

---

## ► Praktična izdelava prototipov elektronskih vezji

Praktični obštudijski tečaj  
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

Izvajalec: **Matjaž Vidmar**

### Ime dejavnosti:

**Praktična izdelava prototipov elektronskih vezji**

### Vrsta dejavnosti:

**6. Raziskave/znanost/projekti, ki niso del obveznih sestavin študijskih programov**

**Študijski program:** Elektrotehnika (UN), Aplikativna elektrotehnika (VS), Multimedija (UN),  
Multimedijske komunikacije (VS), Elektrotehnika (MAG)

**Stopnja:** 1. stopnja UN, 1. stopnja VS, 2. stopnja UN

**Letnik:** 2. letnik 1. stopnje ali višje

**Semester:** Letni semester

### Vrsta dejavnosti:

**Izbirni**

### Način izvedbe dejavnosti:

predavanje	seminar	vaje	samostojno delo
<b>4h</b>	-	<b>6h</b>	<b>4h</b>

### Jezik izvajanja dejavnosti:

**Slovenščina**

---

### **Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:**

Splošna znanja elektrotehnike, ki jih študentje pridobijo tekom prvega letnika študija.

V primeru večjega števila študentov, kot je razpisanih prostih mest za praktični del tečaja, se izvede omejitev vključitve v projekt po kriterijih, ki so objavljeni pred odprtjem vpisa.

### **Vsebina:**

#### **Groba razčlenitev vsebine:**

- Pregled postopkov izdelave tiskanih vezji
- Postopek izdelave tiskanega vezja z prenosom tonerja
- Pregled postopkov spajkanja elementov tiskanega vezja
- Postopek spajkanja tiskanine z ročnim spajkalnikom
- Praktično delo: Izdelava IR daljinca (prenos teorije v prakso)

#### **Podrobna razčlenitev vsebine:**

##### **Teoretični del:**

1. Risanje tiskanih vezij, izbira očesc za ročno/strojno spajkanje in vrtanje.
2. Formati datotek in priprava filma za različne postopke izdelave.
3. Fotopostopek s pozitivnim fotolakom, osvetljevanje in razvijanje.
4. Neposredni prenos tonerja z lamintorjem, temperatura in drugi parametri.
5. Kemija jedkanja tiskanih vezij:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{HCl}+\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  in  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ .
6. Praktični prenos tonerja na enostransko tiskano vezje.
7. Retuš napak na fotolaku ali tonerju oziroma neposredno ročno risanje.
8. Praktični jedkanje enostranskih tiskanih vezij s  $\text{HCl}+\text{H}_2\text{O}_2$  in z  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ .
9. Nadzor izjedkanega vezja z mikroskopom, učinek podjedkanja.
10. Odstranjevanje fotolaka/tonerja, obrez in vrtanje tiskanih vezij.
11. Zlitine za spajkanje, kositer in svinec, evtektik, dodatki.
12. Različni fluksi za spajkanje: stearni, kolofonija,
13. solna kislina, cinol pasta, vodotopni fluksi.
14. Postopek spajkanja, tališče in omočenje obdelovancev.
15. Izvedbe spajkalnikov, vrste konic in nadzor temperature.
16. Prikaz pocinjevanja tiskanega vezja.
17. Praktično pocinjevanje tiskanega vezja IR daljinca.
18. Sestavljanje naprav s spajkanjem, pravilno spajkanje SMD gradnikov.
19. Praktično spajkanje gradnikov IR daljinca
20. Popravljanje napak pri spajkanju.
21. Odstranjevanje odvečne spajke s pletenico in s pumpico.
22. Praktično delo s spajkalno postajo z vročim zrakom.

### **Praktični del:**

1. Praktično spajkanje gradnikov IR daljinca.
2. Preizkus vezij IR daljinca, nastavitve frekvence oddajnika.
3. Popravljanje napak pri spajkanju.
4. Zamenjava napačno vgrajenih in poškodovanih gradnikov.

### **Temeljna literatura in viri:**

- Digitalno gradivo v obliki učbenika, prosto dostopno udeležencem
- Priročnik za vaje v digitalni obliki, prosto dostopno udeležencem

Literatura je udeležencem dostopna prek spletne učilnice ali prek spletne strani.

### **Metodologija dela:**

Predavanja, praktične vaje in praktična gradnja prototipne naprave v laboratoriju. Udeleženci lahko del praktične izdelave opravijo tudi samostojno izven okvira laboratorijskih vaj, končni izdelek pa prinesejo v pregled in oceno na zadnje vaje.

### **Načini ocenjevanja:**

Preverjanje delovanja končnega izdelka (IR daljinec) – 100%

## **Cilji in kompetence:**

### **Cilji:**

Sposobnost samostojne izdelave prototipnih elektronskih vezji s SMD gradniki na tiskanem vezju, spoznavanje z uporabo ustreznih orodij za delo (spajkalnik, laminator, paus papir, flux). Učenje ustreznega rokovanja z (lastnimi) orodji za delo. Preizkušanje končnega izdelka, odkrivanje in odpravljanje napak.

### **Kompetence (poklicno specifične):**

- Poznavanje različnih načinov izdelave prototipnih tiskanih vezji
- Poznavanje načina učinkovitega ročnega spajkanja SMD elementov
- Hitra prototipna izdelava elektronskih vezji kot načrtovalski korak

## **Predvideni študijski rezultati:**

### **Znanje in razumevanje:**

- Izdelava prototipnih tiskanih vezji
- Zanesljivo ročno spajkanje
- Sestavljanje SMD vezji
- Iskanje napak tiskanega vezja in izgradnje
- Vgradnja v ohišje in oklapanje

## Načrt izvedbe:

Predvidena izvedba delavnice v **sredini letnega semestra**.

Za sodelovanje na delavnici je potrebna prijava udeležencev (preko spletne strani ali spletnega sistema). Udeleženci so pozvani, da na delavnico prinesejo svoja orodja (spajkalnik), ter se tako naučijo ravnanja z lastno opremo.

Število udeležencev na predavanjih ni omejeno, vstop je prost.

Število udeležencev na praktičnih vajah je omejeno predvidoma na **20 oseb**.

Predavanja se izvedejo v obliki uvodnega predavanja v dolžini 2h, ter tedensko pred vajami, skupaj 2h.

Vaje se izvajajo v skupini po 6-7 udeležencev skupaj po dve uri tedensko, tri tedne zapored.

Vzporedno tako potekajo 3 cikli vaj tedensko.

V primeru večjega števila udeležencev, kot je razpisanih prostih mest za praktični del tečaja, se izvede omejitev vključitve v projekt po kriterijih, ki so objavljeni pred odprtjem vpisa.

## Potrebe za izvedbo:

Naziv:	Že zagotovljeno	Opomba
Predavalnica z projektorjem in platnom	✓	P1
Prostor za vaje (laboratorij LSO)	✓	
Računalnik	•	Možnost izposoje LSO
Laserski tiskalnik z originalnim tonerjem	•	Možnost izposoje LSO
Predelan laminator	•	Možnost izposoje LSO
Vrtalni stroj za tiskana vezja	•	Možnost izposoje LSO
Škarje za vitroplast	•	Možnost izposoje LSO
Spajkalniki	✓	Možnost delne izposoje
Univerzalni inštrument	•	Možnost izposoje LSO
Mikroskop za pregled vezja	•	Možnost izposoje LSO
Pincete	✓	Možnost delne izposoje
Razno drobno orodje	•	Možnost izposoje LSO