



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



**ERASMUS+ SECTOR SKILLS ALLIANCE**

**[TRAJANJE PROJEKTA: november 2014 – oktober 2017]**

# **BRANJE TEHNIČNE DOKUMENTACIJE- ELEKTRO**

**UČNO GRADIVO**

*[DELOVNI PAKET 3: Snovanje skupnega programskega kurikula]*

*[REZULTAT 3.2: Učna gradiva]*

**PRIPRAVILI: P8-SIOV SLOVAŠKA**

---

*Avtorica: Alexandra Junaskova*

*Prevod: Barbara Škorc*

**Junij 2016**

## **VSEBINA**

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| SEZNAM SLIK, TABEL IN GRAFOV .....           | 2  |
| SEZNAM PRILOG .....                          | 2  |
| 1 UVOD .....                                 | 3  |
| 2 TEHNIČNA DOKUMENTACIJA .....               | 4  |
| 2.1 Vrste tehnične dokumentacije .....       | 4  |
| 2.2 Upravljanje tehnične dokumentacije ..... | 8  |
| 3 TEHNIČNA STANDARDIZACIJA.....              | 9  |
| 3.1 Vrste standardov.....                    | 10 |
| 3.2 Terminologija v elektrotehniki .....     | 11 |
| 3.3 Tehnični predpisi .....                  | 11 |
| 4 SIMBOLI IN OZNAKE .....                    | 12 |
| 4.1 Znaki.....                               | 12 |
| 4.2 Črte .....                               | 13 |
| 4.3 Vrednosti in enote, indeksi.....         | 14 |
| 4.4 Izbrane številke, serije .....           | 14 |
| 4.5 Signal.....                              | 15 |
| 4.6 Vodniki (konduktorji) .....              | 16 |
| 4.7 Označevanje sestavnih delov .....        | 18 |
| 5 TISKANA VEZJA .....                        | 20 |
| 5.1 Material .....                           | 22 |
| 6 NAPRAVE ZA MERJENJE V ELEKTROTEHNIKI.....  | 25 |
| 6.1 Natančnost merjenja .....                | 28 |
| 7 VIRI.....                                  | 32 |

## **SEZNAM SLIK, TABEL IN GRAFOV**

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1: Pregled skice za radio .....                         | 6  |
| Slika 2: Blok skica regulacije napetosti dinamama.....        | 7  |
| Slika 3: Funkcionalna skica kasetofona .....                  | 7  |
| Slika. 4 Znaki – primera za določene vtičnice .....           | 13 |
| Tabela 1: Primeri črt pri elektrotehniških risbah.....        | 13 |
| Slika 5: Signal smeri toka.....                               | 15 |
| Slika 6: Uporaba signalov .....                               | 16 |
| Slika 7: Označevanje žarka 5 vodnikov. ....                   | 16 |
| Slika 8: Zaporedje vodnikov – označeni s piko. ....           | 17 |
| Slika 9: Zaporedje vodnikov – označeni s črkami. ....         | 17 |
| Slika 10: Povezovanje, obračanje.....                         | 17 |
| Slika 11: Informacijsko vozlišče .....                        | 18 |
| Tabela 2: Označevanje sestavnih delov po abecednem redu ..... | 18 |
| Slika 12: IP Edimax kamera – 3 tiskana vezja .....            | 20 |
| Slika 13: Risanje prevodnega vzorca .....                     | 21 |
| Slika 14: Slika tiskanega vezja ojačevalnika LME 49810 .....  | 21 |
| Tabela 3: Konstrukcijski razredi .....                        | 23 |
| Slika 15: Digitalni osciloskop .....                          | 27 |
| Slika 16: Multimeter.....                                     | 27 |

## **SEZNAM PRILOG**

Priloga 1: **Primer kontrolne naloge**

## **1 UVOD**

Tehnična dokumentacija spada med ključne vidike proizvodnega procesa. Je nosilec podatkov, ki predstavljajo osnovo pri tehnoloških procesih v proizvodnji, gradbeništvu, napeljavi električnih naprav itd.

Namen tega modula je, da bi obvladali samostojno branje tehnične dokumentacije, ki odraža dogajanje v kovinarstvu in elektroindustriji. Material je namenjen tudi ustrezni obravnavi (upravljanju) tehnične dokumentacije. Brez te možnosti ni mogoče pravilno namestiti ožičenja in zagotoviti kakovosti v vseh fazah proizvodnega procesa.

Predloženi vodnik je okvirne narave in v prvi vrsti opredeljuje glavna področja, na katera se morajo osredotočiti učitelji in učenci. Njegova uporaba zahteva tudi uporabo drugih podpornih sredstev (znanstvene literature, internetnih virov) za opredelitev predmeta, odvisno od nacionalnih in lokalnih okoliščin in potreb. Dokument vsebuje povezave do spletnih strani z izobraževalno vsebino, na katero se morajo učitelji in učenci še pripraviti. Predvideva tudi uporabo lastnih sredstev in izobraževalnih vsebin izobraževalnega zavoda/ponudnika.

## **2 TEHNIČNA DOKUMENTACIJA**

Treba je upoštevati nekatera pravila pri delu s tehnično dokumentacijo - na primer, označevanje in številčenje dokumenta, arhiviranje dokumenta itd. Tehnična dokumentacija je last družbe/podjetja in z njo je treba ustrezno ravnati.

Metoda dela z dokumentacijo je odvisna od tega, za kakšno vrsto dokumentacije gre. Prvič, tehnična dokumentacija mora vsebovati jasno specifikacijo (nalepko) proizvoda, njegovega dela ali polizdelka. Specifikacija je lahko:

- polna
  - ime
  - podatki o dimenzijah
  - identifikacija materiala (numerična, alfa-numerična, besedna)
  - identifikacija dokumenta, ki dopolnjujejo zahteve glede proizvoda, njegovega dela ali polizdelka
- poenostavljena

"Risbe" ali "načrti" se ne pojavljajo samo v tehnični dokumentaciji. Tehnične podatke lahko najdemo tudi v oglaševalni dokumentaciji (reklamni material, katalogi) ali pri storitveni dokumentaciji (priročniki, navodila za uporabo).

### **2.1 Vrste tehnične dokumentacije**

Vrste tehnične dokumentacije v elektroindustriji lahko razdelimo glede na:

#### **1) namen uporabe**

##### **a) proizvodnja:**

- gradnja: npr. risbe, izračuni, rezultati testiranj, tehnična poročila, certifikati o materialih, certifikati uporabljenih komponent itd.
- tehnologija: npr. skice komponent, namenjene za proizvodnjo po posebnih tehnologijah, specifikacije materialov in polizdelkov, tehnološki procesi itd.

- operativna: npr. navodila za obratovanje in vzdrževanje, seznam rezervnih delov, potrdila o kakovosti, posebna dokumentacija za posebne tehnične naprave (razvrščanje, seznam elementov, popravki načrta, revizijska knjiga) itd.
- b) poslovanje
- c) patent

## 2) postopek obdelave

- a) tradicionalno sredstvo za risanje: risanje z roko s pomočjo uporabe orodja za risanje in papirja
- b) moderna računalniška tehnologija (rezultat je natisnjen na tiskalnik ali risalnik), npr.:
  - CAD – Computer Aided Design (računalniško podprto oblikovanje), npr.: AutoCAD, AutoDesk, Inventor
  - CAPP – Computer Aided Process Planning (računalniško podprto načrtovanje procesov)

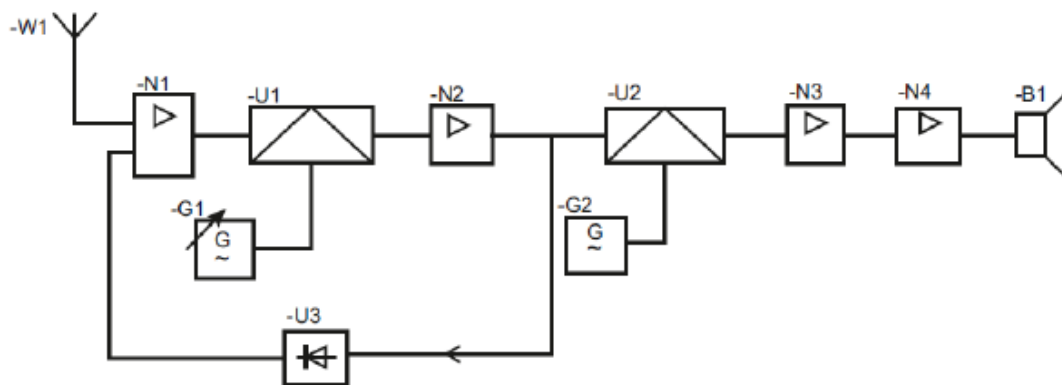
## 3) način risanja (na področju elektrotehnike):

- a) enopolno - več vodnikov, ki imajo isto funkcijo (ena linija), več enakih komponent (ena oznaka)
- b) večpolno - ločena linija/oznaka za samostojne vodnike/komponente
- c) neporazdeljeno - oznake za vse elemente funkcionalnih enot so narisane skupaj, npr.: žična/medsebojno povezana risba - v zvezi s prostorsko ureditvijo električnih naprav
- d) porazdeljeno - oznake vseh elementov funkcionalnih enot so narisane posebej, npr.: oris - različni deli vezja vsebujejo ravne črte
- e) z zanko - različne sestavine tvorijo zanko (porazdeljeno/neporazdeljeno risanje)

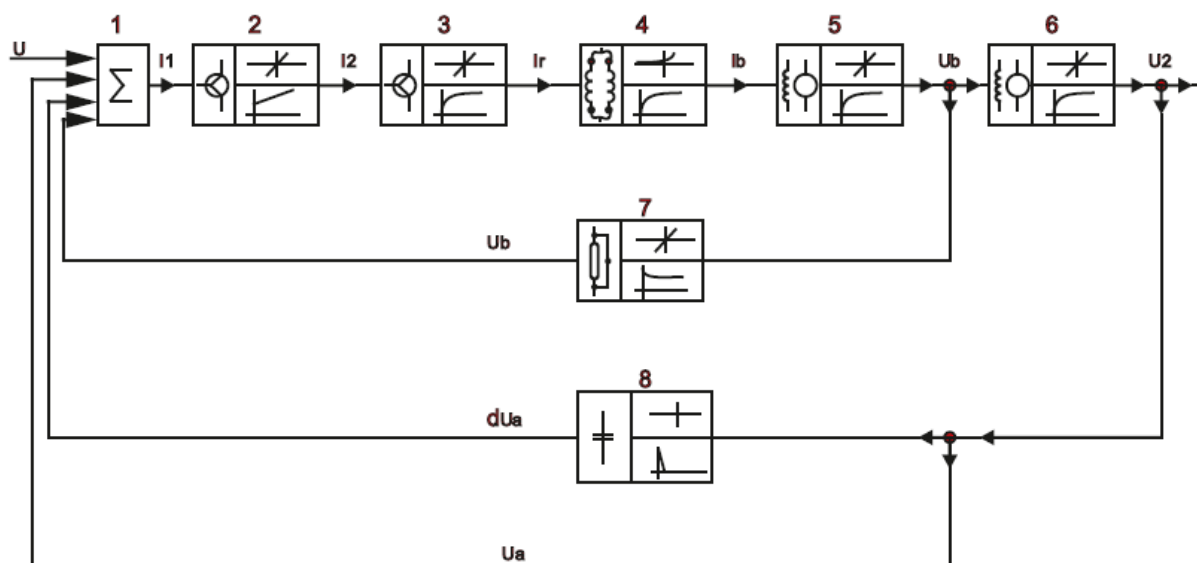
V tem gradivu se bomo osredotočili na dve vrsti tehnične dokumentacije: na *električne načrte* in *poslovno dokumentacijo*. Električni načrti so razdeljeni glede na dobljene informacije:

- a) splošni podatki o električni napravi, njeno delovanje, povezave itd.:
  - *pregled*: glavni deli naprave, njihov namen in povezave (slika 1):
    - pregled skic prenosa
    - pregled skic opreme
  - *blokovni simbol*: poenostavljen prikaz delov električne opreme z uporabo simbolov za blok diagrame (slika 2)
  - *poučevanje*: poudarjanje zelenih ciljev
  - *funkcionalnost*: izražanje zaporedja postopkov

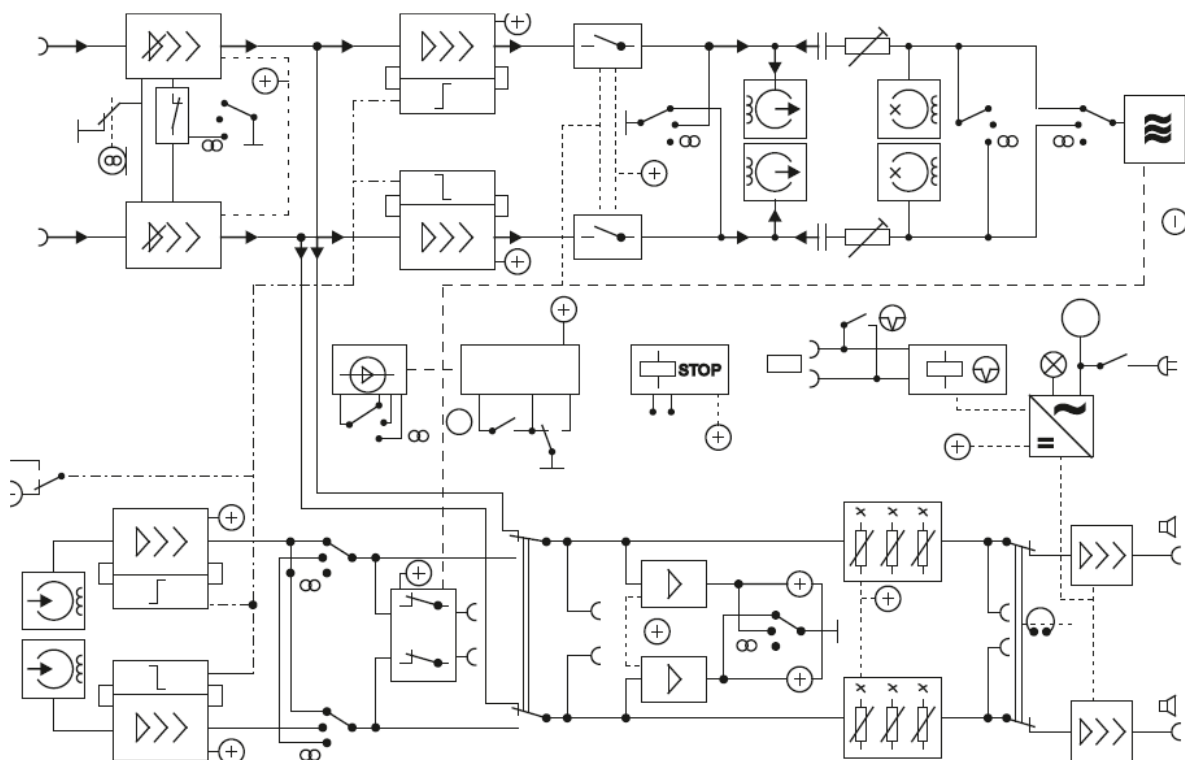
- b) sestava naprave, podroben opis delovanja:
- *vezje*: vključuje vse funkcionalne enote, komunikacije
  - *nadomestek*: parametri analize in izračun
- c) električne priključitve opreme ali njenih delov, ki se uporabljajo ob drugi dokumentaciji, predvsem topografske risbe pri določitvi polaganja kablov in načinov njihove pritrditve itd.:
- *načrt ožičenja notranjih vezij*
  - *načrt ožičenja zunanjih vezij*
  - *načrt razdelilnika*
- d) načrt za razvoj drugih dokumentov v proizvodnji in pri delovanju naprave:
- *situacija*: prostorska razporeditev delov naprave (tj. načrt stanja omrežja)
  - *topografska risba*: oblike daljnovodnih poti ali ureditev električnih delov aparatov
  - *signalni diagram*: grafična predstavitev spremenljivk, tj. regulativni sistem, sestavljen iz vej in vozlišč
  - *modulacijski načrt*: frekvenčni pasovi z večkratno modulacijo
  - *načrt dostopnosti*: vrstni red in časovni intervali zaporednih operacij funkcionalnih enot naprave
  - *tabela povezav*: med seboj povezani terminali
  - *načrt toka signalov*: pregled predpisanih električnih in mehanskih medsebojnih povezav, ki določajo obseg in delovanje naprave



Slika 1: Pregled skice za radio



*Slika 2: Blok skica regulacije napetosti dinama*



*Slika 3: Funkcionalna skica kasetofona*



Diagrami, programski diagrami, zaporedje pogojev, signalne diagrami itd. so v elektrotehniki del tehnične dokumentacije. Razlaga funkcij naprave, navodila za uporabo, popravila in vzdrževanje so prav tako del tehnične dokumentacije. Glede na dejstvo, da električne naprave obsegajo tudi distribucijo energije in napeljavo v stavbah, je bistvenega pomena, da lahko berejo zemljevide ali ožičenje stavbe.

## **2.2 Upravljanje tehnične dokumentacije**

Tehnična dokumentacija je del premoženja družbe. Management (ali uprava) tehnične dokumentacije je sedaj vse bolj odvisna od uporabe sodobnih tehnologij. Razlog in namen uporabe orodij, ki so računalniško podprti izhaja iz dejstva, da ti sistemi omogočajo, na primer:

- razvoj izdelka
- izdelavo izdelka
- spreminjanje izdelka
- neposredna povezava s proizvodnim ciklom
- neposredna povezava in komunikacija ne samo med različnimi oddelki znotraj podjetja, ampak tudi z dobavitelji/strankami s pomočjo uporabe oblaka
- spremljanje življenjske dobe izdelka

Eden od trendov, ki izpolnjuje te zahteve, je PLM (Product Lifecycle – življenjski cikel izdelka). PLM upravlja življenjski cikel izdelka od načrtovanja do njegove odstranitve.

Rešitve (orodja), ki temeljijo na osnovi PLM, je več:

- sistemi, povezani s CAD-om ali neposredno grajeni na CAD-u, tj.:
  - LSD2000 (češka programska oprema) za razvoj tehnične dokumentacije na področju elektrotehnike in elektronike
  - ExpressSCH za razvoj shem in ExpressPCB za razvoj tiskanega vezja
  - EAGLE za sheme in razvoj tiskanih vezij
  - OrCAD
- sistemi, ki ne temeljijo na CAD-u

Nekatera orodja se že lahko uporabljajo s pomočjo mobilnih telefonov (iPad, iPhone, Android, npr. 360 Mobile PLM).

Sistemi ERP (Enterprise Resource Planning) integrirajo procese, ki so povezani s proizvodno dejavnostjo podjetja: proizvodnja, logistika, distribucija itd.

Trenutno še nimamo popolnega programskega "paketa", ki bi celovito obravnaval PLM – rešitve ponujajo programi (moduli), ki pogosto niso medsebojno povezani. Naslednji problem je tudi, na primer, da ti programi niso sposobni upravljati z istimi podatki. Prizadevanja za medsebojno povezovanje in razvoj kompleksnih, medsebojno povezanih kakor tudi interdisciplinarnih instrumentov, na primer, dokazuje. EPLAN-Vault Connector, ki povezuje ECAD za načrtovanje pri elektrotehniki (EPLAN Electric P8) ter Autodesk Vault in ERP z orodji za upravljanje z dokumenti podjetja.

Tehnična dokumentacija mora biti arhivirana in registrirana v skladu z dogovorjenimi pravili. Vsak dokument ima določeno veljavnost, avtor, lastnik, in upravitelj morajo biti znani. Vsebovati mora dodatne informacije:

- a) identifikator
- b) oznako, naziv ali ime dokumenta
- c) datum izpolnjevanja in izdaje
- d) kraj arhiviranja
- e) tip (montažne risbe, skice električne povezave, upravljanje ...) in velikost (A4, A3 ...)
- f) status sprememb - predhodna izdaja, zavedene morajo biti zadnje spremembe, zavrženja
- g) druge informacije, tj. priznanje in potrditev inšpekcijskih organov, certifikati, ki sodijo v sklop dokumentacije, avtor, jezik itd.
- h) podatke o uporabnikih - število in lokacijo distribuiranih izvodov

Originalne risbe niso na zalogi. Kopije vseh formatov so narejene v skladu s STN 01 3111 za format A4. Kopije se lahko skladiščijo: brezplačno, z direktno povezavo do datotek ali vezane s trakom.

### **3 TEHNIČNA STANDARDIZACIJA**

Tehnična standardizacija je proces, katerega cilj je zagotoviti rešitve, ki so ekonomične, učinkovite in zasnovane tako, da se zagotovi kakovost procesov in izdelkov v skladu z

*Učno gradivo je nastalo v okviru projekta skillME, ki ga sofinancira Evropska unija – program Erasmus+.*

zakonom št. 264/1999 Z. o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti ter o spremembah nekaterih zakonov: "tehnični standard vsebuje pravila, smernice, značilnosti in rezultate poslovanja za doseganje najustreznejše ureditve na tem področju in na splošno za primer večkratne uporabe."

Tehnični standardi temeljijo na preverjenih in konvencionalnih rezultatih znanosti kot tudi praksi. Rezultat je posplošitev standardizacije vrst in tipov proizvodov (izdelki, deli, montaža, tudi storitve), njihovih lastnosti in parametrov, npr.:

- a) materiali in njihove lastnosti
- b) izračuni
- c) proizvodni procesi

### **3.1 Vrste standardov**

Ločimo:

- a) *osnovni normativi*: osnovni standardi, povezani s terminologijo, konvencijami, meroslovjem, znaki in simboli
- b) *proizvodni standardi ali standardi za storitve*: minimalno opredeljeni parametri, da so izdelki/storitve v skladu z zdravjem, varnostjo ali okoljem, s potrebno dokumentacijo za izdelke itd.
- c) *standardi za analizo in metode*: s temi standardi se merijo lastnosti
- d) *organizacijski standardi*: opisujejo delovanje družbe/podjetja/organizacije, odnose in aktivnosti (tj. procesov zagotavljanja kakovosti, logistike, vodenja, organizacije proizvodnje itd.)
- e) *glede na ozemeljsko veljavnost*:
  - a) mednarodni standardi s strani Mednarodne organizacije za standardizacijo, ki je na razpolago za javnost
  - b) evropski standardi, sprejeti s strani Evropskega organa za standardizacijo, ki so na voljo javnosti
  - c) slovaški tehnični standardi, ki so javno dostopni
- f) *tuji standardi*, ki so jih tuji nacionalni organi za standardizacijo dali na voljo javnosti

Pregled slovaških, evropskih in mednarodnih standardov je objavljen na spletni strani Slovaškega urada za standardizacijo, meroslovje in testiranje: Published European and international standards. Ta urad objavlja tudi veljavne slovaške tehnične norme STN. Evropski standardi so objavljeni s strani Evropskega odbora za standardizacijo CEN:

<http://www.cen.eu/Pages/default.aspx>. Mednarodne norme je Mednarodna organizacija za standardizacijo ISO objavila na: <http://www.iso.org/iso/home.html>.

Ustanovljen je Evropski odbor za standardizacijo v elektrotehniki CENELEC na področju elektrotehnike, ki se poleg standardov ukvarja s tako imenovanimi usklajevalnimi dokumenti (HD) v primeru, da je mednarodna norma sprejeta z velikimi spremembami, npr.:

EN IEC 60332-1 HD 405.1 S1 Flame Propagation Test for a Single Insulated Cable<sup>1</sup> (test vnetljivosti za posamezni izolirani kabel).

Na nižji ravni so tako imenovani standardi za podjetja - ti se nanašajo na procese v podjetju/organizaciji, vendar pa morajo biti skladni z višjimi standardi (nacionalnimi, mednarodnimi). Kot primer lahko navedemo Corporate Energetics Standard [PNE382161](#).

### **3.2 Terminologija v elektrotehniki**

Elektrotehnika spada med najnaprednejše na razvijajočem se področju. Potrebno je bilo - na primer, zaradi potrebe, da se popravijo prevodi navodil za uporabo, storitvenih priročnikov itd. - uvesti enoten jezik. Organizacija IEC je odgovorna za poenotenje terminologije, tako da je izdala in posodobila Mednarodni elektrotehniški slovar IEV - International Electrotechnical Vocabulary.

Slovar vsebuje natančno definicijo vsake postavke in vsaka ima svojo posebno številčno kodo. Slovaška različica IEV-ja je objavljen kot IEC STN, medtem ko število v oklepaju označuje številko poglavja.

### **3.3 Tehnični predpisi**

Tehnični predpis je na splošno zavezujoč predpis, ki vsebuje<sup>2</sup>:

- a) tehnične specifikacije
- b) druge zahteve
- c) pravila za storitve

<sup>1</sup> <http://people.tuke.sk/stanislav.ilenin/eis/Technicka%20dokumentacia%20v%20elektrotehnike.pdf>

<sup>2</sup> [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AJOL\\_2015\\_241\\_R\\_0001](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AJOL_2015_241_R_0001)

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta skillME, ki ga sofinancira Evropska unija – program Erasmus+.

- d) ureditev, ki prepoveduje proizvodnjo, uvoz, trgovino na drobno ali uporabo izdelka, ki prepoveduje opravljanje ali uporabo storitve ali ustanovitve dobavitelja storitve

"*Tehnične specifikacije*" so lastnosti izdelka, kot so velikost, označevanje, pakiranje, standardi kakovosti, postopki za ugotavljanje skladnosti itd. Ta termin vključuje tudi metode in procese proizvodnje.

"*Druge zahteve*" vključujejo zahteve, kot so pogoji za uporabo, ponovno uporabo ali recikliranje. Ti pogoji vplivajo na sestavo ali značilnost proizvoda ali njegove prodaje.

## **4 SIMBOLI IN OZNAKE**

Načeloma za tehnično risbo s področja elektrotehnike veljajo ista pravila kot na področju kovinske industrije. Priporočamo, da se risanja učite iz učnega gradiva "Branje tehnične dokumentacije - Metal". Seveda glede na raznolikost uporabe električnih skic obstajajo tudi razlike. Na primer, pri risanju električne skice navodilo ne vključuje informacije o materialu. Naslednje poglavje je namenjeno razlikam.

### **4.1 Znaki**

Znaki in povezave, ki se uporabljajo pri električni napeljavi, so določene s standardom STN IEC 60617<sup>3</sup>.

Ločimo med naslednjimi standardiziranih znakov:

- a) splošni (osnovni) – skupno za skupino sestavin z enako funkcijo
- b) komplementarni – opredelijo pomen splošnih znakov

Ti znaki se lahko medsebojno kombinirajo, da pojasnijo pomen.

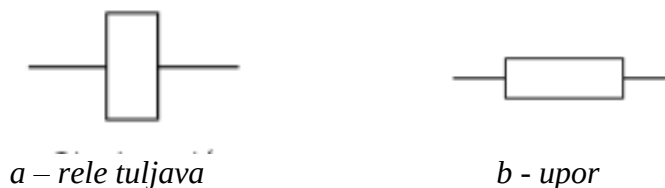
Obstajajo tudi nestandardizirani znaki, ki jih uporabljajo posamezni proizvajalci, in jih je mogoče najti, na primer, v katalogu izdelkov.

Pri STN EN 60617 obstaja nekaj znakov, ki so predstavljeni brez izhoda. Če se znak pojavi pri standardu, ki ima določen izhod, mora njihov položaj ohraniti svoj položaj, saj bi to lahko povzročilo zmedo med znaki, na primer pri rele tuljavi (slika 4a) in uporu (slika 4b).

---

<sup>3</sup> Priklady: <http://people.tuke.sk/dusan.medved/Subory/TDvE5.pdf>

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta skillME, ki ga sofinancira Evropska unija – program Erasmus+.



Slika 4: Znaki – primera za določene vtičnice

## 4.2 Črte

Električne skice običajno uporabljajo eno debelino črte. Izjeme predstavljajo, na primer, glavna ali pogonska vezja, ki so izrisana z debelo črto. Pri uporabi sistemov CAD je priporočljivo uporabljati enotno debelino črte. Tabela 1 prikazuje primere uporabe različnih vrst črt:

Tabela 1: Primeri črt pri elektrotehniških risbah

| Debelina črte          | tanka                       | debela       | zelo debela                         |
|------------------------|-----------------------------|--------------|-------------------------------------|
| <b>Tip črte</b>        |                             |              |                                     |
| <b>polno</b>           | električne povezave splošno | glavna vezja | vodilo                              |
|                        | električne povezave splošno | vodilo       | vodilo                              |
|                        | referenčna črta             | vodilo       | električne napeljave glede na vrsto |
| <b>črtasto</b>         | brez električne povezave    |              |                                     |
| <b>pikčasta veriga</b> | omejeni deli naprave        |              |                                     |
|                        | ozemljena zaščitna žica     |              |                                     |
| <b>pikčasto</b>        | ponavljanje delov ali vezij |              |                                     |

### **4.3 Vrednosti in enote, indeksi**

Fizikalne veličine se uporabljajo za opis lastnosti naprav, izdelkov ali materialov. Enote se uporabljajo za izražanje njihove velikosti. Te so navedene v International System of Units SI (mednarodnem sistemu enot SI). Fizikalne veličine, ki se nanašajo na ta sistem, so:

- med seboj neodvisni - osnovno. V elektrotehniki so uporabljeni 4 osnovni parametri (dolžina, masa, čas, električni tok)
- izhaja iz osnove (npr. hitrost =  $\text{m.s}^{-1}$  = kg.m.s<sup>2</sup> (Newton, N))
- dodatno (radian, steradian)

Enačbe izražajo odnose med spremenljivkami. Primerno je, da v praksi izberemo skupino enot, da enačbe med enotami ustrezajo enačbam med vrednostmi - tako imenovani usklajeni sistem enot.

V tehnični dokumentaciji so vrednosti zapisane s poševnimi črkami. Enote so zapisane s pokončnimi črkami. Predpone so zapisane s pokončnimi črkami brez presledkov.

Indeksi so zapisani:

- fizikalna veličina – s poševnimi črkami
- drugo – pokončne črke

Krepke črke se uporabljajo za označevanje matrik in vektorjev.

### **4.4 Izbrane številke, serije**

V elektrotehniki se izračuni intenzivno uporabljajo pri oblikovanju opreme, naprav in sestavnih delov. Njihova proizvodnja je lahko različnih vrednosti, ki lahko vodijo k oblikovanju izdelkov z različnimi parametri. Različni elementi (sestavni deli) se zato normalizirajo v različnih serijah:

- *aritmetični*: npr. za centrale, električne omarice. Slabost: veliko število izrazov v desetletju
- *geometrijski*: npr. v elektrotehniki, da se omeji število nominalnih vrednosti proizvedenih pasivnih komponent - uporov in kondenzatorjev. Slabost: absolutna razlika med dvema sosednjima deloma serije je velika
- *modularni*: kombinacija zgoraj omenjenih. Posamezni deli serije se izračunajo:  $2^m.n.d$   
 $m$  – integralno število  
 $n$  – definirano kot „ $N \leq n \leq 2N-1$ “

$N$  – numerično podlaga serije modula, kjer je  $N$  pozitivno število večje od 0

$d$  – dimenzionalni koeficient

Modularna serija je označena kot:  $\text{mod}(N;d)$

#### 4.5 Signal

Vstavljanje signalnih znakov v električni dokumentaciji upošteva:

- funkcionalno razporeditev: pretok signala in funkcij, ne glede na dejansko lokacijo elementov
- topografsko postavitev: upošteva razporeditev elementov

Simboli za smeri toka signala v elektrotehničnih risbah so opredeljeni z normami od leve proti desni.

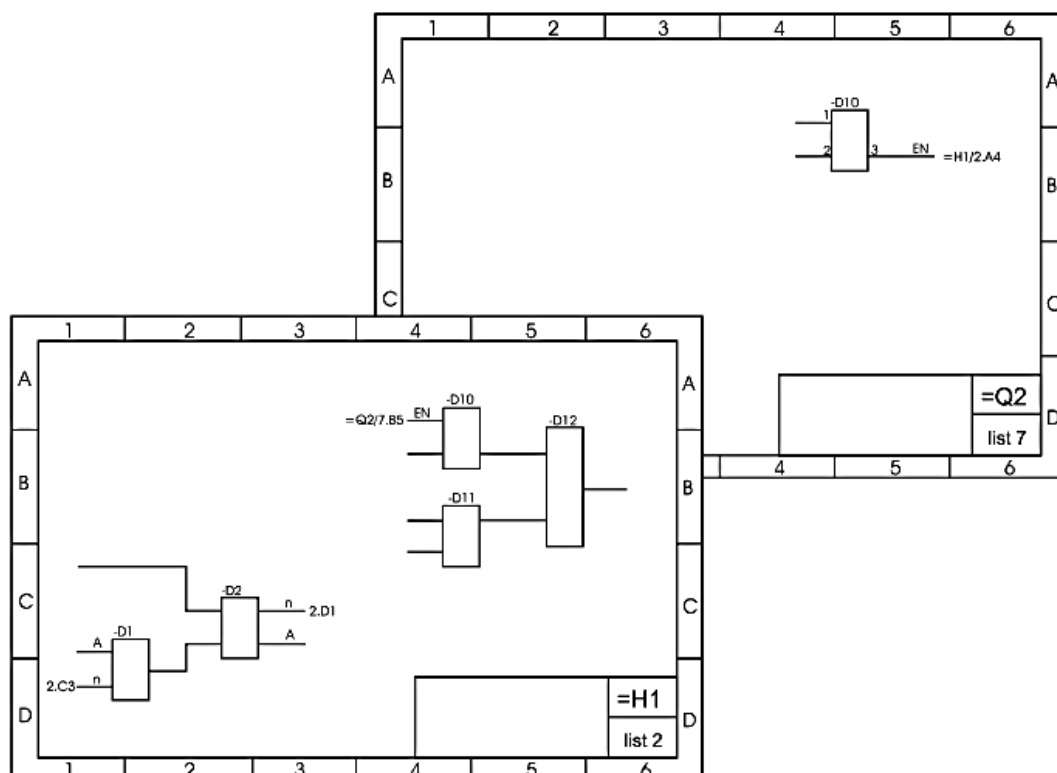
| Signal smeri toka                                                                   |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| leva proti desni                                                                    | od spodaj navzgor                                                                   | desna proti levi                                                                     | od zgoraj navzdol                                                                     |
|  |  |  |  |

Slika 5: Signal smeri toka

Če je na skici potrebno navesti signal, se uporabi alfanumerična oznaka nad spojem ali levo od spoja ob navpičnih črtah (v tem primeru je možno prekiniti povezavo). Če se pojavi na večjem delu risbe ali nadaljuje na drugi risbi, je označena na obeh koncih.

Koordinatni sistem (sistem orientacijskega polja) se uporablja za signalno lokalizacijo, medtem ko vodoravna os vsebuje numerično delitev, navpična os pa uporablja črkovno delitev (slika 6).

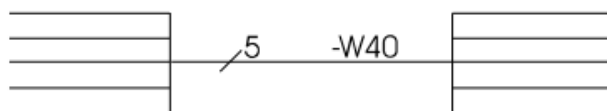




Slika 6: Uporaba signalov

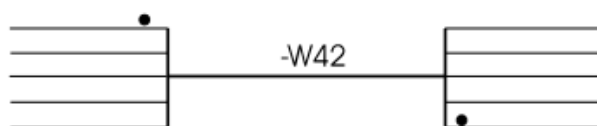
#### 4.6 Vodniki (konduktorji)

Možno je, da pregledno združimo vodnike in porazdelimo vezja glede na njihove funkcije (primer 6 oz. 5) ali več vzporednih vodnikov. Skupina vodnikov se torej lahko nadomesti z vodilom. Vodilo je označeno s številko in poševnico (slika 7) ali z debelo črto.

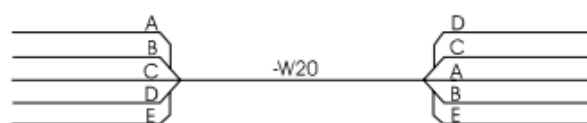


Slika 7: Označevanje vodila 5 vodnikov

Zaporedje vodnikov je označeno s piko ali s črkami (sliki 8 in 9).



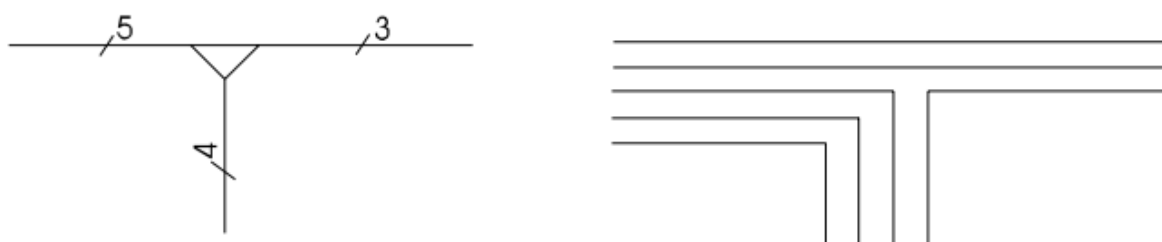
*Slika 8: Zaporedje vodnikov – označeni s piko*



*Slika 9: Zaporedje vodnikov – označeni s črkami*

Slika 10 prikazuje različne načine povezav in obratov. Obračanje in križanje spojev sestavljajo:

- povezava v obliki črke "T"
- mimohod<sup>4</sup>

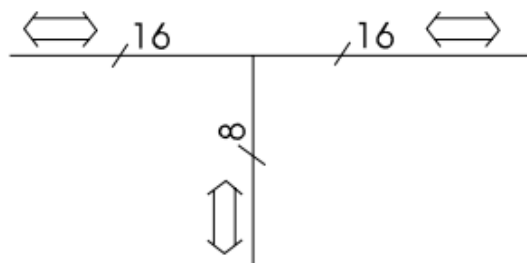


*Slika 10: Povezovanje, obračanje*

Dodatna oznaka se uporablja za table, ki predstavljajo informacijsko vozlišče (slika 11).

<sup>4</sup> Ni več priporočljivo risati celotnega kroga.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta skillME, ki ga sofinancira Evropska unija – program Erasmus+.



Slika 11: Informacijsko vozlišče

#### 4.7 Označevanje sestavnih delov

Sestavni deli so označeni s črkami po abecednem redu:

Tabela 2: Označevanje sestavnih delov po abecednem redu

|          |                                                                                                                                         |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b> | <i>Funkcionalni bloki, montaža in montaža podsklopov: npr. ojačevalniki, sprejemniki, oddajniki</i>                                     |
| <b>B</b> | <i>Pretvorniki brez električnih vrednosti za električno napeljavo in obratno: npr. mikrofoni, zvočniki, piezoelektrični pretvorniki</i> |
| <b>C</b> | <i>Kondenzatorji</i>                                                                                                                    |
| <b>D</b> | <i>Digitalni elementi in naprave: npr. mikroprocesorji, zamude na liniji</i>                                                            |
| <b>E</b> | <i>Različne sestavine: npr. grelci, luči</i>                                                                                            |
| <b>F</b> | <i>Varovalne in zaščitne naprave: npr. tokovni rele, prenapetostna zaščita</i>                                                          |
| <b>G</b> | <i>Viri energije in signali: npr. celice in baterije, oscilatorji, frekvenčni pretvorniki</i>                                           |
| <b>H</b> | <i>Signalne naprave: npr. zvok - zvonci, žarnice, svetila - LED</i>                                                                     |
| <b>K</b> | <i>Električno upravljano stikalo: npr. pomožni rele, časovni</i>                                                                        |
| <b>L</b> | <i>Induktorji, reaktorji in dušilke</i>                                                                                                 |
| <b>M</b> | <i>Motorji, servomotorji</i>                                                                                                            |
| <b>N</b> | <i>Analogne komponente in naprave: npr. analogna integrirana vezja</i>                                                                  |
| <b>P</b> | <i>Merilni instrumenti in testiranje opreme: npr. meritve toka, napetosti</i>                                                           |
| <b>Q</b> | <i>Stikala v energetskih in električnih tokokrogih: npr. kratkostični, ozemljitve</i>                                                   |

|          |                                                                                                      |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>R</b> | <i>Upori</i>                                                                                         |
| <b>S</b> | <i>Stikala v komunikacijskih in pomožnih tokokrogih: npr. nadzorni senzorji (nivoja, tlaka)</i>      |
| <b>T</b> | <i>Transformatorji</i>                                                                               |
| <b>U</b> | <i>Pretvorniki električnih količin v energijo: npr. modulatorji, modemi</i>                          |
| <b>V</b> | <i>Električni vakuumski in polprevodniški elementi: npr. cevi, katodne cevi, diode</i>               |
| <b>W</b> | <i>Črte in valovodi in antene: npr. kabli, optična vlakna</i>                                        |
| <b>X</b> | <i>Priključitev elektromehanskih komponent: npr. skupine sponk, priključki</i>                       |
| <b>Y</b> | <i>Na električno vodene mehanske naprave: npr. zavore, elektromagneti</i>                            |
| <b>Z</b> | <i>Zaključni elementi, filtri, omejevalniki: npr. aktivni/pasivni filtri, električni vzporedniki</i> |

Označevanje opredeljuje naslednje:

1. primernost za višjo enoto
2. tip in serijska številka dela naprave
3. dostopna točka
4. lokacija

V primeru enostavne skice veljata samo točki 1 in 2.

Za dele naprave se uporabljajo naslednji simboli:

| <b>znak</b> | <b>blok</b>          |
|-------------|----------------------|
| =           | funkcionalni blok    |
| -           | funkcionalna enota   |
| :           | dostopna točka       |
| +           | topografska lokacija |

Na primer, znaki na sliki 6 izražajo:

|           |                                                                                       |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| =H1       | risba modula, označena kot H z zaporedno številko 1                                   |
| =Q2-D10:3 | modul Q z zaporedno številko 2, digitalno vezje D z zaporedno številko 10, terminal 3 |

## 5 TISKANA VEZJA

Danes lahko najdemo vezja<sup>5</sup> v skoraj vsaki električni ali elektronski napravi.



*Slika 12: IP Edimax kamera – 3 tiskana vezja*

Plošča s tiskanim vezjem (slika 12) je povezava med komponentami električne ali elektronske opreme. Plošča s tiskanim vezjem sestoji iz:

- nosilne plošče (neprevodni material: npr. papir, keramika, epoksi steklena tkanina itd).
- prevodne folije (rabljeni elektrolitski baker 99%, debelina 8µm - 70 µm)

V skladu z dogovorom glede prevodnih poti ločimo naslednje vrste plošč:

- enostranske
- obojestranske z luknjo skozi površino

Za proizvodnjo in tehnologijo veznih plošč ločimo naslednje vrste dokumentacije:

- a) diagram ožičenja
- b) risanje plošče:
  - indikacija (navedba) orisa plošče
  - zunanje mere in oblike plošče
  - označevanje kontrolnih točk
- c) tabela okroglih lukenj (podatki za koordinate vrtalnega stroja)
- d) risanje okroglih lukenj (položaj in število vseh okroglih lukenj, preverjanje in polnjenje točk, izhodiščna točka za vrtanje, označevanje orisa plošče)

<sup>5</sup> PCB – Printed Circuit Board (tiskana vezja)

*Učno gradivo je nastalo v okviru projekta skillME, ki ga sofinancira Evropska unija – program Erasmus+.*



Načrtovanje plošč tiskanih vezij je razdeljeno na šest strukturnih razredov (tabela 3) in glede na obseg proizvodnih toleranc šest strukturnih razredov ustreza šestim razredom točnosti.

Razred točnosti je določen z:

- najmanjši center potreben za središčno razdaljo od obeh priključnih točk
- najmanjši premer krožne (okrogle) varjene blazinice (d +) do premera luknje (d);
- najmanjša širina trakov in izolacijske vrzeli

*Tabela 3: Konstrukcijski razredi*

| <b>Parameter</b>                                   | <b>Class</b> |            |             |            |           |            |
|----------------------------------------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------|------------|
|                                                    | <b>I.</b>    | <b>II.</b> | <b>III.</b> | <b>IV.</b> | <b>V.</b> | <b>VI.</b> |
| Center razdalje priključnih točk                   | 5            | 3,54       | 2,5         | 2,5        | 2,5       | 2,5        |
| Število driverjev, ki gredo skozi pritrdilne točke | 1            | 0          | 0           | 1          | 2         | 3          |
| Minimalni premer vrtine priključka točke d         | 0,8          | 0,8        | 0,8         | 0,7        | 0,7       | 0,7        |
| Minimalni premer varjene blazinice d +             | 1,9          | 1,45       | 1,05        | 0,7        | 0,5       | 0,5        |
| Minimalna širina črt                               | 0,5          | 0,4        | 0,35        | 0,3        | 0,2       | 0,15       |
| Minimalna širina izolacijskih vrzeli               | 0,9          | 0,7        | 0,45        | 0,35       | 0,25      | 0,2        |

### **5.1 Material**

Na tiskana vezja - njihove parametre - vplivajo predvsem materiali, ki se uporabljajo za njihovo izdelavo.

Treba je upoštevati določene parametre za materiale:

- a) izolacijska upornost: površinska upornost (običajno  $R_p=10^{12}\Omega$ ) in notranja upornost (običajno  $R_v=10^{13}\Omega$ ). Ti določajo mejne vrednosti za prevodnost in kratke stike.

Merimo jih z mega ohmmetrom.

- b) električna jakost: določa odpornost materiala na razelektritev, pravokotno na elektrone. Naveden je z [V/m].
- c) napetostni zlom: določa odpornost materiala pri električni razelektritvi laminata. Naveden je z [V].
- d) dielektrična konstanta (dielektričnost): določa sposobnost materiala za lovljenje (zajemanje) elektrostatične energije. Rutinsko jo merimo s kapacitivnim prečnikom pri 1 MHz.
- e) faktor izgub: to je stopnja dielektričnih izgub.
- f) Termični koeficient razširitve TCE (tiskano vezje) in prenos temperature skozi steklo  $T_g$ : TCE se pri  $T_g$  spremeni, kadar se snov spremeni v viskozno in elastično. Če se ta temperatura preseže, je rezultat uničenje PCB.

#### 5.1.1 Plošče

Med izdelavo plošč tiskanih vezij se uporablja direktiva RoHS (Restriction of Hazardous Substances - omejevanje nevarnih snovi), ki določa mejne vrednosti nekaterih strupenih snovi, kot so svinec, kadmij, šestvalentni krom itd.

Splošna delitev materialov, iz katerih so narejene plošče:

- a) *na osnovi fenolnih smol*: imajo dobre električne lastnosti, so stroškovno učinkoviti. Vsebnost bitumna je okoli 35-58%, tako se prepreči krhkost materiala.
- b) *na osnovi epoksi bitumna*: imajo dobre električne in mehanske lastnosti, material je stabilen in odporen na kisline in baze. Pomanjkljivost je njegovo mehčanje pri visokih temperaturah, čeprav je eden izmed najbolj uporabljanih materialov.
- c) *na osnovi poliamida*: so visoko odporni na temperaturo, vendar so ekonomsko neugodni (visoki stroški).
- d) *na osnovi politetrafluoroetilena (teflon)*: je kompozitni material v kombinaciji s steklenimi vlakni; ima odlične električne lastnosti, vendar pa se so ekonomsko neugodni in težko je proizvajati večplastne plošče).
- e) *na osnovi poliestrskega bitumna*: kljub ekonomski prednosti se kažejo težave z upogibanjem in težko jih je površinsko obdelati.
- f) *anorganski materiali*: so trši, uporabljajo se samo za posebne namene zaradi težav z mehanskimi obremenitvami.

*Učno gradivo je nastalo v okviru projekta skillME, ki ga sofinancira Evropska unija – program Erasmus+.*



Nekatere plošče imajo posebno tehnologijo proizvodnje - na primer z vstavitvijo kovinskega jedra (tipično za zlitine), ki povečuje toplotno prevodnost plošče in zmanjšuje linearno raztezanje.

Druga možnost izboljšanja lastnosti plošč tiskanih vezij je ustvariti 3D model – večplastna vezja z integriranimi pasivnimi in aktivnimi komponentami, vstavljenimi v keramično strukturo.

#### *5.1.2 Prevodna pot*

Vezja so običajno oblikovana z uporabo CAD tehnologije. Oblika se prenese na prozorno folijo, ki služi kot predloga za izdelavo plošč tiskanih vezij.

Trenutna zmogljivost tokokroga je približno 5-krat večja v primerjavi z običajnimi žicami zaradi manjše toplotne izgube. Temperatura ne sme preseči dolgoročne temperature  $T_g$  osnovnega materiala tiskanega vezja.

Izolacijska upornost PCB-ja je razlika pri dveh tiskanih vezjih.

Parazitna kapacitivnost in induktivnost se odraža med posameznimi sloji vezij, med spoji itd. Velikost je odvisna od velikosti prekrivajočih se področij, od razdalje in dielektrične konstante (v mislih imamo material, ki mora biti visoke kakovosti tistih z nižjo dielektrično konstanto).

Ko načrtujemo PCB, moramo upoštevati npr.:

- pravilno filtriranje
- blokiranje napetosti
- zmanjšanje zank in dolžine povezav
- zmanjšanje tokovne vrednosti
- zmanjšuje hitrosti prenosa
- elektrostatično in elektromagnetno zaščito

## **6 NAPRAVE ZA MERJENJE V ELEKTROTEHNIKI**

Merilne naprave v elektrotehniko delimo glede na več vidikov<sup>7</sup>:

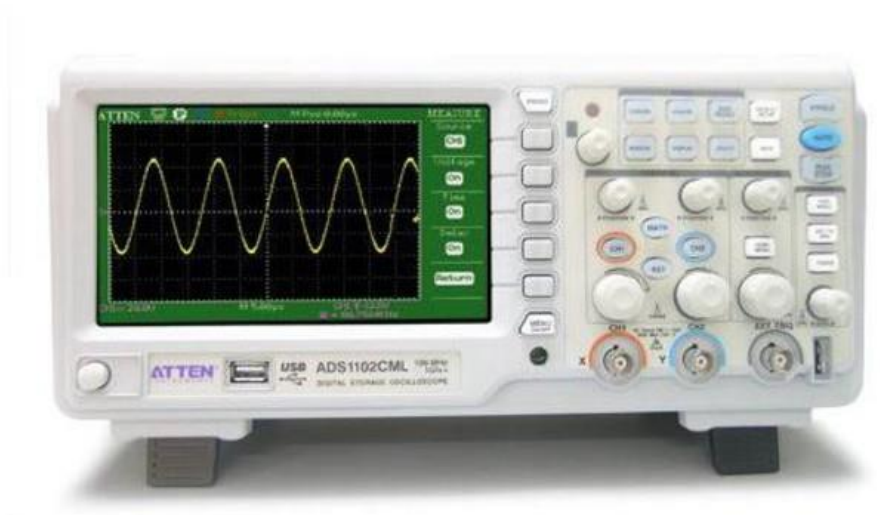
- a) po metodi določanja odmerjene količine z instrumentom:
  - absolutni merilni instrumenti - omogočajo navesti izmerjeno vrednost brez primerjave z nekim drugim instrumentom. Omogočajo določiti izmerjeno vrednost na osnovi dimenzij nekaterih delov merilnega instrumenta na osnovi mase. So najbolj točni in najdražji.
  - sekundarni merilni instrumenti - izmerjeno vrednost določimo v primerjavi z vrednostjo, ki je bila določena z uporabo bolj natančne merilne naprave. Vsi merilni instrumenti, ki se običajno uporabljajo, spadajo v to kategorijo.
- b) v skladu z merilno natančnostjo:
  - etaloni - delujejo z največjo možno natančnostjo.
  - osnovni merilni instrumenti - služijo kot sredstva za preverjanje laboratorijskih merilnih instrumentov pri zelo natančnih meritvah. Značilno za njih je, da spadajo v razred točnosti 0,1.
  - laboratorijske naprave - uporabljajo se pri bolj natančnih meritvah
  - delovne naprave - za redne meritve na delovnem mestu
- c) glede na vrsto izmerjene vrednosti: ampermeter, voltmeter, vatmeter, galvanometer, ohmmeter, števec električne energije, merilnik za frekvence, merilnike faze, naprave za merjenje neelektričnih vrednosti in drugi.
- d) glede na uporabo sedanjega sistema: za enosmerni tok (DC), izmenični tok (AC) enofazni, večfazni.
- e) glede na metodo merjenja in merjenja podatkovnih vrednosti:
  - analogni merilni instrumenti – neprekinjeno merijo in navajajo stalno spremembo odmerjene količine. Izhodna spremenljivka analogne merilne naprave se običajno odraža z odklonom kazalca ali s svetlo točko na televizijskem zaslonu.
  - numerične (digitalne) merilne naprave - spremenijo izmerjeno analogno količino in kažejo stalno spremembo v številčni obliki.
- f) glede na metodo določitve merilne spremenljivke:
  - neposredne meritve - izmerjena spremenljiva vrednost se določi neposredno, brez izračuna
  - posredna meritev - izmerjena vrednost spremenljivke je določena z izračunom iz drugih spremenljivk
  - kombinirana meritev
- g) glede na merilni mehanizem
  - elektromagnetno

<sup>7</sup> <http://www.tonko.eu/ele/node/166>

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta skillME, ki ga sofinancira Evropska unija – program Erasmus+.



- naprave z vrtečim magnetom
  - feromagnetno
  - elektrodinamično in ferodinamično
  - indukcija (Ferraris)
  - termično (širitev, z žico, binarno)
  - elektrostatično
  - vibracija (resonanca)
- h) glede na način branja izmerjene spremenljivke:
- analogne naprave
  - snemalne (registracijske) naprave - na registracijski trak takoj in učinkovito grafično posnamejo srednjo ali najvišjo vrednost izmerjene spremenljivke
  - vibratorji - pokažejo izmerjene spremenljivke z amplitudo prožnih jezikov ali velikost amplitude svetlobnega žarka
  - naprave s svetlobnim indikatorjem
- i) glede na dane informacije o izmerjeni vrednosti:
- naprave za prikazovanje - obveščajo o prisotnosti izmerjenih spremenljivk (npr. testerji)
  - naprave, ki zagotavljajo informacije o velikosti merjene spremenljivke
  - naprave, ki obveščajo o parametrih vala v kratkem časovnem obdobju (osciloskop)
  - naprave, ki prepisujejo izmerjene vrednosti v daljšem časovnem obdobju (osciloskop)
  - naprave, ki zapišejo spremembe vrednosti v daljšem časovnem obdobju (rekorderji)



*Slika 15: Digitalni osciloskop*

Trenutno so na voljo merilni instrumenti, ki lahko merijo, na primer, vse osnovne električne vrednosti:



*Slika 16: Multimeter*

Nekateri parametri multimetra s slike 15:

- merjenje toka: od 0,01  $\mu\text{A}$  do 10A AC/DC TrueRMS (20A: max. 30 sekund z omejeno natančnostjo)
- najboljša natančnost: 0,06 % + 4 dig. / DC napetost
- upor v območju: od 400  $\Omega$  do 40 M $\Omega$

- zmogljivost v razponu: od 40 nF do 40 mF
- frekvenca v območju: od 40 Hz do 100 MHz
- merjenje ciklusa v območju: od 0,10 do 99,9 % (pri 5 Hz ... 150 kHz)
- diode in kontinuitetni test (akustični)
- temperatura s termočlenom K: od -50 ° C do + 1200 ° C

### **6.1 Natančnost merjenja**

Nikoli ni mogoče čisto natančno določiti dejanske izmerjene vrednosti. Natančnost merjenja je izražena posredno z vrednostjo napake. Napake so navedene v %.

Električni merilni instrumenti spadajo v razrede točnosti:

- 0,1 – najbolj natančne naprave
- 0,2 – zelo natančne laboratorijske naprave
- 0,5 – natančne laboratorijske naprave
- 1 – pritrdilne naprave (natančne)
- 1,5 – stikalne naprave
- 2,5 – ostale naprave

Pri merjenju ločimo dve osnovni napaki:

a) absolutna ( $\Delta$ ): razlika med izmerjeno vrednostjo (N) in dejansko vrednostjo (S)

$$\Delta = N - S$$

Dejanska vrednost ni dokazljiva - ta se nadomesti s tako imenovano konvencionalno pravo vrednostjo. To je mogoče doseči le z oceno velikega števila meritev in teoretičnih izračunov.

b) relativna ( $\delta$ ):

$$\delta = \frac{\Delta}{N} \cdot 100 \quad \text{ali} \quad \delta = \frac{\Delta}{N} \cdot 100 [\%]$$



*Analogni merilni instrumenti:*

a) največja dovoljena napaka ( $\Delta X_{mx}$ ):

$$\Delta X_{mx} = \frac{tp \cdot X_r}{100}$$

*tp – razred točnosti*

*X<sub>r</sub> – obseg v vrednosti enot*

b) (največja) dovoljena relativna napaka ( $\delta_{x\ mx}$ ):

$$\delta_{x\ mx} = \frac{\Delta X_{mx}}{X} \cdot 100$$

**Primer:** Kolikšna je vrednost izmerjenega električnega toka, kakšna je največja dovoljena relativna napaka meritve, če ampermeter kaže 50 kosov na 120 segmentni lestvici? Ampermetrsko območje je 360 mA, razred točnosti je 0,5.

**Rešitev:**

a) Izmerjena vrednost se ugotavlja s preprosto enačbo:

$$I = k_A \cdot \alpha_A = \frac{I_r}{\alpha_r} \cdot \alpha_A = \frac{360 \cdot 10^{-3}}{120} \cdot 50 = 150 \cdot 10^{-3} = 150 \text{ mA}$$

kjer:

$k$  – konstantni instrument

$\alpha$  – indikator odklona

b) Največja dovoljena relativna napaka se izračuna na naslednji način:

$$\delta_{I_{mx}} = \frac{\Delta I_{mx}}{I} \cdot 100 = \frac{tp \cdot I_r}{100 \cdot I} \cdot 100 = 1,2 \%$$

*Digitalne merilne naprave:*

a) absolutna napaka

$$\Delta X_{dov} = \pm (a_1 X_x + a_2 X_r)$$

b) relativna napaka

$$\delta X_{dov} = \pm \left( a_1 + a_2 \left( \frac{X_r}{X_x} \right) \right)$$

kjer:

$a_1, a_2$  – konstante

$X_x$  – izmerjena vrednost

$X_r$  – uporabljeno območje

Napake ločimo glede na metodo, ki se pojavi na:

- a) stalne napake (sistematične): s ponavljanjem iste meritve so enake velikosti
- b) naključne napake: po ponovljenih meritvah so različne velikosti

Glede na razlog nastanka ločimo naslednje napake:

- a) napake pri metodi merjenja – natančnost merjenja je odvisna tudi od izbrane merilne metode. Če manjša natančnost zadošča, lahko uporabimo enostavnejšo in hitrejšo metodo.
- b) napake pri merilnih instrumentih
- c) napake, povzročene z motečimi vplivi - merilni instrumenti so izpostavljeni različnim vplivom, ki vplivajo na njihove podatke, na primer:
  - mehanski vplivi (npr. trenje ležaja)
  - temperatura
  - zunanje elektromagnetno polje
  - frekvenca

Glede na izvor napake:

- a) subjektivna: npr. povzročena s strani osebja
- b) objektivna





## **7 VIRI**

### **Monografija**

[1] BALOGH J. (2001). Technical documentation in electrotechnics. ISBN 978-80-553-0983-5

### **Več avtorjev**

[1] ĎUROVSKÝ F., SEMAN S. (2001). Technical documentation in electrotechnics. ISBN 966-80-553-0259-2

[2] MOJŽIŠ M., MOLNÁR J. (2009). Electrotechnical practise. ISBN 978-80-553-0259-1

### **Elektronski viri**

[1] Risanje v elektrotehniki. [http://www.atpjournal.sk/buxus/docs/Durovsky\\_WEB.pdf](http://www.atpjournal.sk/buxus/docs/Durovsky_WEB.pdf) [23.3.2016].

[2] Praksa v elektrotehniki. [http://kteem.fei.tuke.sk/dokumenty/ep/EP\\_VseobecnaCast.pdf](http://kteem.fei.tuke.sk/dokumenty/ep/EP_VseobecnaCast.pdf) [22 .09. 2016].

[3] Norma STN IEC 60617. <http://people.tuke.sk/dusan.medved/Subory/TDvE5.pdf> [22 .09. 2016].

[4] Elektrotehnika. <http://www.tonko.eu/ele/node/166> [22 .09. 2016].

[5] Ojačevalniki. <http://zosilnovace.eu/LME49810.htm> [22 .09. 2016].

## **DODATEK 1: PRIMER KONTROLNE NALOGE**

### **Branje tehnične dokumentacije – kontrolna naloga**

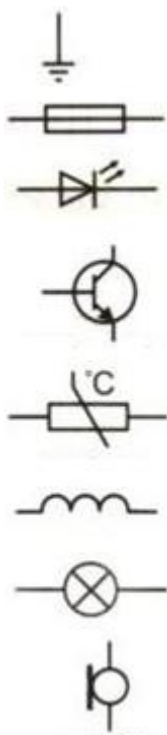
#### **Naloga 1: Uporaba teoretičnega znanja pri delu z digitalnimi slikami**

Ime in priimek: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_ Točke: \_\_\_\_\_

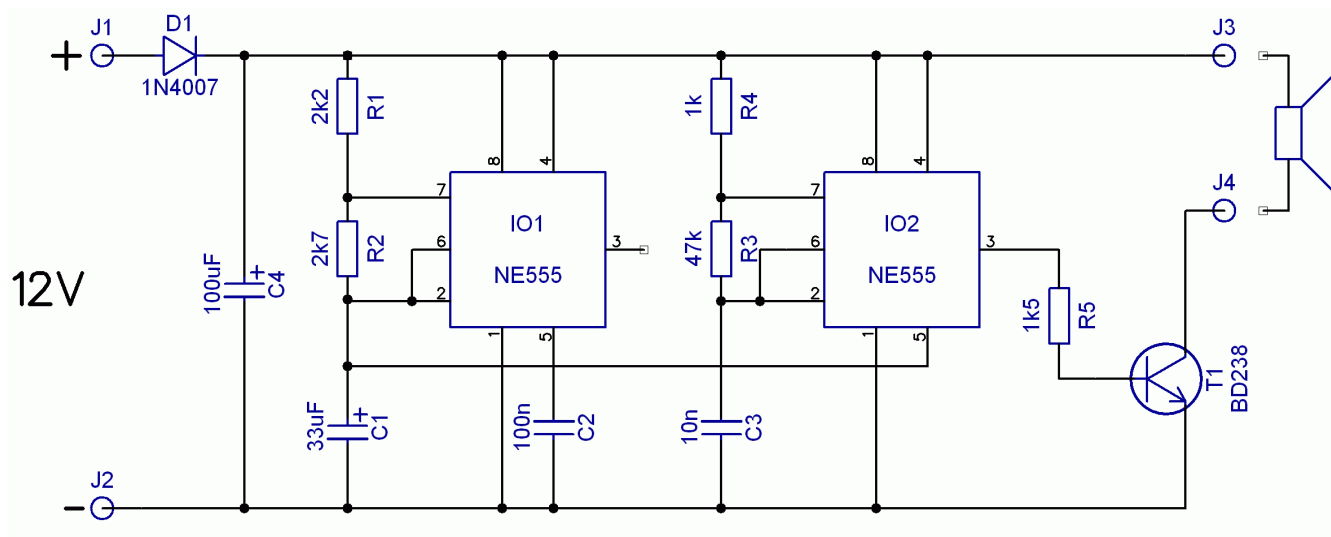
1. Napišite ime sestavne dele pri vsaki oznaki.

|         |  |
|---------|--|
| 2 točki |  |
|---------|--|



2. Napišite sestavne dele, vrsto in vrednost komponente.

|         |  |
|---------|--|
| 2 točki |  |
|---------|--|



R1:

C3:

R3:

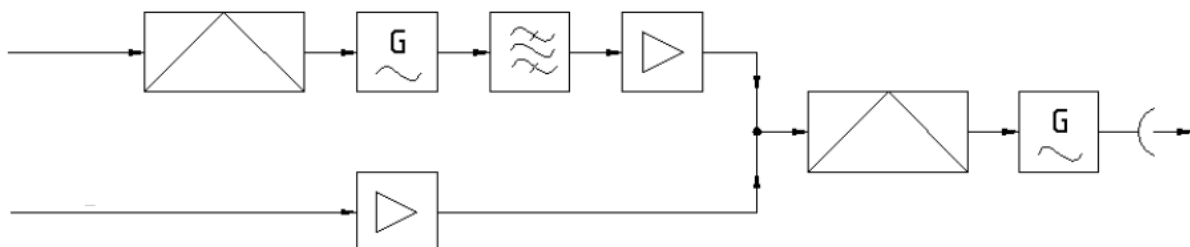
C4:

D1:

T1:

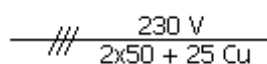
3. Na spodnji sliki zapišite vrsto električne skice.

1 točka



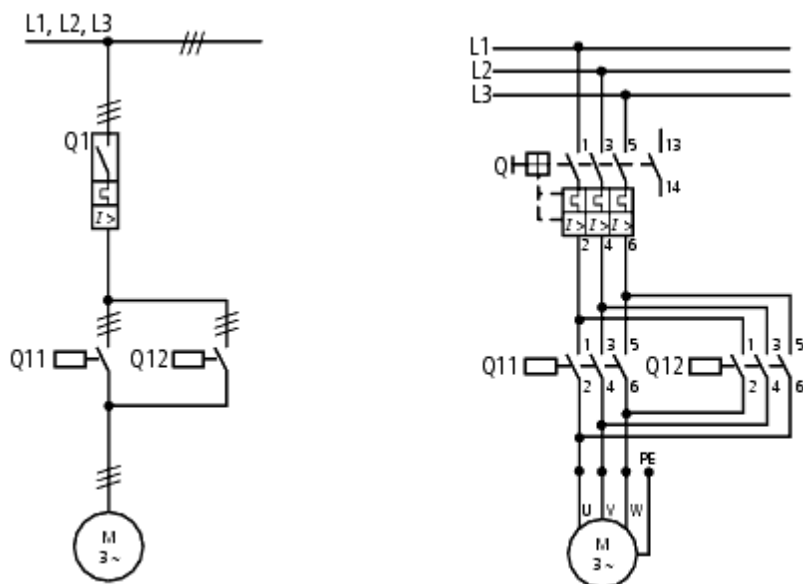
4. Kakšen je pomen naslednje slike? Prosimo, napišite pomen števil in črk ter jih razložite.

2 točki



5. Opreделите naslednje vrste skic in pojasnite razlike pri delovanju.

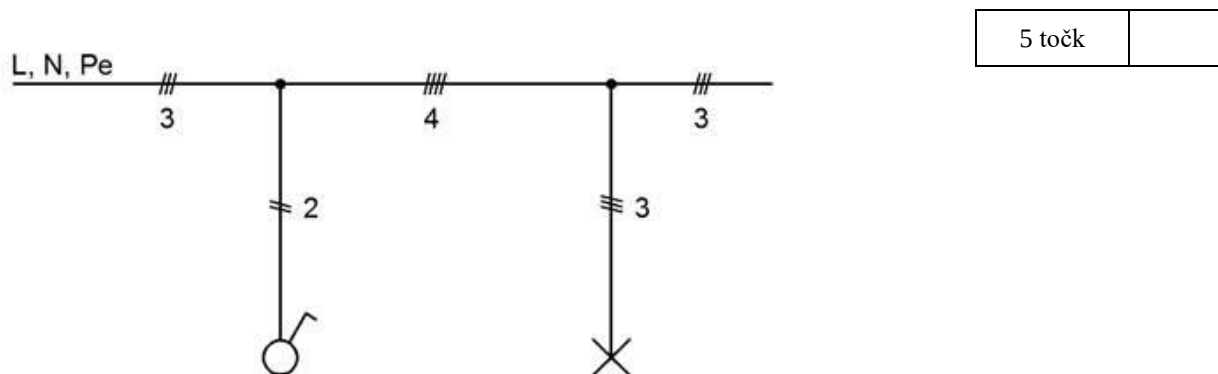
2 točki



6. Povežite črtni simbol logičnega elementa z ustreznim pravilom, s pomočjo katerega je bil sestavljen.

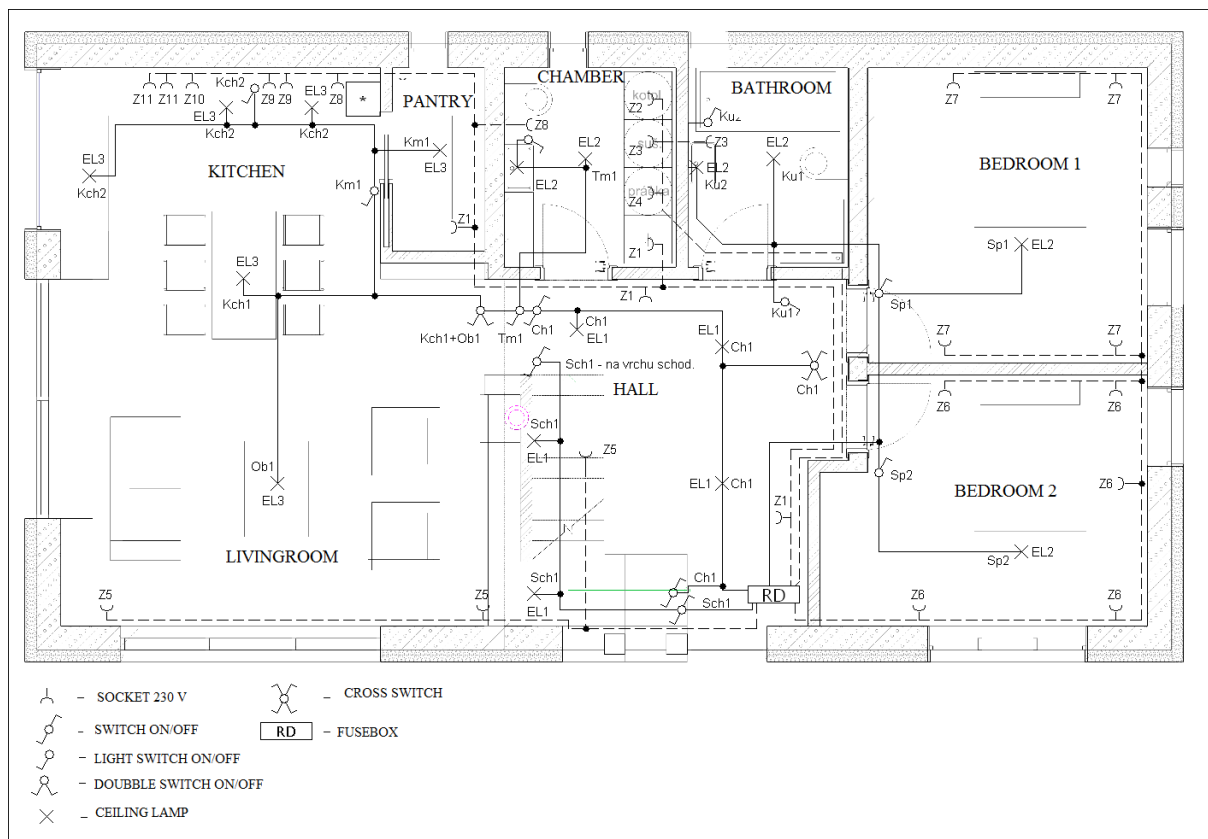
| Simbol | Pravilo           | 1 točka |
|--------|-------------------|---------|
|        | <b>IEC</b>        |         |
|        | <b>ANSI / MIL</b> |         |
|        | <b>DIN</b>        |         |

7. Na spodnji sliki navedite ime skice, opišite značilnosti in dopolnite manjkajoče dele na skici.



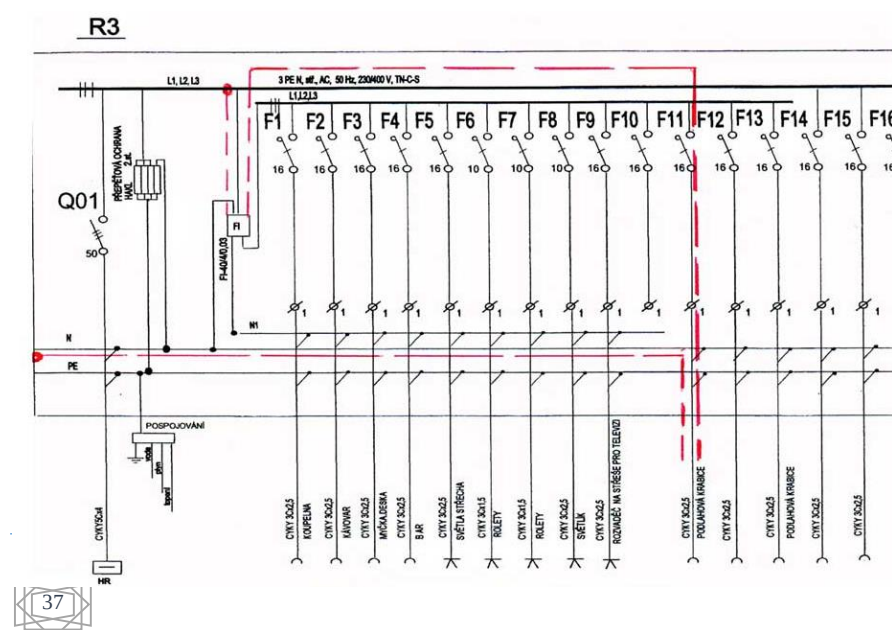
8. Navedite vse dele napeljave v prostorih "KUHINJA" in "SPALNICA 2".

8 TOČK



9. Oglejte si skico in odgovorite na naslednja vprašanja:

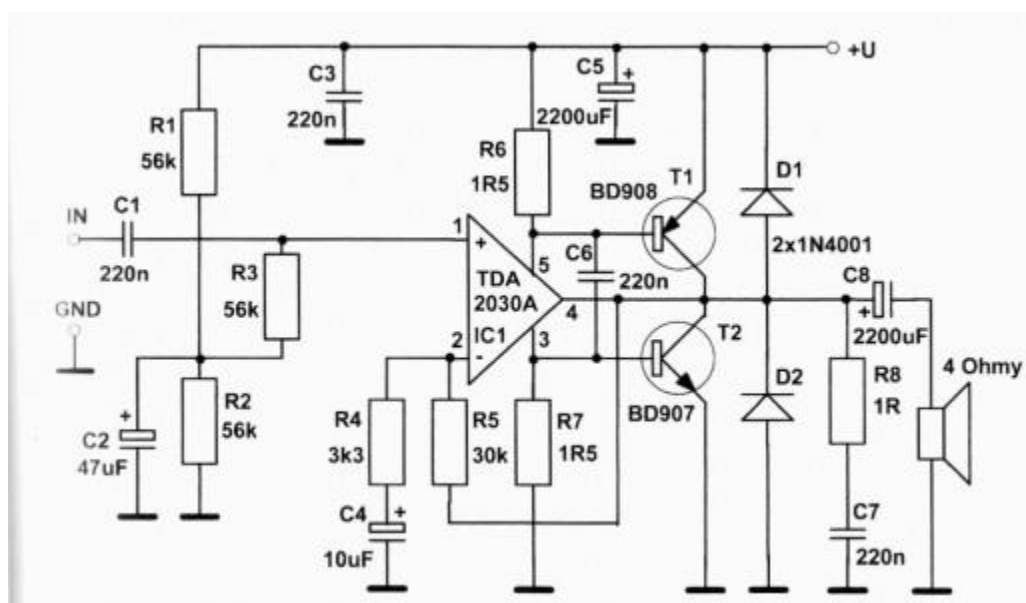
7 točk



- a) Napišite ime naprave, ki je na skici (njeno znamko).
- b) Razložite pomen komponente - F10 na skici, kakšni so njeni parametri in namen.
- c) Razložiti pomen komponente - Q01 na skici, kakšni so njeni parametri na dejanski skici?
- d) Kaj pomeni oznaka CYKY 3C2,5?

10. Oglejte si skico in odgovorite na naslednja vprašanja:

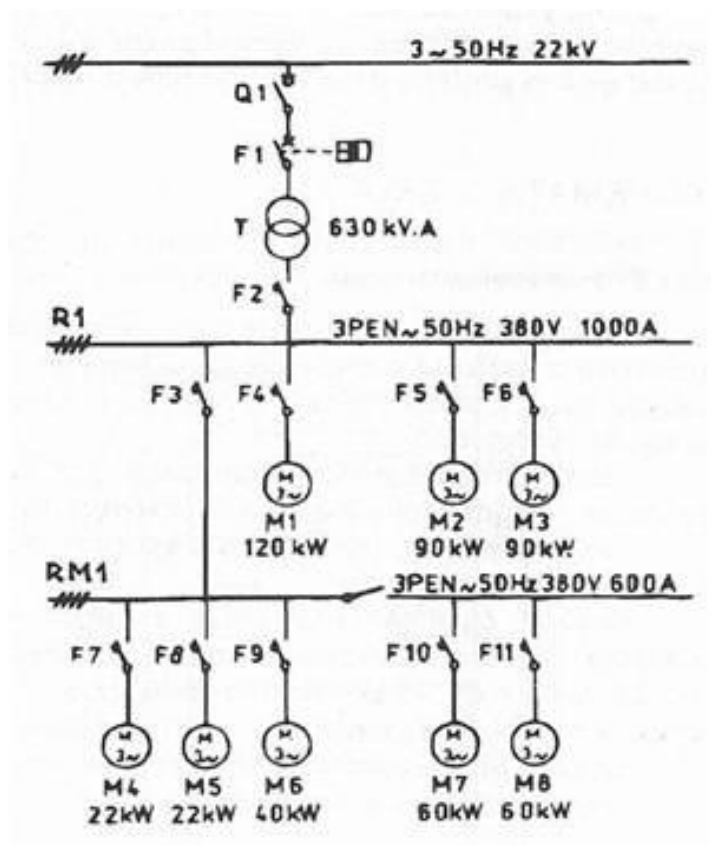
|        |  |
|--------|--|
| 5 točk |  |
|--------|--|



- a) Kaj je namen električnega tokokroga na skici?
- b) Koliko rezistorjev z vrednostjo 56 k $\Omega$  se nahaja na skici?
- c) Kolikšna je vrednost komponente R7?

11. Napišite vrsto skice, ki je predstavljena, in jo določite.

|         |  |
|---------|--|
| 2 točki |  |
|---------|--|







---

---

Ustni del izpita:

---

---

1. vprašanje.....  
.....

|         |  |
|---------|--|
| 1 točka |  |
|---------|--|

2. vprašanje  
.....  
.....

|         |  |
|---------|--|
| 1 točka |  |
|---------|--|

3. vprašanje  
.....  
.....

|         |  |
|---------|--|
| 1 točka |  |
|---------|--|