima za UI karakteristiko histerezo zanko.

Enosmerni električni tok ustvari v navitju magnetno polje.

Spremembe toka (npr.: izmenični tok) povzročijo samoindukcijo. Generira se električna napetost, ki ima tako smer, da nasprotuje svojemu vzroku. Dušilka torej nasprotuje hitrim spremembam toka. Zato se v stikalih ob izklopu pojavi električni oblok (iskrenje).

Induktivnost dušilke oziroma tuljave določa število ovojev (več ovojev večja induktivnost) in dielektričnosti (vrsta) snovi, ki jo vstavimo v tuljavo.

Če priključimo idealno tuljavo na izmenični tok s spremenljivo frekvenco, je pri frekvenci 0 Hz njena upornost enaka 0 ohmov. Pri neskončni frekvenci pa je njena upornost enaka neskončno ohmov. Zaradi svojega obnašanja pri 0 Hz predstavlja tuljava za enosmerni tok kratek stik.

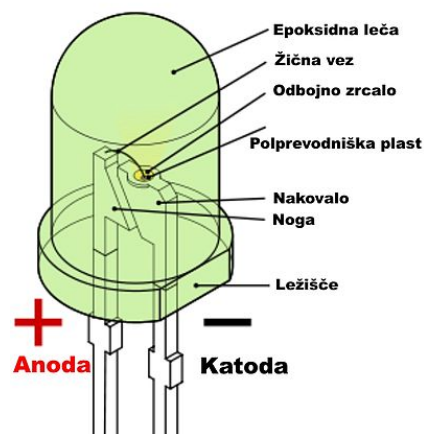
Pri neidealni tuljavi je upornost tuljave, če jo priključimo na enosmerno napetost, enaka upornosti žice. Upornost žice pa je odvisna od njenih lastnosti (preseka, dolžine, materiala, temperature, itd).

Če skozi tuljavo spustimo enosmerni električni tok, ustvari v svoji okolici magnetno polje. Če tuljavo izklopimo iz napetosti, se bo na tuljavi inducirala napetost (ki tako nasprotuje spremembi napetosti, torej izklopu). Za to indukcijo se uporabi energija, ki se je prej naložila v magnetno polje pri njegovem ustvarjanju (in se tam shranila).



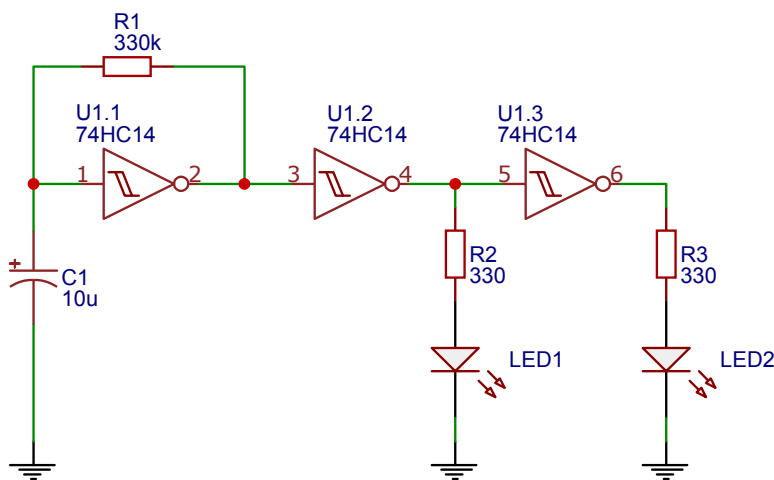
Svetleča dioda

Svetleča dioda (angleška kratica LED) je polprevodniški element. Njene električne karakteristike so podobne navadni polprevodniški diodi s to razliko, da kadar prevaja tok, sveti. Razlikujejo se po barvi, velikosti, obliki in električnih karakteristikah. Svetloba, ki jo oddajajo ima valovno dolžino v ozkem pasu. Modro barvo so uspeli dobiti šele pred nekaj leti. Bela svetleča dioda je kombinacija rdeče, zelene in modre. Izkoristek svetleče diode je mnogo boljši kot pri žarnici z žarilno nitko. Bele svetleče diode velike sevalne moči napovedujejo bolj množično uporabo le-teh v razsvetljavi. Poleg boljšega izkoristka jih odlikuje tudi daljša življenjska doba, ki znaša okoli 50000 ur, za razliko od navadne žarnice, kjer je 1000 ur.

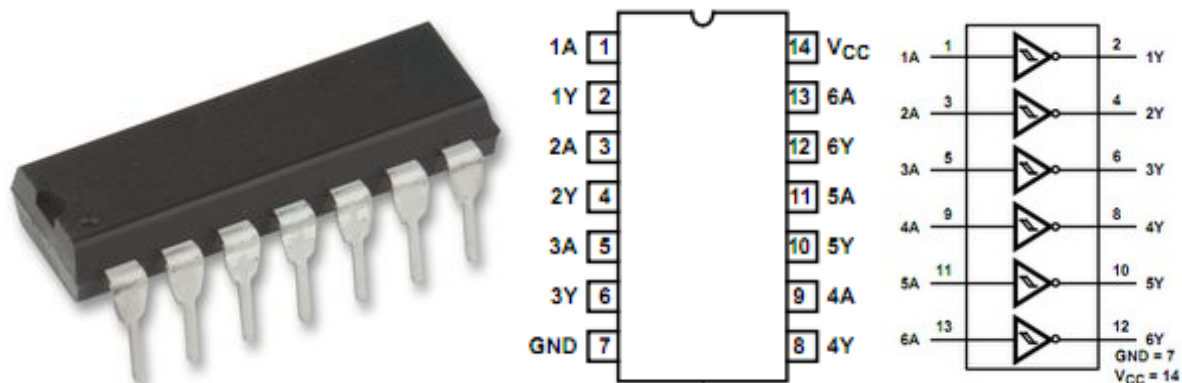


2 Vezje za zabavo

Vezje, ki ga vidite na sliki je nekoliko čudno, čeprav je pravilno narisano... Zakaj? Ker na njem ne najdemo napajanja, čeprav vemo, da brez njega ne more delovati. Vendar tak je dogovor, napajalnih priključkov v nekaterih primerih ne rišemo zato, da bi s tem pridobili boljšo preglednost sheme elektronskega vezja.



Druga posebnost tega vezja je, da sta dva elementa označena z enako oznako U1, kar pomeni, da gre za isto integrirano vezje. Kako? Razlaga je v tem, da mnoga integrirana vezja vsebujejo več enakih elementov. Tako integrirano vezje (čip) 74HC14 v sebi združuje kar 6 enakih vrat NE. Naslednje tri slike prikazujejo ta čip kot realen element, simbolno shemo čipa z razporeditvijo priključkov in še eno simbolno shemo z notranjo zgradbo tega čipa.



Opazimo lahko, da čip napajamo s +5V na nožici VCC (številka nožice je 14) in napetost 0V moramo pripeljati na nožico GND (številka nožice je 7).

NALOGA:

Vsakič, ko sveti ena dioda, se skozi upor R_1 v eni smeri pretaka električni naboj (tudi elektrina). Ko se pretoči približno $e = C \times 1 \text{ V}$ naboja, se naboj začne pretakati v drugo smer in začne svetiti druga svetleča dioda. Izračunaj koliko naboja se vsakič pretoči v tvojem primeru:

Izračuni:

NALOGA:

Izmerite pretakanje naboja skozi različna upora R_1 in R_2 ter skozi njune vzporedne in zaporedne vezave. Upora naj bosa v razmerju 1:2.

$R_1 = \text{_____} \Omega$ in $R_2 = \text{_____} \Omega$.

	čas utripanja	število utripov	količina naboja	povprečni električni tok	nadomestna upornost
R1					
R2					
R1+R1					
R2+R2					
R1 R1					
R2 R2					

UGOTOVITVE:

3 Merjenje napetosti

Električno napetost pravzaprav merimo tako, da priključka voltmetra priključimo na dva različna električna potenciala. Nato nam voltmeter izmeri razliko teh dveh potencialov. Pri tem moramo priključek voltmetra, ki je označen z oznako »GND« priključiti na nižji potencial. Drugi priključek, ki je navadno označen z »V« pa priključimo na višji potencial.

V elektroniki pogosto privzamemo, da imamo priključek voltmetra, ki je označen z »GND« priključen na ničelni potencial – 0 V. Z drugim priključkom pa se dotikamo drugih mest po vezju in tako preverjamo napetostne potenciale po vezju. Zato boste pogosto slišali, da vam bo elektronik rekel, da je v neki točki vezja neka določena napetost in ne napetostni potencial, kakor bi bilo pravilno.

Voltmeter je primeren za merjenje napetosti, kadar je napetost konstantna in se v času ne spreminja. Če se napetost spreminja dovolj hitro bo voltmeter kazal neko povprečno napetost.

NALOGA:

Uporabite prejšnje vezje in vanj zvežite nekoliko manjši upor R_1 - tak, da bosta diodi utripali prehitro, da bi lahko šteli njune utripe. Nato z voltmetrom skušajte zmeriti napetost na kondenzatorju...

UGOTOVITVE:

3.1 Osciloskop

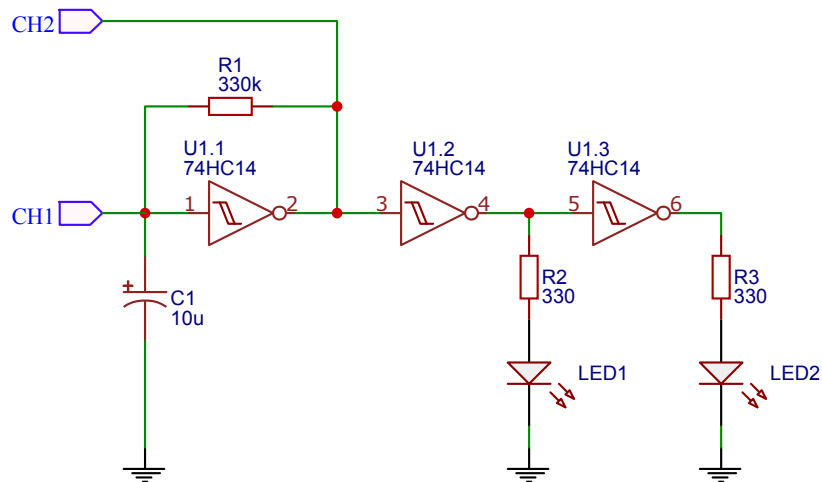
Kadar se nam napetost spreminjanja v času, napetost najpogosteje spremljamo z osciloskopom. To je naprava, ki nam na zaslonu pokaže kako se napetost časovno spreminja. Pri uporabi osciloskopa za merjenje napetosti uporabljamo merilne sonde. Le-te imajo na koncu prav tako dva priključka, kot voltmeter. Tisti priključek, ki je opremljen s krokodilčkom vedno priključimo na potencial 0 V ali GND. Drugega pa lahko premikamo po vezju in preverjamo napetosti.



Slika 3.1: Priključna sonda osciloskopa za mernjene napetostnih potencialov.

NALOGA:

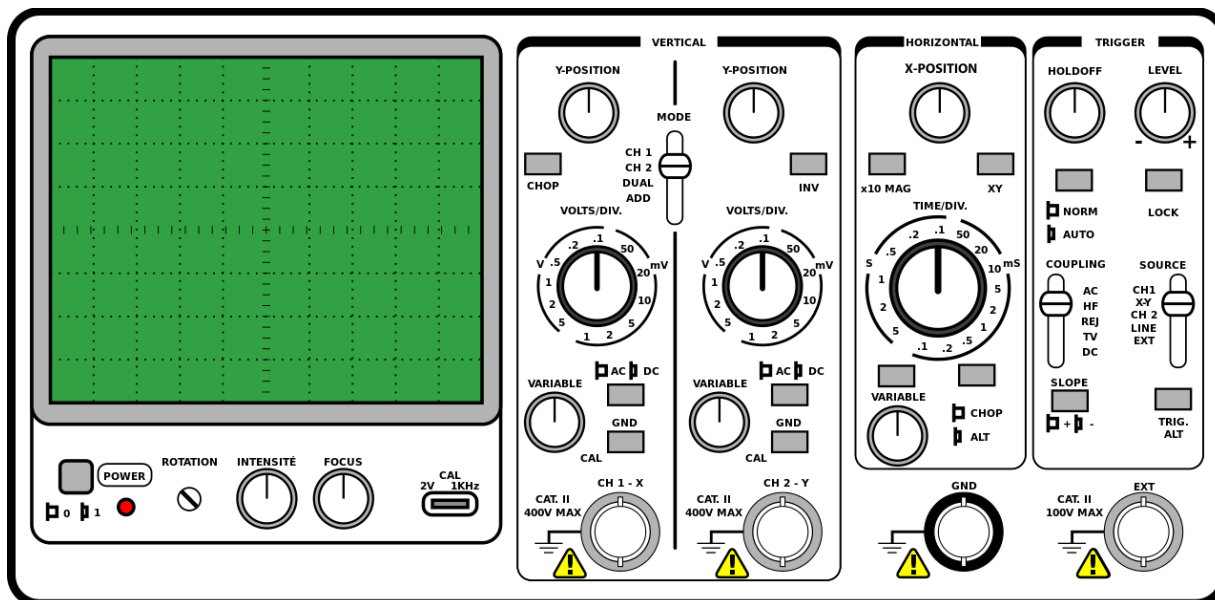
Uporabite osciloskop in prvi meritveni kanal (imenovan CH1) povežite tako, da boste lahko spremljali napetost na kondenzatorju C_1 – tako, kot prikazuje spodnja shema.



Slika 3.2: Priključitev merilnih priključkov osciloskopa (CH1 in CH2).

NALOGA:

Na spodnji sliki si označite, kako ste osciloskop nastavili, kaj nastavljate z določenimi gumbi in prerišite časovni potek napetosti na C_1 .



Slika 3.3: Shema osciloskopa.

4 Elementi s spremenljivo upornostjo

Fotoupor

Uporabite enako vezje kot v prejšnji vaji, le da upor nadomestite s fotouporom (LDR - Light Dependent Resistor). To je element katerega upornost se spreminja z osvetljenostjo njegove površine.



Slika 4.1: Fotoupor.

NALOGA:

S poskušanjem in opazovanje frekvence utripanja svetleče diode morate ugotoviti ali se njegova upornost POVEČA/ZMANJŠA/NE SPREMENI, ko ga OSVETLIMO/ZATEMNIMO.

To potrdite tudi z Ohm-metrom tako, da izmerite njegove prave vrednosti in jih zapišite. Pri merjenju upornosti bodite pozorni, da boste upornost foto-upora merili neposredno izven vezja! Kajti v nasprotnem primeru merite tudi upornost ostalega vezja, ki je foto-uporu vezana vzporedno.

UGOTOVITVE:

Termistor

Uporabite enako vezje kot v prejšnji vaji, le da foto-upor nadomestite s termistorjem. To je element katerega upornost se spreminja s temperaturo.

NALOGA:

S poskušanjem in opazovanje frekvence utripanja svetleče diode morate ugotoviti ali se njegova upornost POVEČA/ZMANJŠA/NE SPREMENI, ko ga SEGREJEMO/OHLADIMO.

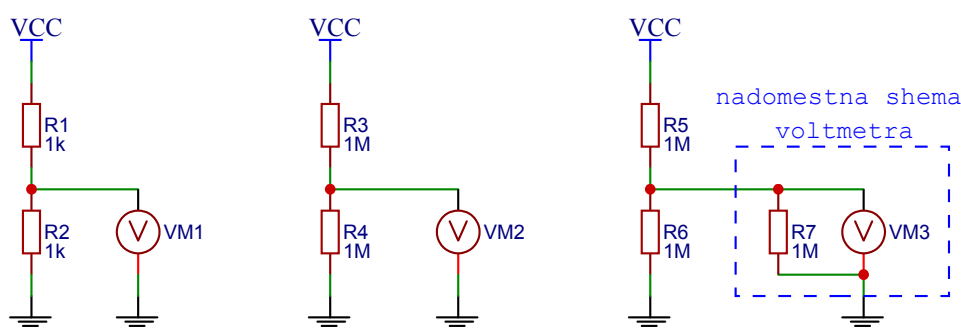
UGOTOVITVE:

5 Notranja upornost

V nekaterih primerih notranjih upornosti elementov virov napetosti in inštrumentov ne smemo zanemariti. Poglejmo si konkreten primer.

5.1 Notranja upornost voltmetra

Sestavite napetostni delilnik z dvema enakima uporoma in preverite 2. Kirchofov izrek. Ker sta v obeh primerih upora enaka, bi se morala napajalna napetost razdeliti na vsak upor enako.



Slika 5.1: Notranja upornost v-metra.

NALOGA:

Izmerite napetosti na viru, ter na obeh uporih posebej za delilnik napetosti, ki je sestavljen iz dveh večjih uporov (cca $1M\Omega$) in iz dveh manjših uporov (cca $1k\Omega$).

MERITVE:

$R_1 = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$
 $R_2 = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

$U_{VCC} = \underline{\hspace{2cm}} V$
 $U_{R1} = \underline{\hspace{2cm}} V$
 $U_{R2} = \underline{\hspace{2cm}} V$

$R_1 = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$
 $R_2 = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

$U_{VCC} = \underline{\hspace{2cm}} V$
 $U_{R1} = \underline{\hspace{2cm}} V$
 $U_{R2} = \underline{\hspace{2cm}} V$

NALOGA:

S pomočjo prejšnjih podatkov iz primera, kjer smo v delilniku uporabili upore z višjo upornostjo, izračunajte notranjo upornost volt-metra. Delilnik napetosti in nadomestno shemo voltmetra ponovno narišite in označite izmerjene vrednosti.

SHEMA VEZJA:**IZRAČUNI:**

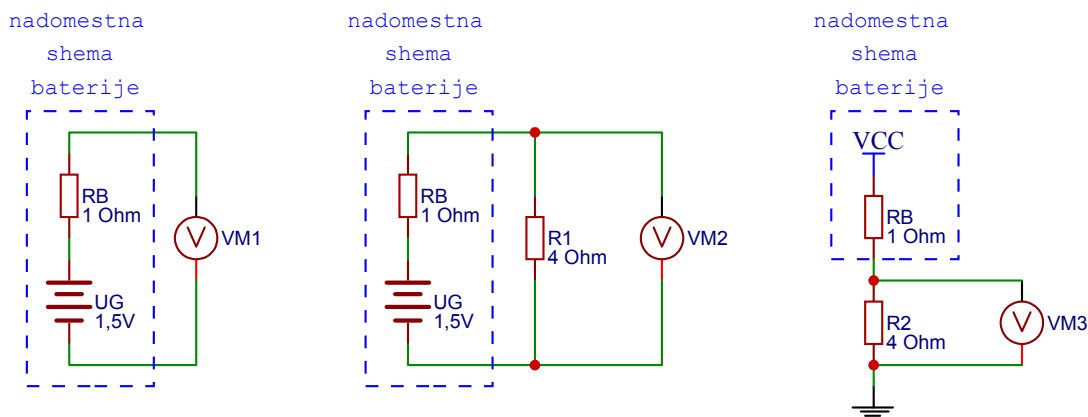
5.2 Notranja upornost baterije

Prav tako se moramo zavedati, tudi izhodnih notranjih upornosti. Te upornosti zavirajo izhodni tok neke naprave ali napetostnega vira. Poglejmo si na primeru baterije.

Na primer, da imamo baterijo, ki imata notranjo upornost 1 Ohm. Shematsko bi to ponazorili z naslednjo shemo. Če na bateriji izmerimo napetost (shema -levo), bomo dejansko izmerili napetost, ki je na bateriji, saj tok ne teče (oz. je zanemarljiv) in zato ni padca napetosti na upor (saj veste $U_{RB} = I_{RB} \times R_B$ – torej = 0 V). Če pa baterijo obremenimo z nekim uporom (manjšim npr.: 4 Ω), bo tok tekel tudi skozi notranji upor baterije. Tedaj bo na tem uporju nastal padec napetosti ($U_{RB} = I_{RB} \times R_B$) in zato bomo na izhodnih priključkih baterije izmerili nekoliko nižjo napetost, kot prej.

Situacija je praktično enaka delilniku napetosti, ki ga lahko vidite na desni strani sheme. Napajalna napetost 1,5 V se razdeli na 5 delov, kjer 4 dele prevzame večji upor za 4 Ω ,

1 del pa manjši upor za 1 Ω . Tako izmerimo na večjem uporu za $1,5V \div 5 = 0,3V$ manj od napajalne napetosti ($U_{R2} = 1,5 V - 0,3 V = 1,2 V$).



Slika 5.2: Notranja upornost baterije.

Ob tem ocenimo (recimo, da notranji upora baterije zanemarimo!) še kakšna moč se bo trošila na tem uporu, ki ga bomo priključili na baterijo. Tok skozi ta upor bo $I_{R2} = U_{R2} \div R_2$, torej bo $I_{R2} = 1,5V \div 4\Omega = 0,375 A$ (dejansko bo na tem uporu manjša napetost in zato tudi manjši tok in posledično manjša moč, ampak gre za oceno). Moč pa izračunamo kar kot produkt toka in napetosti na uporu torej $P_{R2} = U_{R2} \times I_{R2} = 0,56W$. To pomeni, da moramo uporabiti tak upor, ki bo imel največjo dopustno moč večjo od te številke, torej izberemo 1 W-ni upor.

NALOGA:

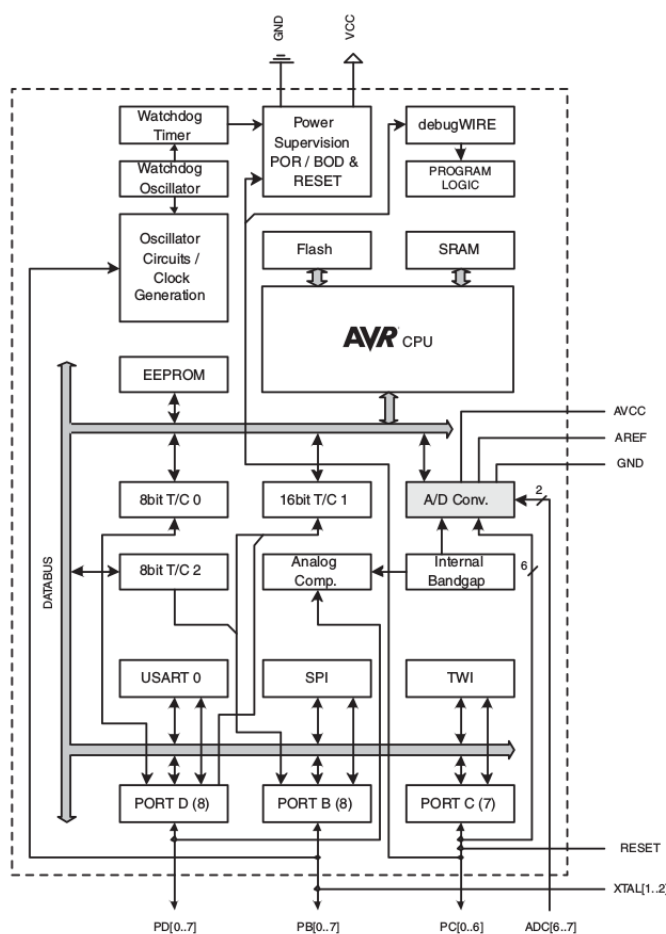
Napravite podoben preskus, kot je opisan in izmerite potrebne podatke za izračun notranje upornosti baterije. Narišite tudi shemo vezja vključno z nadomestno shemo baterije.

MERITVE:

IZRAČUNI:

6 Programabilna elektronika

Mikrokrmilnik je integrirano vezje, ki vsebuje zelo veliko sestavnih delov, ki jih lahko srečamo tudi v računalništvu (procesor, notranji pomnilnik, različne vmesnike, vhodno-izhodne enote ...). Mikrokrmilniki so danes vgrajeni v skoraj vse naprave, ki nas dnevno spremljajo. Na primer v mobilnem telefonu, televiziji, v DVD-predvajalniku, v mikrovalovni pečici, v pralnem in pomivalnem stroju ... Razlog za to je v njihovi univerzalni uporabnosti in cenenosti. Najpomembnejša sestavina mikrokrmilnika je procesor. Vsi mikrokrmilniki, ki so nadgradnja istega procesorja, tvorijo družino mikrokrmilnikov. Mi si bomo podrobneje ogledali AVR družino mikrokrmilnikov proizvajalca Atmel. Med seboj se predstavniki družine razlikujejo po vrsti in količini dodanih enot, ki jih vsebujejo. Procesorji v mikrokrmilniku se razlikujejo v številu bitov, ki jih obdelujejo hkrati in v hitrosti delovanja oziramo procesnemu taktu. Največkrat so osembitni in »tečejo« s hitrostjo nekaj MHz. V primerjavi s procesorjem v osebem računalniku je to malo, vendar v veliki večini to za preproste operacije zadostuje. Program, ki se v mikrokrmilniku izvaja je sorazmerno majhen in obsega nekaj deset kB. Mi si bomo podrobneje ogledali mikrokrmilnik ATmega328.



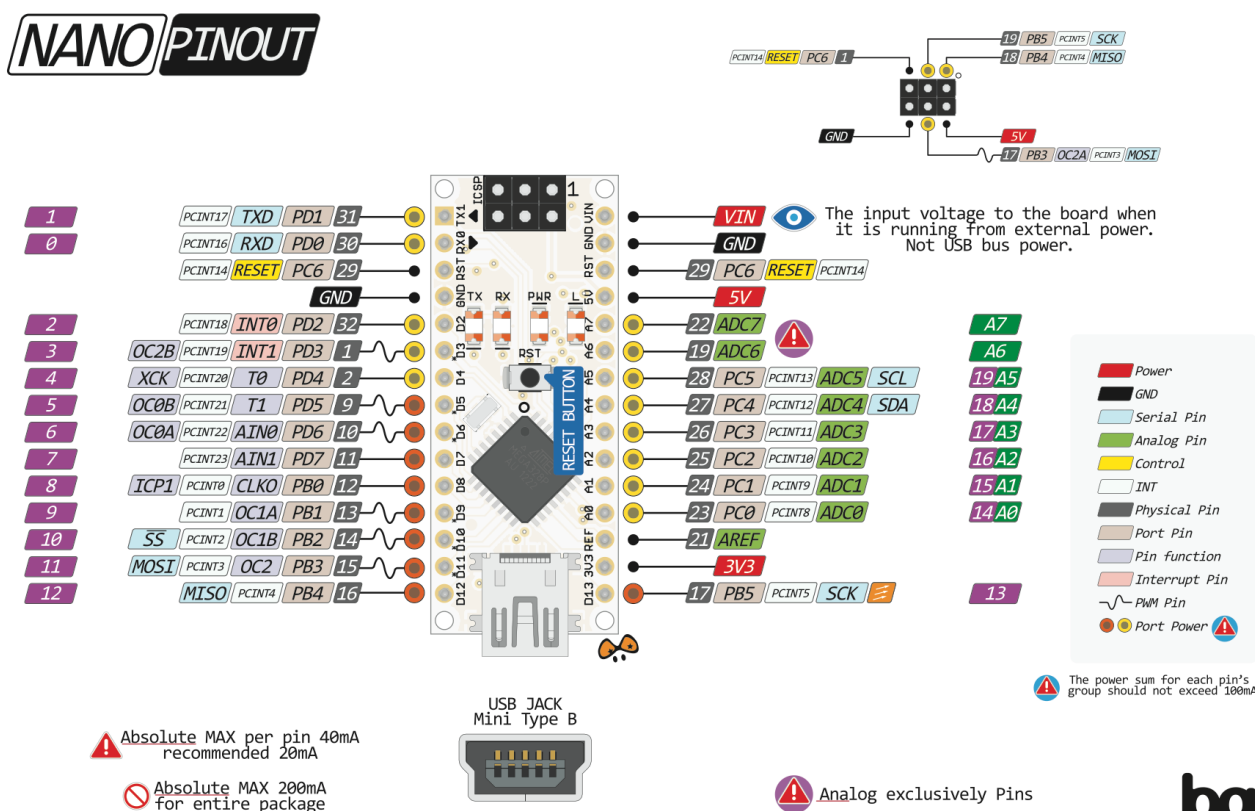
Slika 6.1: Blokovna shema mikrokrmilnika ATmega328.

6.1 Vhodno izhodni priključki mikrokrmilnika

Na blokovni shemi, ki jo lahko najdete na prejšnji strani, lahko vidimo glavne sestavne dele našega mikrokrmilnika. Kot je razvidno iz blokovne sheme, lahko mikrokrmilnik povežemo z ostalimi elektronskimi napravami in elementi preko vhodno-izhodnih enot.

Na shemi so označene s PB[0..7], PC[0..6] in PD[0..7]. Lahko opazimo, da je po 8 priključkov združenih v ena t.i. »vrata« (ali ang. Port), saj je naš krmilnik 8-bitni in so nastavitvene celice v mikrokrmilniku urejene s po 8. biti skupaj. Opazimo lahko tudi, da so povezave teh priključkov opremljene s puščicami, ki so obrnjene v obe smeri. To nakazuje, da se ti priključki lahko uporabljajo v vhodni ali izhodni funkciji.

Mi se bomo z mikrokrmilnikom spoznali preko zelo popularnega vezja Arduino NANO (www.arduino.org). Vezje vsebuje že omenjeni mikrokrmilnik Atmega328, vmesnik za USB komunikacijo in priročnimi priključki, za v testno ploščico. Razporeditev priključkov tega vezja pa ponazarja spodnja shema (<http://www.pighixxx.com>).

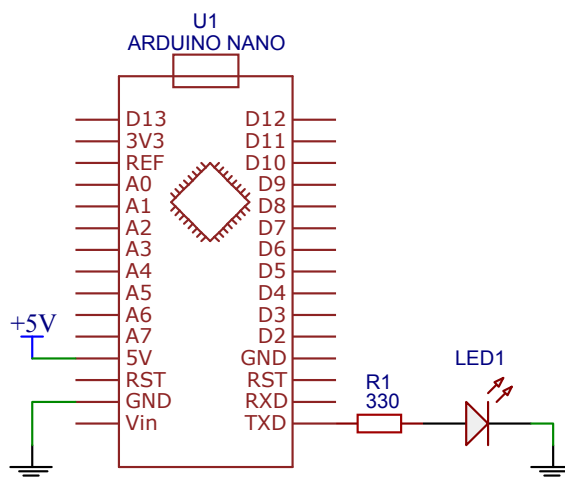


Slika 6.2: Oštevilčenje priključkov krmilnika Arduino NANO.

Krmiljenje digitalnega izhoda

Vsak priključek mikrokrmilnika lahko uporabljamo kot digitalni izhod. To pomeni, da lahko programsko določimo njegov napetostni potencial. Torej, lahko mu pripišemo 5 V (ali visok potencial) - logična »1« ali pa 0 V (nizek potencial) - logična »0«. Tako lahko z njim

krnilimo razne električne porabnike kot na primer svetleče diode. Paziti pa moramo, da tok skozi posamezni izhodni priključek ne preseže 40 mA (priporočljivo niti 20 mA). Nastavitev vhodno-izhodne funkcije za vsaj priključek lahko nastavimo v nastavitveni celici (v nadaljevanju register) **DDRx** (okr. Data Dirrection Register), kjer x predstavlja črko vrat (B, C ali D). Samo vrednost (napetostni potencial) priključka pa nastavimo v registru **PORTx**, kjer x predstavlja črko vrat (B, C ali D).



Slika 6.3: Vezava svetleče diode na izhodni priključek.

NALOGA:

Zvežite vezje po zgornji shemi in preskusite spodnji program v programskem okolju Arduino IDE. Skušajte popraviti tudi morebitne napake programa... in komentirajte programsko kodo.

```

1 void setup() {
2   pinMode(1, OUTPUT);
3 }
4
5 void loop() {
6   digitalWrite(1, HIGH);
7   delay(1000);
8   digitalWrite(1, LOW);
9   delay(1000);
10 }
```

NALOGA:

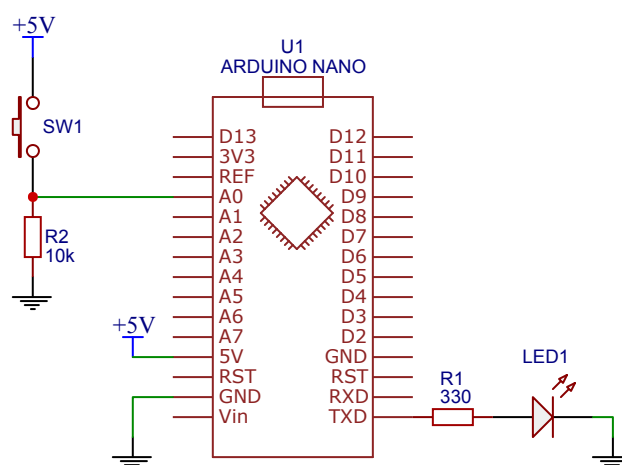
Program spremenite tako, da funkcijo priključka in njegovo vrednost nastavite neposredno z nastavitvijo registrov.

NALOGA:

Za zgornji primer izračunajte izhodni tok digitalnega priključka PD0.

Branje digitalnega vhoda

Vsak priključek mikrokrmilnika lahko nastavimo tudi v funkcijo digitalnega vhoda. Pravzaprav je to privzeta nastavitve funkcije priključka, če to funkcijo drugače ne določimo. S tem zavarujemo morebitno uničenje mikrokrmilnika ob napačni priključitvi, saj zaradi visoke vhodne notranje upornosti digitalnega vhoda električni tok ne teče po tem priključku. To funkcijo lahko nastavimo v registru **DDRx** tako, da na zaporedno mesto vpišemo logično »0«. Električni potencial, ki se na priključku pojavi pa lahko preberemo v registru **PINx**.



NALOGA:

Zvežite vezje po zgornji shemi in preskusite spodnji program.

```

1 void setup() {
2   pinMode(1, OUTPUT);
3   pinMode(14, INPUT);
4 }
5
6 void loop() {
7   if (digitalRead(14) == HIGH){
8     digitalWrite(1, HIGH);
9   }
10 }
```

NALOGA:

Dopolnite program tako, da bo LED tudi ugasnila, ko tipko spustite.

Hitro lahko ugotovimo, da imamo s takim načinom kar nekaj prednosti vključevanja porabnikov od klasične vezave: vir napetosti – stikalo – porabnik. V nadaljevanju preskusite še nekaj možnosti...

NALOGA:

Spremenite program tako, da bo LED utripala, ko držite tipko. V spodnji prostor napišite le ključne vrstice programa.

NALOGA:

Napišite program tako, da bo ob prvem pritisku na tipko LED svetila, ob naslednjem pritisku pa ugasnila. Seveda, moramo z izvajanjem programa počakati toliko časa, da uporabnik tipko tudi spusti. Zato bomo uporabili programsko zanko while (nek pogoj){programski ukazi};. Pozorno spremljaj kaj se zgodi in zapiši ugotovitve...

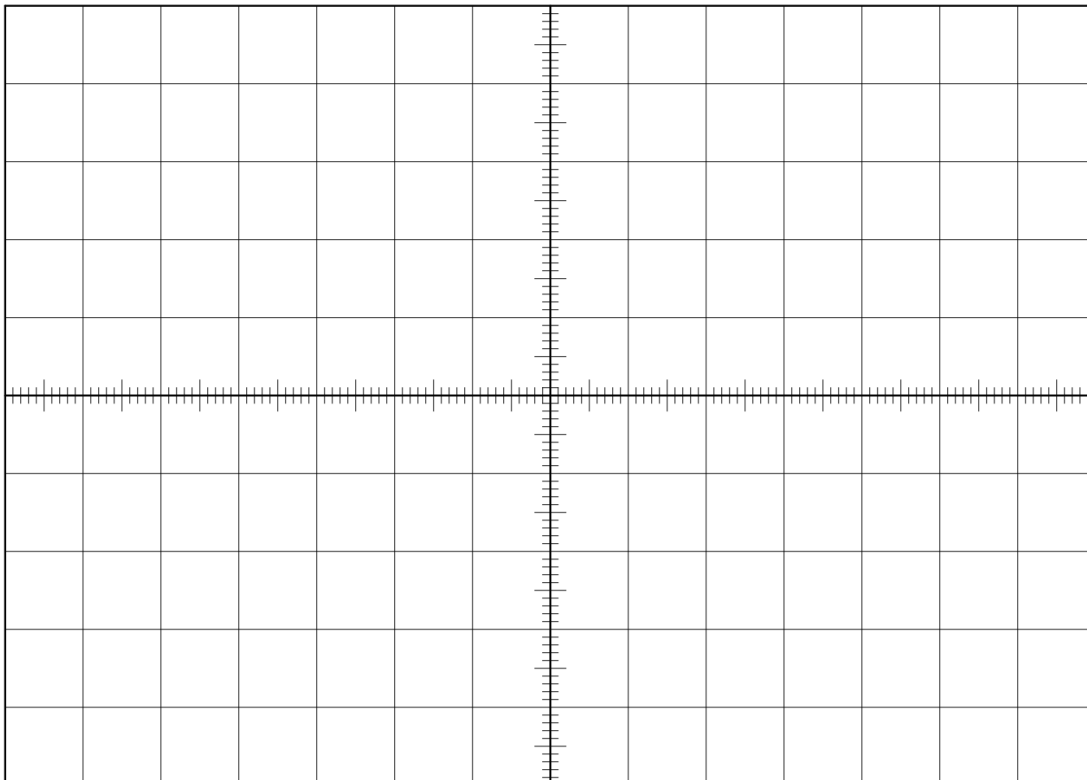
```
void loop() {  
  if (digitalRead(14) == HIGH){  
    //tu napišite program za izmenično vključevanje LED  
  
    while (digitalRead(14) == HIGH){  
      //čakaj, da tipko spustimo...  
    }  
  }  
}
```

Večkratni preklopi

Kot smo lahko ugotovili v prejšnji vaji, digitalno stanje napetostnega signala tipke lahko večkrat zamenja stanja »0«/»1« že pri enem samem pritisku tipke.

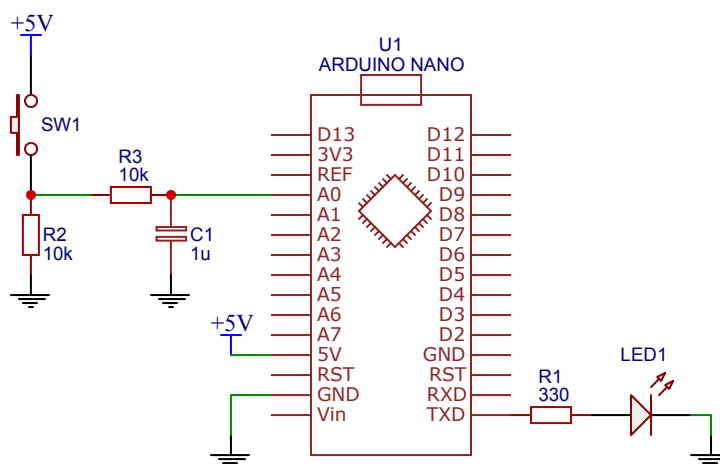
NALOGA:

z osciloskopom posnemite napetostni signal ob preklopu tipke. Na grafu označite napetostne in časovne intervale.



NALOGA:

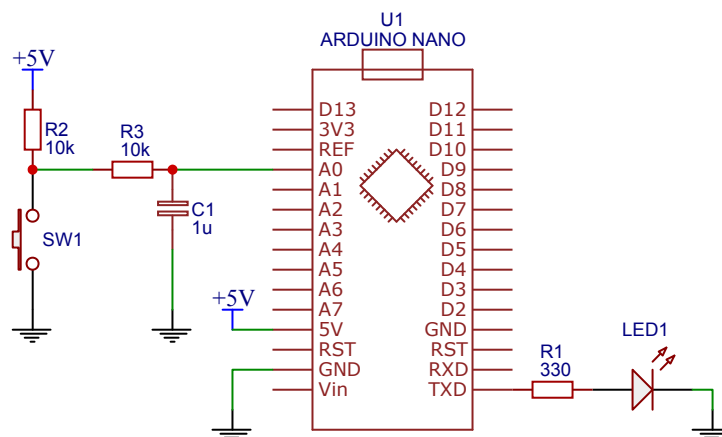
Vezje popravite tako, kot je prikazano na spodnji sliki in preskusite program, kjer z lihim/sodim pritiskom na tipko, lahko vključimo/izključimo LED. V zgornji graf dorišite napetostni signal preklopa tipke (z drugo barvo).



Slika 6.4: Preprečevanje večkratnih električnih preklapov digitalnega vhoda.

Vezava tipke z uporom proti napajanju

V dosedajšnjih vezavah smo tipko uporabljali v delilniku napetosti z uporom, ki je bil vezan proti napetostnemu potencialu 0 V (ali GND). Tej vezavi se s tujko reče »pull-down« vezava. Zelo pogosto pa se uporablja tudi vezava »pull-up« oz. vezava proti napajanju, kot je prikazano na naslednji sliki.



Slika 6.5: Vezava tipke z uporom proti napajanju - "pullup".

NALOGA:

Preskusite delovanje naslednjega programa in ga popravite tako, da bo LED svetila takrat, ko bo tipka pritisnjena.

```

1 void setup() {
2   pinMode(1, OUTPUT);
3   pinMode(14, INPUT);
4 }
5
6 void loop() {
7   if (digitalRead(14) == HIGH){
8     digitalWrite(1, HIGH);
9   }else{
10    digitalWrite(1, LOW);
11  }
12 }

```

Ker se vezava - »pull-up« - uporablja zelo pogosto, ima večina mikrokontrolerov tak upor že vgrajen v samem ohišju. Njegova upornost je približno 10 kΩ. To funkcijo v mikrokontroler vključimo takole: `pinMode(14, INPUT_PULLUP);`. Tedaj upora R_2 iz zgornje sheme ne potrebujete več. Res pa je, da je imamo sedaj upor proti napajanju (namesto R_2) vezan na drugi strani upora R_3 in bo polnjenje C_1 nekoliko hitrejše, a še vedno služi svojemu namenu. Preskusite to nastavitvev in popravite shemo vezave tipke.

6.2 Strojne prekinitve izvajanja programa

V dosedanjih programih smo imeli le en glavni program - `void loop() {...`, ki se je izvajal v ponavljajoči se zanki. Izjemoma to izvajanje lahko prekinemo in izvedemo nek pomembnejši podprogram, ter se nato zopet vrnemo v izvajanje glavnega programa `loop()`. Nekatere te prekinitve lahko programsko nastavimo tako, da jih mikrokrmilnik avtomatizirano izvede. Vse možne prekinitve za naš mikrokrmilnik ATmega328 so naštet na v dokumentu [**ATMEL 8-BIT MICROCONTROLLER WITH 4/8/16/32KBYTES IN-SYSTEM PROGRAMMABLE FLASH**](#) na strani 65. Mi si bomo ogledali le primer prekinitve z zunanjim signalom, ki ga bomo povzročili s pritiskom na tipko. To prekinitve nastavimo z ukazom `attachInterrupt(prekinitveni_signal, podProgram, NAČIN_ZAZNAVE)`. Več lahko preberete na: <https://www.arduino.cc/en/Reference/attachInterrupt>.

NALOGA:

Ugotovite katera dva priključka lahko uporabimo za zunanjo strojno prekinitve in v oklepajih zapišite imeni njunih prekinitvev: _____(_____) in _____(_____).

NALOGA:

Na priključek, s katerim je možno sprožiti prekinitve »0« povežite tipko tako, da bo z notranjim uporom proti napajanju vezana v delilnik napetosti. Narišite shemo priključitve (notranjega R_{pullup} ne rišite!):

NALOGA:

Dopolnite naslednji program tako, da »X« zamenjate z ustreznima številka in preskusite delovanje. Program tudi komentirajte.

```

1 void setup() {
2   pinMode(1, OUTPUT);
3   pinMode(X, INPUT_PULLUP); // zamenjaj X z ustrežno številko
4   attachInterrupt(Y, LED_off, LOW); // zamenjaj Y z ustrežno številko
5 }
6
7 void LED_off(){
8   digitalWrite(1, LOW);
9 }
10
11 void loop() {
12   digitalWrite(1, HIGH);
13   delay(5000);
14   digitalWrite(1, LOW);
15   delay(5000);
16 }

```

Napredno nastavljenje prekinitev INT0 in INT1

Funkcija `attachInterrupt` iz prejšnje naloge nam le pomaga nastaviti nekatere registre mikrokrmilnika za uporabo prekinitev. Te iste nastavitve lahko določimo sami tako, da pravilno nastavimo registre mikrokrminlika. Točnejša dokumentacija je opisana v dokumentu [ATmega328](#) na strani 70.

NALOGA:

Preskusi naslednji program in ga komentiraj.

```
1 void setup() {
2   pinMode(1, OUTPUT);
3   pinMode(2, INPUT_PULLUP);
4   sei(); //str.:11
5   EIMSK = 1; //str.:72
6 }
7 ISR(INT0_vect){
8   digitalWrite(1, LOW);
9 }
10
11 void loop() {
12   digitalWrite(1, HIGH);
13   delay(5000);
14   digitalWrite(1, LOW);
15   delay(5000);
16 }
```

NALOGA:

Spremenite in preskusite tudi različne načine zaznavanja napetostnega signala na priključku za zaznavo prekinitve. To storite tako, da nastavite register

EICRA v naslednje možne kombinacije ([ATmega328](#), str.: 71):

- EICRA = 0 – priključek INT0 je v stanju 0 V.
- EICRA = 1 – stanje priključka INT0 se je spremenilo.
- EICRA = 2 – stanje priključka INT0 se je spremenilo iz »1« v »0«.
- EICRA = 3 – stanje priključka INT0 se je spremenilo iz »0« v »1«.

Komentar:

Napredno nastavljanje prekinitev PCINT0, PCINT1 in PCINT2

Prekinitev lahko sprožimo prav z vsakim vhodnim priključkom, vendar tega programske okolje Arduino IDE ne omogoča na lahek način preko raznih funkcij. Zato moramo funkcionalnost nastaviti ročno preko registrov mikrokrmilnika in je opisana na str.: 73 že omenjenega dokumenta. Prekinitev lahko sprožimo z vsako spremembno napetostnega potenciala na priključku (ang.: **P**in **C**hange **I**NTerrupt), ki je označen z **PCINTx**, kjer x predstavlja številko od 0..23. S temi priključki lahko sprožimo le 3 različne prekinitve in so razporejeni takole:

- PCINT0_vect: PCINT[0..7],
- PCINT1_vect: PCINT[8..14] in
- PCINT2_vect: PCINT[15..23].

Oznake teh priključkov so razvidne iz slike 6.2.

NALOGA:

Preskusite spodnji program in ga komentirajte.

```
1 void setup() {
2     pinMode(1, OUTPUT);
3     pinMode(14, INPUT_PULLUP); //Pin PC0 = PCINT8
4     sei();
5     PCICR = 2; // enable PCINT1_vect
6     PCMSK1 = 1; // enable PCINT8
7 }
8 ISR(PCINT1_vect){
9     digitalWrite(1, LOW);
10 }
11
12 void loop() {
13     digitalWrite(1, HIGH);
14     delay(5000);
15     digitalWrite(1, LOW);
16     delay(5000);
17 }
```

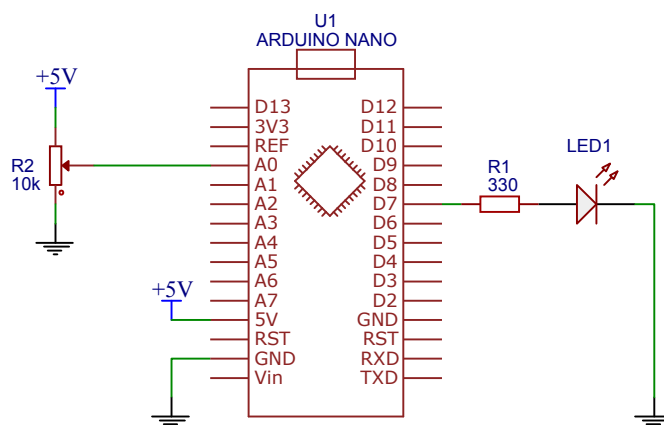
Komentar:

6.3 Analogni vhod

Skoraj vsi mikrokrmilniki so opremljeni z analogno-digitalnim pretvornikom. Ta naprava poskrbi, da lahko napetost od 0 – 5 V pretvorimo v neko številko. Če je ta pretvorba 10-bitna, je največja možna številka 1023 (ko je na vhodu 5 V). Analogni vhodi so na Arduinu nano označeni z »A0«, »A1«, ... čeprav gre za priključke porta »C«.

Priključitev potenciometra

Potenciometer je smiselno priključiti na analogni vhod tako, kot kaže slika..



Slika 6.6: Priključitev potenciometra.

NALOGA:

Na testno ploščico povežite potenciometer tako, kot prikazuje slika 6.6. Nato preskusite naslednji program, ter ga komentirajte :

```

1  int potValue = 0;
2  void setup() {
3      pinMode(7, OUTPUT);
4      pinMode(14, INPUT);
5  }
6  void loop() {
7      potValue = analogRead(0);
8      if (potValue > 512){
9          digitalWrite(7, HIGH);
10     }else{
11         digitalWrite(7, LOW);
12     }
13 }
```

Nato dodajte še 4 LED na izhodne priključke (vseh diod naj bo 5 -> PD3 .. PD7). Ter popravite program tako, da boste z vsako LED detektirali 1 V. LED morajo svetiti takole:

- nobena LED ne sveti, ko je $U_{A0} < 0,5 \text{ V}$,
- 1 LED sveti, ko $0,5\text{V} < U_{A0} < 1,5\text{V}$,
- 2 LED svetita, ko $1,5\text{V} < U_{A0} < 2,5\text{V}$,
- 3 LED svetijo, ko $2,5\text{V} < U_{A0} < 3,5\text{V}$,
- 4 LED svetijo, ko $3,5\text{V} < U_{A0} < 4,5\text{V}$ in
- 5 LED sveti, ko $4,5\text{V} < U_{A0} < 5,0\text{V}$.

Pomagate si lahko s kombiniranim pogojem(& ali and):

```
if (potValue > 200 and potValue < 300){  
    digitalWrite(7,HIGH);  
}
```

6.4 Serijska komunikacija

USART (RS232)

Pogosto potrebujemo neko povratno informacijo o delovanju ali stanju nekaterih spremenljivk. To lahko naredimo preko serijske komunikacije preko je mikrokrmilnik povezan z računalnikom.

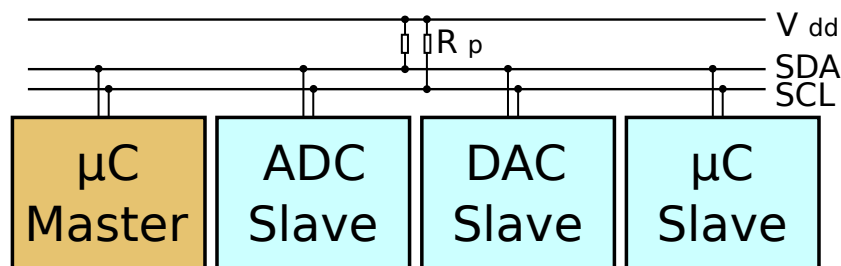
NALOGA:

Prejšnjemu programu DODAJTE še naslednje programske ukaze in vzpostavite serijsko komunikacijo med Arduino in računalnikom.

```
1  int potValue = 0;  
2  void setup() {  
3      // vaše prejšnje nastavitve...  
4      // ...  
5      Serial.begin(9600);  
6  }  
7  void loop() {  
8      potValue = analogRead(0);  
9      // vaša prejšnja koda...  
10     // ...  
11     Serial.print("potenciometer = ");  
12     Serial.println(potValue);  
13     delay(200);  
14 }
```

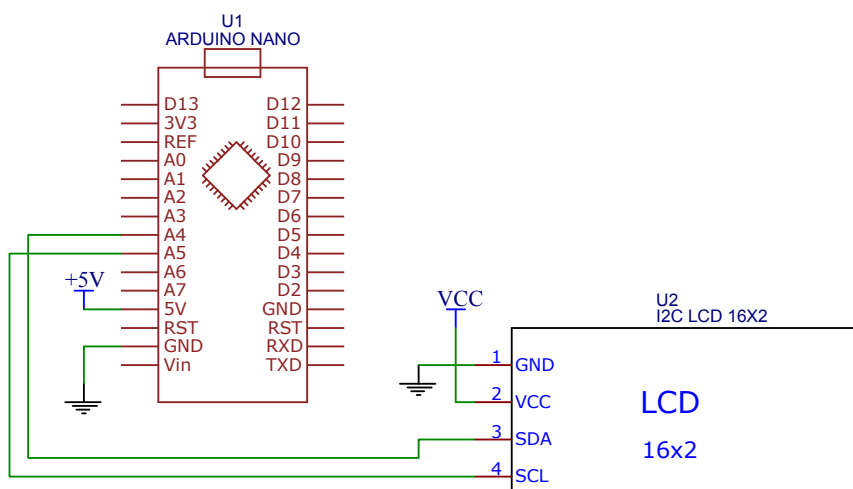
I2C komunikacija

Komunikacija lahko poteka tudi na drugačne načine, naprimer med več napravami. Ena takih komunikacij je t.i. I2C komunikacija. Več o tej komunikaciji si lahko preberemo na wikipediji o [I2C podatkovnem vodilu](#).



Slika 6.7: I2C podatkovno vodilo.

V primeru, ki ga prikazuje slika 6.7 je glavna naprava označena kot »master«, ki bo v našem primeru Arduino NANO. Ostale naprave pa so »podložniki«. Vsak od njih mora imeti svoj naslov in mora zanj glavna naprava vedeti, saj le tako lahko vzpostavi komunikacijo z njim (podobno kot IP številke v TCP/IP omrežju). Naslove podložnikov včasih lahko nastavimo ročno na podložniku ali pa so zapisani že v sami napravi podložnika. Slednjo situacijo si lahko ogledamo na primeru LCD z I2C vodilom.



Slika 6.8: Priključitev LCD-ja z I2C vodilom.

NALOGA:

Priključite LCD z I2C vodilom na Arduino NANO tako, kot prikazuje slika 6.8 in s programom, ki ga najdete na [Arduino strani](#), ugotovite njegov naslov, ter ga zapišite : _____

6.5 Izpis podatkov na LCD z I2C vodilom

V prejšnji vaji smo si ogledali kako pridobimo naslov LCDja, ki ga potrebujemo v I2C komunikaciji. Ker je sam protokol komunikacije bolj zapleten, bomo v ta namen uporabljali knjižnico `LiquidCrystal_I2C.h`. Takih knjižnic je veliko, mi smo se odločili za uporabo te, ki jo lahko snamete iz Bitbucket portala avtorja [Francisco Malpartida](#) ([download](#)), v kateri so uporabljene enake funkcije, kot če bi lcd upravljali po 4-bitnem ali 8-bitnem vodilu. Stisnjeno vsebino izvečite v »domači Arduino direktorij«, ter ponovno zaženite Arduino IDE.

NALOGA:

Preskusite naslednji program in ga komentirajte:

```
1  #include <Wire.h>
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
4
5  int potValue = 0;
6
7  void setup() {
8      pinMode(14, INPUT);
9      lcd.begin(16, 2);
10 }
11 void loop() {
12     potValue = analogRead(0);
13     lcd.clear();
14     lcd.print("potenciometer:");
15     lcd.setCursor(0, 1);
16     lcd.print(potValue);
17     delay(200);
18 }
```

NALOGA:

Program popravite tako, da bo na LCD izpisoval izmerjeno napetost v »V«.

6.6 Timer

Števec

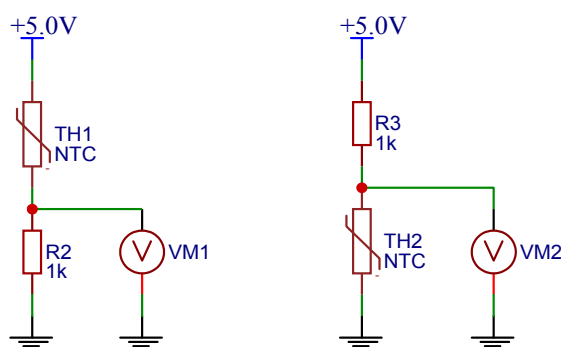
Prekinitev

7 Senzorji

Pogosto spremljamo analogno napetost nekih senzorjev. Sestavimo preprost senzor temperature, kjer bomo v delilniku napetosti uporabili termistor in upor.

7.1 Senzor temperature

Termistorje pogosto uporabljamo v raznih senzorjih temperature. To storimo tako, da jih vežemo v delilnik napetosti s še enim uporom in na srednjem priključku merimo napetost - izhodni signal sensorja.



Slika 7.1: Vezava termistorja v delilnik napetosti.

NALOGA:

Za obe vezji iz slike 7.1 ugotovite, kako se spreminja napetost na izhodu sensorja v odvisnosti od temperature termistorja. To tudi utemeljite!

UTEMELJITEV:

Sprememba napetosti na izhodnem signalu sensorja je odvisna od obeh upornosti. Zato je zelo pomembno kakšen referenčni upor izberemo, da bo odzivnost sensorja največja.

NALOGA:

Pri dveh temperaturah (dve čaši z vodo različnih temperatur) termistorja spremljajte spremembo izhodne napetosti. Meritev opravite pri vsaj petih različnih referenčnih uporih. Tekom meritev poskušajte obdržati enake temperature vode v obeh čašah.

R_{ref} [k Ω]	U_1 [V]	U_2 [V]	dU [V]	T_1 [°C]	T_2 [°C]	dT [°C]

UGOTOVITVE IN IZRAČUNI:

Zapišite ugotovitve in izpeljite izračun najbolj primerne referenčne upora za neko temperaturno območje (območje upornosti termistorja).

Namig: Izpeljite enačbo za izračun spremembe izhodne napetosti delilnika in poiščite rešitev za maksimum te funkcije. Verjetno boste presenečeni nad enostavnostjo rešitve...

Umeritev temperaturnega senzorja

V nadaljevanju bomo umerili senzor temperature tako, da bomo pri nekaj temperaturah izmerili njegov izhodni signal. Ta informacija nam bo služila za izračun umeritvene krivulje $U_{IZ}(T)$. Nato pa bomo izračunali tudi karakteristiko $R_{NTC}(T)$. Nekaj o meritvah toka in napetosti smo izvedeli že v začetnem poglavju. Na tem mestu pa si pogledimo kako lahko merimo tok, ne da bi uporabili Amper-meter, pač pa merimo le napetost na nekem uporu. Na tem principu delujejo tudi digitalni multimetri. Izkoriščajo namreč Ohmov zakon, ki govori o linearni povezavi med napetostjo in tokom na uporu. Enačbo poznate, vendar naj

jo še enkrat omenimo $I = U/R$. Tako lahko določimo tok skozi ta upor, če poznamo njegovo upornost in smo izmerili napetost na njem.

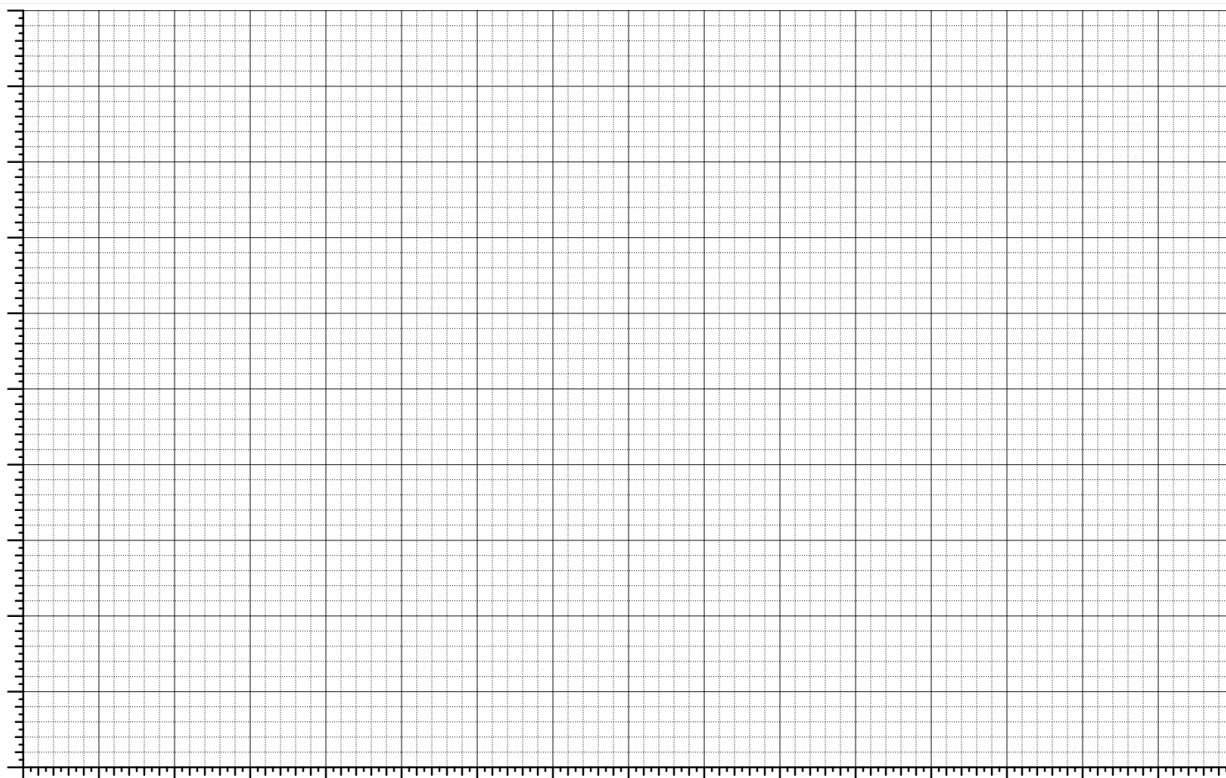
NALOGA:

Iz naloge 7.1 izberite tisti referenčni upor, pri katerem ste izmerili največje razlike v izhodni napetosti za določeno temperaturno območje. Senzor temperature naj bo sestavljen tako, da se bo izhodna napetost povečevala, ko bo temperatura naraščala. Nato umerite temperaturni senzor.

T [°C]	U_{iz} [V]	U_{NTC} [V]	I_{NTC} [mA]	R_{NTC} [Ohm]

NALOGA:

Na isti graf narišite $U_{IZ}(T)$ senzorja in karakteristiko NTC termistorja $R_{NTC}(T)$.



8 Pol-prevodni elementi

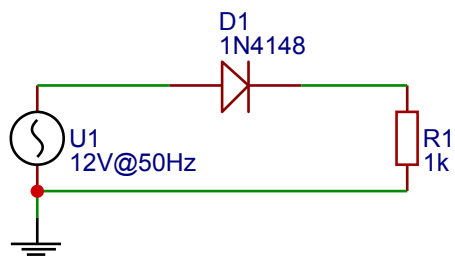
Polprevodnik je monokristalna snov, ki ima brez dovedene energije lastnosti električnega izolatorja, pri dovolj veliki dovedeni energiji pa ima lastnosti slabega električnega prevodnika. Od tod tudi njegovo ime. Uporabljajo se za izdelavo nelinearnih elektronskih elementov (dioda, tranzistor, integrirano vezje, triak,...). Sodobne elektronike si ne moremo zamišljati brez polprevodnikov. Najbolj znan polprevodnik v elektroniki je silicij, uporablja pa se tudi germanij [vir: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Polprevodnik>].

8.1 Usmerniška dioda

Dioda je elektronski element z dvema priključkoma (anoda in katoda). Sprva so bile diode elektronke. Danes so jih skoraj povsem izpodrinile polprevodniške diode, ki so bile tudi prvi polprevodniški elementi. Značilnost diode je nesimetrična in nelinearna tokovno-napetostna karakteristika. V eni smeri dioda prepušča električni tok, v drugi (zaporni) smeri pa ne. Zaradi tega je primerna za usmerjanje izmeničnih signalov.

Pol-valni usmernik

Diodo večkrat uporabljamo kot usmerniški element, zaradi svoje preklopne prepustnosti. V vezju na sliki je na vhod priključen napetostni vir izmenične sinusne napetosti, ki poganja tok skozi diodo in upor. V času pozitivne napajalne napetosti dioda prevaja, na njej je majhen padec napetosti $U_D = 0,7 \text{ V}$, večji del pa je na upor R , ki omejuje tok skozi tokokrog. Največji tok, ki



Slika 8.1: Polvalni usmernik

v našem vezju teče skozi diodo je:
$$I_D = \frac{\hat{U}_G - U_D}{R_1} .$$

V primeru negativne periode napajalne napetosti dioda ne prevaja. Skozi tokokrog teče zelo majhen zaporni tok $I_S = 25 \text{ nA}$, ki povzroča zanemarljiv padec napetosti na upor R . Tako na izhodu dobimo le enosmerno napetost, čeprav smo na vhod priključili izmenično napetost. V našem primeru je enosmerna napetost pozitivna polvalna napetost ...

NALOGA:

Sestavite vezje na sliki 8.1, ter z osciloskopom izmerite potek vhodne napetosti vira – $U_G(t)$ in napetost na upor $U_{R1}(t)$. Obe krivulji narišite v graf, ki je pripravljen v naslednji vaji.

Glajenje izhodne napetosti

Ko uporabljamo nek vir napetosti, je v večini primerov zaželena neka konstantna napetost (s časom naj se ne spreminja). V prejšnji vaji pa smo videli, da na izhodu enostavnega

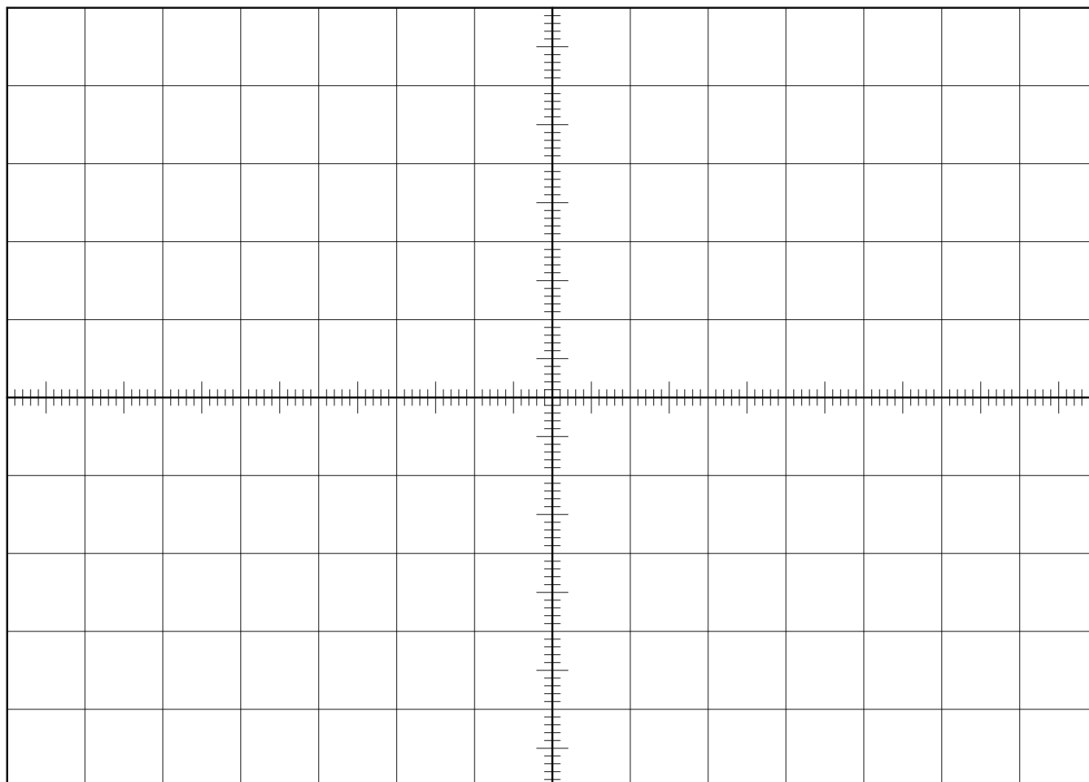
polvalnega usmernika sicer dobimo enosmerno napetost (ves čas pozitivna), ki pa še zdaleč ni konstantna. Zato jo moramo »zgladiti«. V našem primeru bomo uporabili najenostavnejši primer glajenja s kondenzatorjem tako, da ga vežemo vzporedno k

bremenu (= porabniku). Tako izboljšamo stabilnost izhodne napetosti: $\sigma = \frac{\bar{U}_{IZ}}{\Delta U_{IZ}}$.

Osnovna ideja take rešitve je v tem, v času pozitivne periode bremenu dovaja tok vir neposredno preko diode; v času negativne periode pa tok zagotavlja kondenzator, ki se je prej napolnil. Stabilnost izhodne napetosti bo boljša, čim večja bo časovna konstanta praznjenja – $\tau = RC$. Le ta naj bo vsaj $10\times$ daljša od časa periode.

NALOGA:

V spodnji graf narišite tri krivulje: $U_G(t)$, $U_{R1}(t)$ in $U_{R1}(t)$, ko izhodno napetost na R_1 gladimo s kondenzatorjem C_1 ($\tau = 10t_0$).


NALOGA:

Izmerite in izračunajte faktor stabilnosti izhodne napetosti σ , za naslednje bremenske upornosti R_B :

$R_B [k\Omega]$	$\bar{U}_{IZ} [V]$	$\Delta U_{IZ} [V]$	σ
$4R_1 =$			
$2R_1 =$			
$R_1 =$			
$\frac{1}{2}R_1 =$			
$\frac{1}{4}R_1 =$			

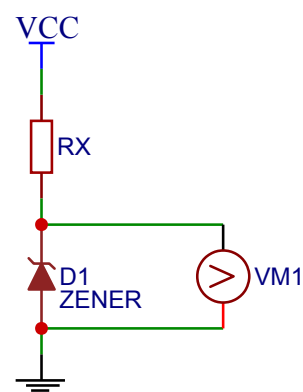
8.2 Zenerjeva dioda

Zenerjeva dioda je v prevodni smeri zelo podobna navadni usmerniški diodi. V zaporni smeri pa ima nekoliko drugačne lastnosti. Električni tok začne dobro prevajati šele, ko se na njej pojavi t.i. zenerjeva napetost.

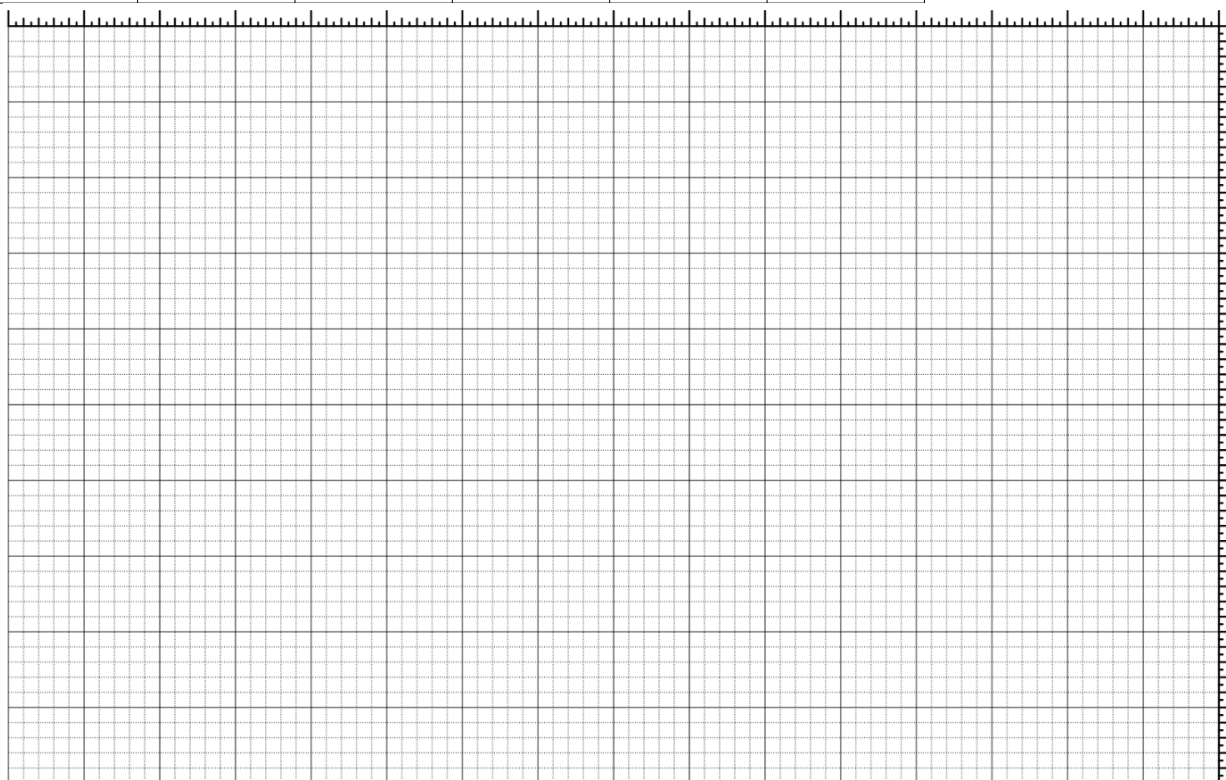
NALOGA:

Sestavite vezje, ki je prikazano na sliki 8.2 in izmerite karakteristiko $I(U)$ zenerjeve diode. Mejjajte upor R_x tako, da boste na zenerjevi diodi ustvarili različne napetosti. $U_{VCC} = \underline{\hspace{2cm}}$, $U_z = \underline{\hspace{2cm}}$ (nazivna)

N	$U_z[V]$	$I_z[mA]$	N	$U_z[V]$	$I_z[mA]$
1			6		
2			7		
3			8		
4			9		
5			10		



Slika 8.2: Merjenje karakteristike zenerjeve diode v zaporni smeri.

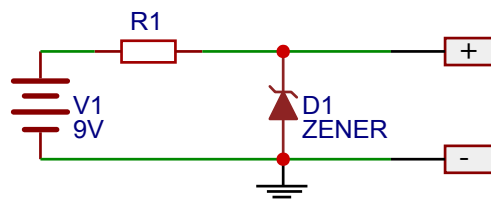


NALOGA:

Iz karakteristike odmerite delovno točko zenerjeve diode in zabeležite ključna podatka: $U_z = \underline{\hspace{2cm}}$ in $I_z = \underline{\hspace{2cm}}$.

8.3 Referenčni vir z zenerjevo diodo

Referenčni napetostni vir, naj bi bil vir napetosti, ki bi zagotavljal neko določeno napetost (oz. kar se da konstantno). Ker pa je lahko njegovo delovanje odvisno od večih spremenljivk (napajanje vira, različni porabniki) je lahko stabilnost te napetosti vprašljiva. Kako bi si skonstruirali tak vir, si pogledjmo na naslednjem primeru. Referenčni vir bomo napajali z 9 V. Zenerjeva dioda je vezana v



Slika 8.3: Referenčni napetostni vir z zenerjevo diodo.

delilnik napetosti z uporom R_1 , s katerim nastavimo ustrezne pogoje delovanja zenerjeve diode (glej: delovna točka zenerjeve diode iz prejšnje naloge).

NALOGA:

Sestavite referenčni vir z zenerjevo diodo, kot prikazuje slika 8.3. Upor R_1 izberite tako, da bo zen. dioda delovala pri njeni delovni točki.

IZRAČUNI:

Sedaj lahko preverite kako je s stabilnostjo vašega referenčnega vira. Na primer, da se po nekaj urah naš akumulator izprazni in namesto 9 V voltov zagotavlja le še 5 V. Če kljub temu na izhodu ne zaznamo znatne spremembe napetosti je vir dober oz. ima velik faktor stabilnosti. Faktor stabilnosti napetostnega vira je definirana kot kvocient med relativnima spremembama vhodne in izhoden napetosti:

$$S = \frac{\frac{\Delta U_G}{\bar{U}_G}}{\frac{\Delta U_{IZ}}{\bar{U}_{IZ}}} = \frac{\Delta U_G \cdot \bar{U}_{IZ}}{\bar{U}_G \cdot \Delta U_{IZ}}$$

NALOGA:

Ustvarite take pogoje, da boste lahko faktor stabilnosti tudi izračunali.

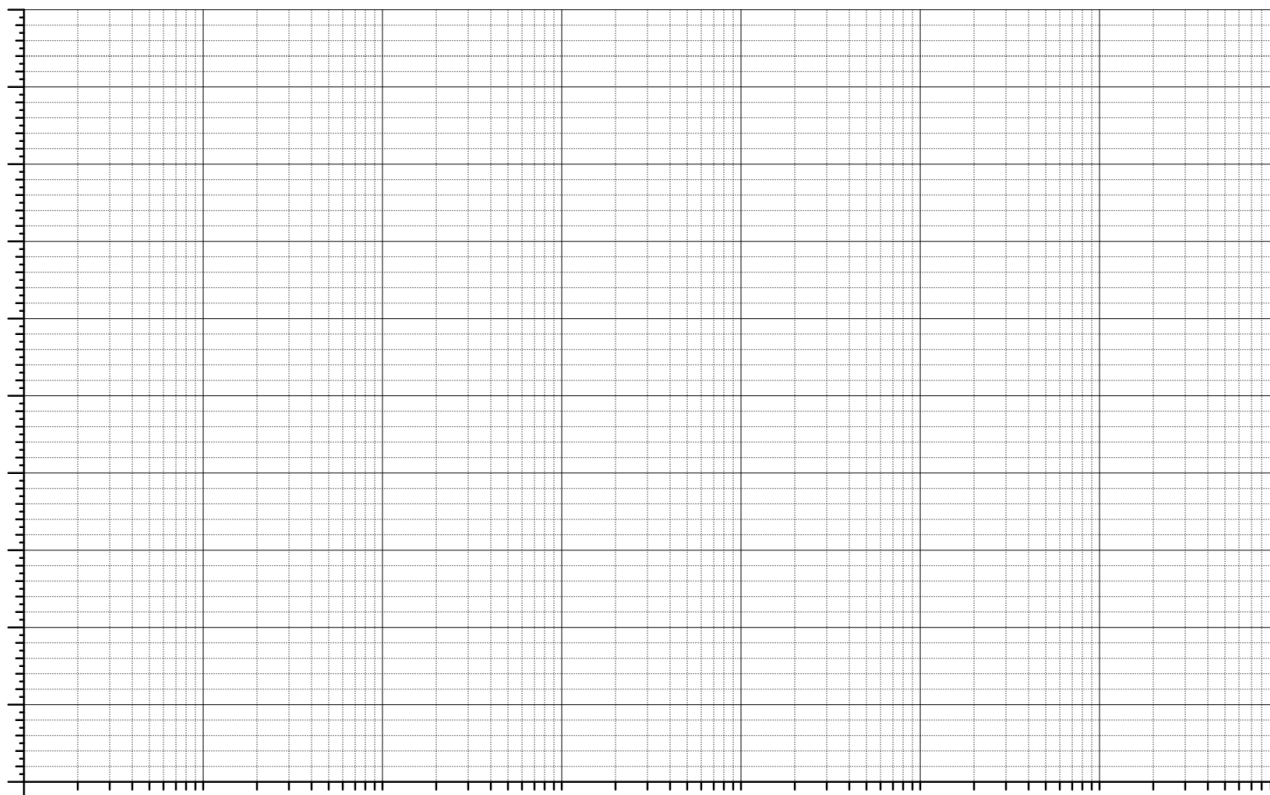
Na primer, da spremenite vhodno napetost za cca 1-2 V. Tako lahko izmerite vse podatke za izračun stabilnosti.

NALOGA:

Nato naredite obremenilni preskus referenčnega vira v širokem spektru bremenskih upornosti [10 Ohmov .. 1 Mohm]. Napajalna napetost referenčnega vira naj bo zopet 9 V. Rezultate obremenilnega preskusa grafično predstavite v grafu $U_{IZ}(R_B)$. Graf naj ima vodoravno os v logaritemskem merilu.

N	$R_B [k\Omega]$	$U_{IZ}[V]$	N	$R_B [k\Omega]$	$U_{IZ}[V]$
1			6		
2			7		
3			8		
4			9		
5			10		

IZRAČUNI:

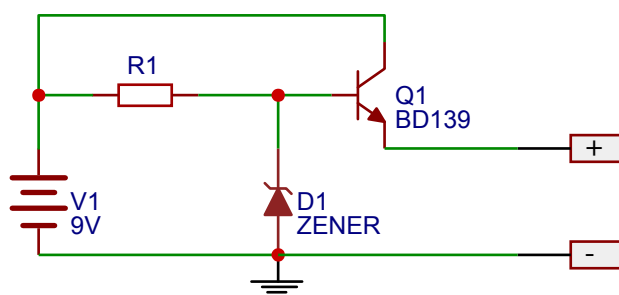


9 Tranzistor

9.1 Tranzistor kot ojačevalnik moči

V prejšnji vaji smo lahko izmerili, da referenčni vir z zenerjevo diodo zagotavlja stabilno napetost le večjim bremenskim upornostim. Ob manjših bremenskih upornostih pa se napetost precej zmanjša, saj je njegova izhodna upornost precej velika in tako ne more zagotavljati potrebnega toka.

To pomanjkljivost lahko izboljšamo, če izhodu referenčnega vira z zenerjevo diodo dodamo NPN tranzistor v funkciji sledilnika napetosti, kot to prikazuje slika 9.1.



Slika 9.1: Referenčni napetostni vir z ojačevalnikom moči.

NALOGA:

Sestavite vezje na sliki 9.1 in izmerite obremenilni preskus referenčnega vira v širokem spektru bremenskih upornosti [10 Ohmov .. 1 Mohm]. Napajalna napetost referenčnega vira naj bo zopet 9 V. Rezultate obremenilnega preskusa grafično predstavite v grafu $U_{IZ}(R_B)$ Na isti graf iz vaje 8.3.

N	$R_B [k\Omega]$	$U_{IZ} [V]$	N	$R_B [k\Omega]$	$U_{IZ} [V]$
1			6		
2			7		
3			8		
4			9		
5			10		

IZRAČUNI:

9.2 Tranzistor kot stikalo (*MOSFET)

Vaja je del naslednje vaje z operacijskim ojačevalnikom...

10 Operacijski ojačevalnik

Tranzistorje smo v preteklosti uporabljali kot ojačevalnike ali celo v nekih bolj kompleksnih krmilnih elementih. Te funkcije danes pretežno opravljamo z integriranimi vezji kot so operacijski ojačevalniki, ker so precej bolj enostavni za uporabo. Z uporabo operacijskega ojačevalnika in le nekaj dodatnih elementov lahko z njimi sestavimo vrsto različnih vezij, kot so različni ojačevalniki, pretvorniki, sita, seštevalniki, odštevalniki množilniki itd.

10.1 Komparator napetosti

Najbolj preprosta vezava operacijskega ojačevalnika je komparator napetosti. To vezje primerja vhodne napetosti in "postavi" izhod v zgornje nasičenje, če je napetost na neinvertirajočem vhodu večja (označen s +). Če pa je situacija obratna torej, da je na invertirajočem vhodu večja napetost ("-"), pa se izhod nahaja v spodnjem nasičenju.

Napajanje operacijskih ojačevalnikov

Pri tako enostavnih vezjih navadno lahko uporabljamo kar baterijsko napajanje (9V ali 4.5V), vendar moramo biti pri operacijskih ojačevalnikih bolj pozorni. V taki situaciji (unipolarno napajanje = le dva potenciala eden za 9V in drugi za 0 V) lahko uporabljamo z o.o. z oznako 358 ali temu podobnimi. Operacijski ojačevalnik z oznako 741 pa lahko delujejo tudi z bipolarnim napajanjem (npr.: +5V, -5V in 0V).

Izhodna napetost pri komparatorju napetosti

Izhodna napetost komparatorja je vedno v enem nasičenju (v zgornjem ali spodnjem). To pomeni, da je izhodna napetost odvisna od napajalne napetosti. Omeniti pa moramo, da se o.o. razlikujejo tudi v tej lastnosti, saj nekateri od njih lahko izhodno napetost (=nasičenje) čisto približajo napajalni napetosti; medtem, ko je pri drugih le-ta lahko različna tudi do 1.5 V.

NALOGA:

Sestavite elektronsko vezje, ki ga bomo poimenovali "elektronska sveča". To vezje bo delovalo tako, da bo možno žarnico vključiti z odprtim ognjem (naprimer z vžigalnikom), ugasnili pa jo bomo tako, da bomo v žarnico pokrili s persti. Tako bo vezje delovalo podobno kot navadna sveča.

Elektrotehniška shema vezja:

10.2 Invertirajoči ojačevalni sistemov

NALOGA:

Sestavite invertirajoči ojačevalni sistem, ki bo imelo ojačenje med 20 in 50. Vezje napajajte z bipolarnim napajanjem +9V in -9V.

SHEMA VEZJA:

NALOGA:

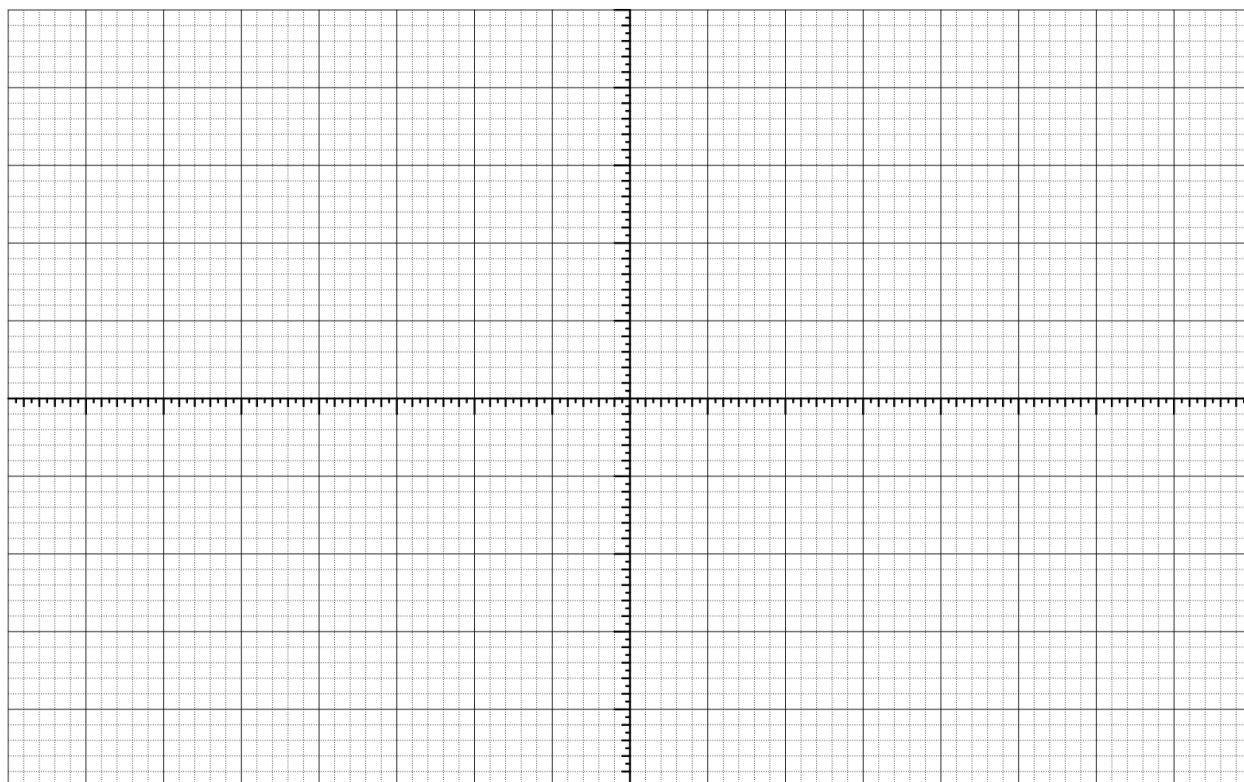
Sestavite tak delilnik napetosti, da boste na izhodu zagotovili napetosti od -0.5 do $+0.5$ V. To napetost pripeljite na vhod invertirajočega ojačevalnega sistema in izmerite prenosno funkcijo tega vezja ter narišite graf $U_{IZ}(U_{VH})$ za območje vhodne napetosti med $-0,5$ do $+0,5$ V.

Pozitivne vhodne napetosti:

$U_{VH}[V]$										
$U_{IZ}[V]$										

Negativne vhodne napetosti:

$U_{VH}[V]$										
$U_{IZ}[V]$										



3. Iz grafa odčitajte in označite napako tega sistema - preostalo napetost U_{2OFF} in izračunajte napako operacijskega ojačevalnika U_{OFF} .

UTEMELJITE:

Zakaj se izhodna napetost delilnika napetosti zmanjša v trenutku, ko priključek povežemo na vhod invertirajočega ojačevalnega sistema.

10.3 Elektrometrski ojačevalni sistem

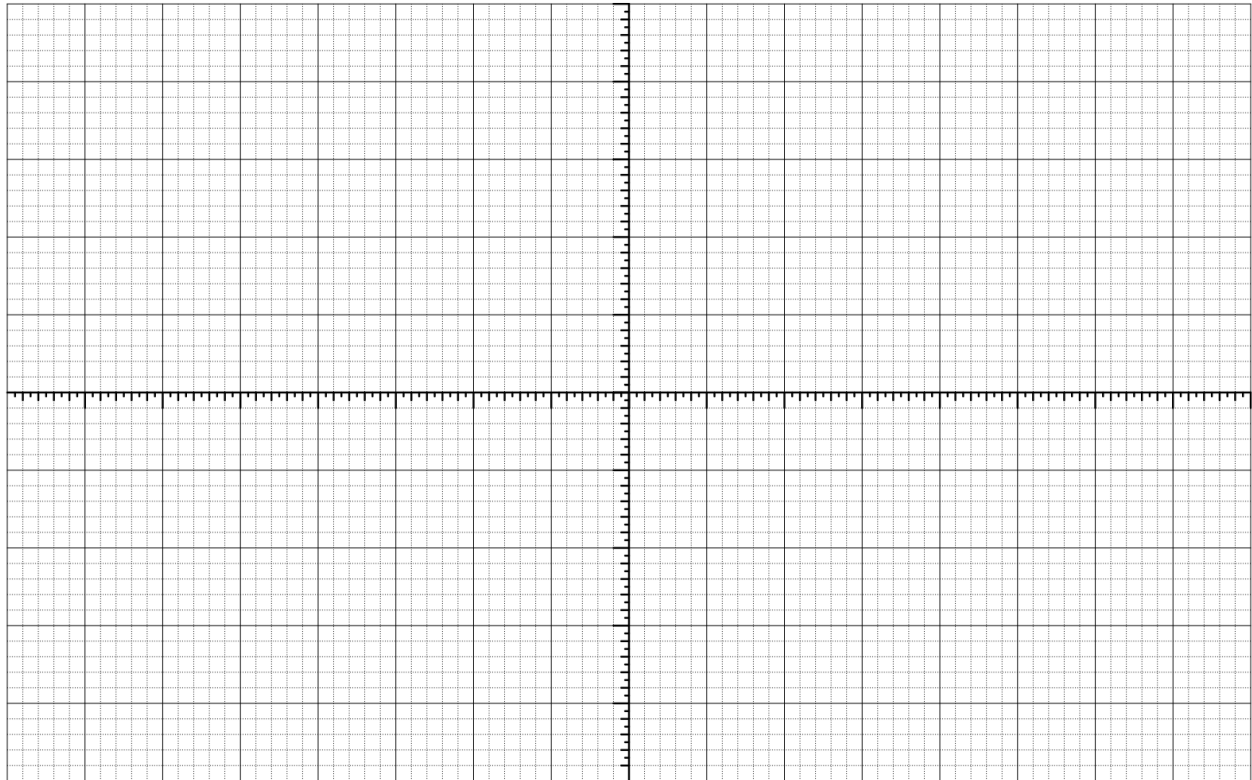
Pogosto lahko naletimo na boljše termometre, ki za merjenje temperature uporabljajo termočlen. Termočlen sestavljata dve različni kovini, ki sta spojeni med seboj. Vsak spoj med neenakimi kovinami proizvede električni potencial, ki je odvisen od temperature. Če imamo dva taka spoja, lahko med njima zaznamo napetost, le-ta pa je premo-sorazmerna s temperaturno razliko obeh spojev. Sorazmernostni koeficient med napetostjo in dT imenujemo koeficient termoelektrične napetosti. Poznamo več vrst termočlenov, ki se razlikujejo le v tem, kateri dve kovini sta spojeni med seboj. Naš primer termočlena je sestavljen iz bakra in konstantana (zlitina bakra 57%, niklja 41%, železa 1% in mangana 1%), znan tudi kot termočlen tipa T, njegov koeficient termoelektrične napetosti pa je $43 \times 10^{-6} \text{ V/}^\circ\text{C}$.

NALOGA:

Sestavite elektrometrski ojačevalni sistem z ojačenjem okoli 200. Kot vhodno napetost uporabite napetost termočlena, katero dobite, če oba konca termočlena postavite na različni temperaturi. Umerite cel sistem tako, da boste lahko narisali graf $U_{IZ}(dT)$, kjer je $dT (= T_+ - T_{\text{GND}})$ temperaturna razlika med obema spojemoma termočlena.

SHEMA VEZJA:

$T_+ [^{\circ}\text{C}]$	$T_{\text{GND}} [^{\circ}\text{C}]$	$dT [^{\circ}\text{C}]$	$U_{\text{IZ}} [\text{V}]$		$T_+ [^{\circ}\text{C}]$	$T_{\text{GND}} [^{\circ}\text{C}]$	$dT [^{\circ}\text{C}]$	$U_{\text{IZ}} [\text{V}]$



11 Električna sita

11.1 princip električnih sit

11.2 karakteristika električnega sita