

Načrtovanje elektronike za

EMC² 2025

šudentska delavnica
in tekmovanje

M. Jankovec

16. 6.
2025



FE

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za elektrotehniko



Laboratorij za fotovoltaike
in optoelektroniko

FORVIA



INSTRUMENTATION
TECHNOLOGIES



iskraemeco
BY ELSEWEDY ELECTRIC

KOLEKTOR



GEMmotors



WURTH
ELEKTRONIK
MORE THAN
YOU EXPECT



INTECTIV

svet
ELEKTRONIKE

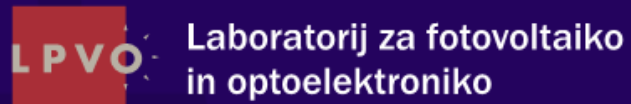
AUR^{RA}



Načrtovanje elektronike za

EMC² 2025

študentska delavnica
in tekmovanje



Izziv

M. Jankovec

16. 6. 2025

Izziv

0 % - 45%:



LED off

60 % - 80%:

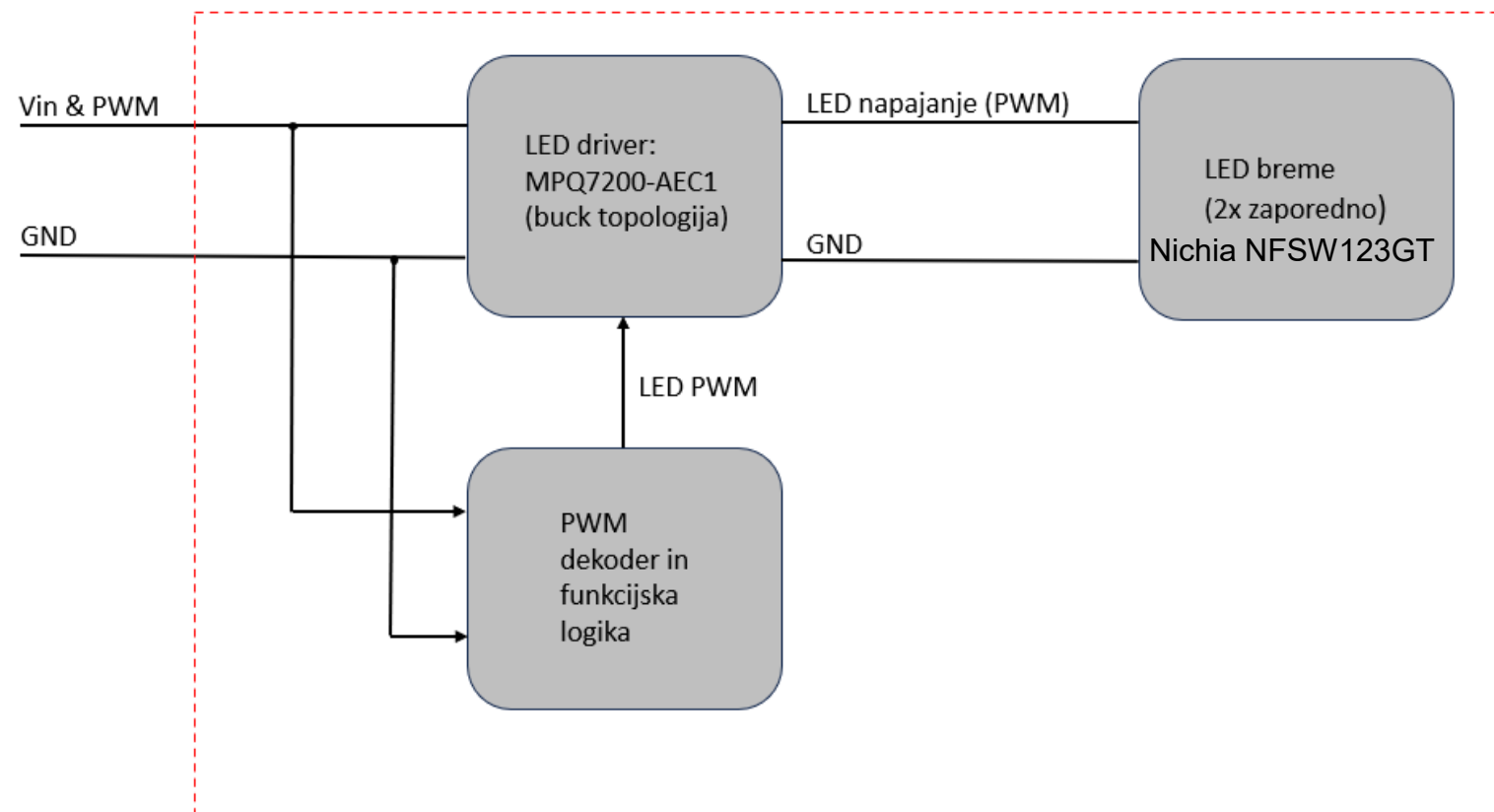


LED 10%

95 % - 100%:



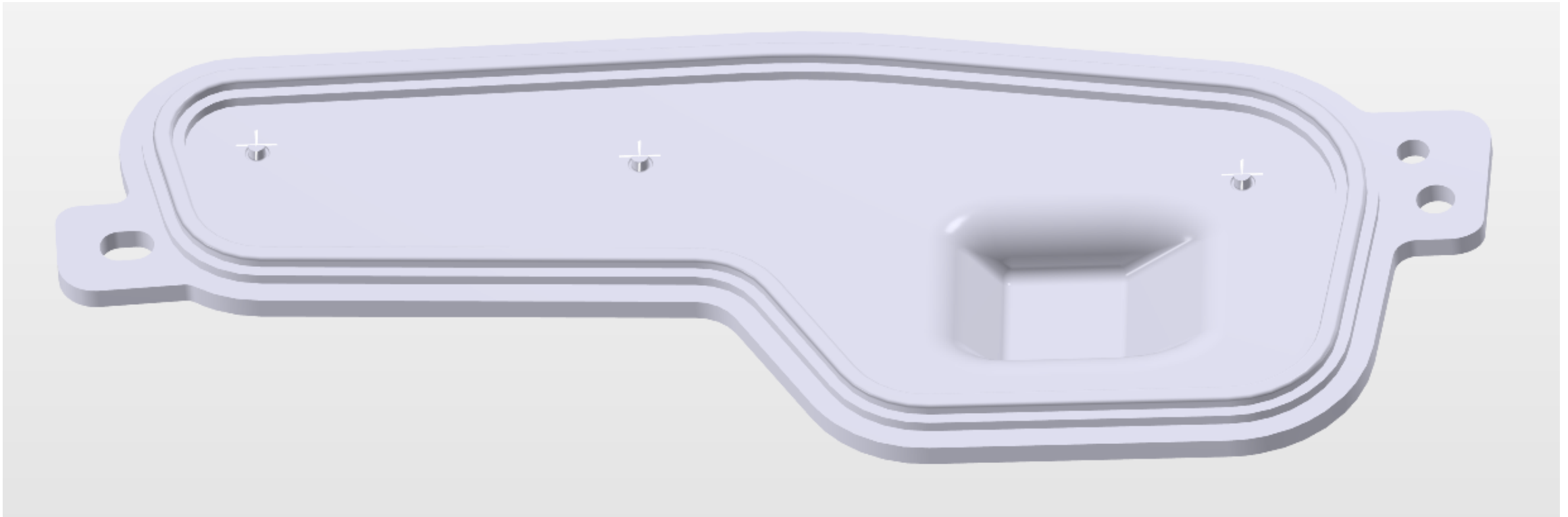
LED on



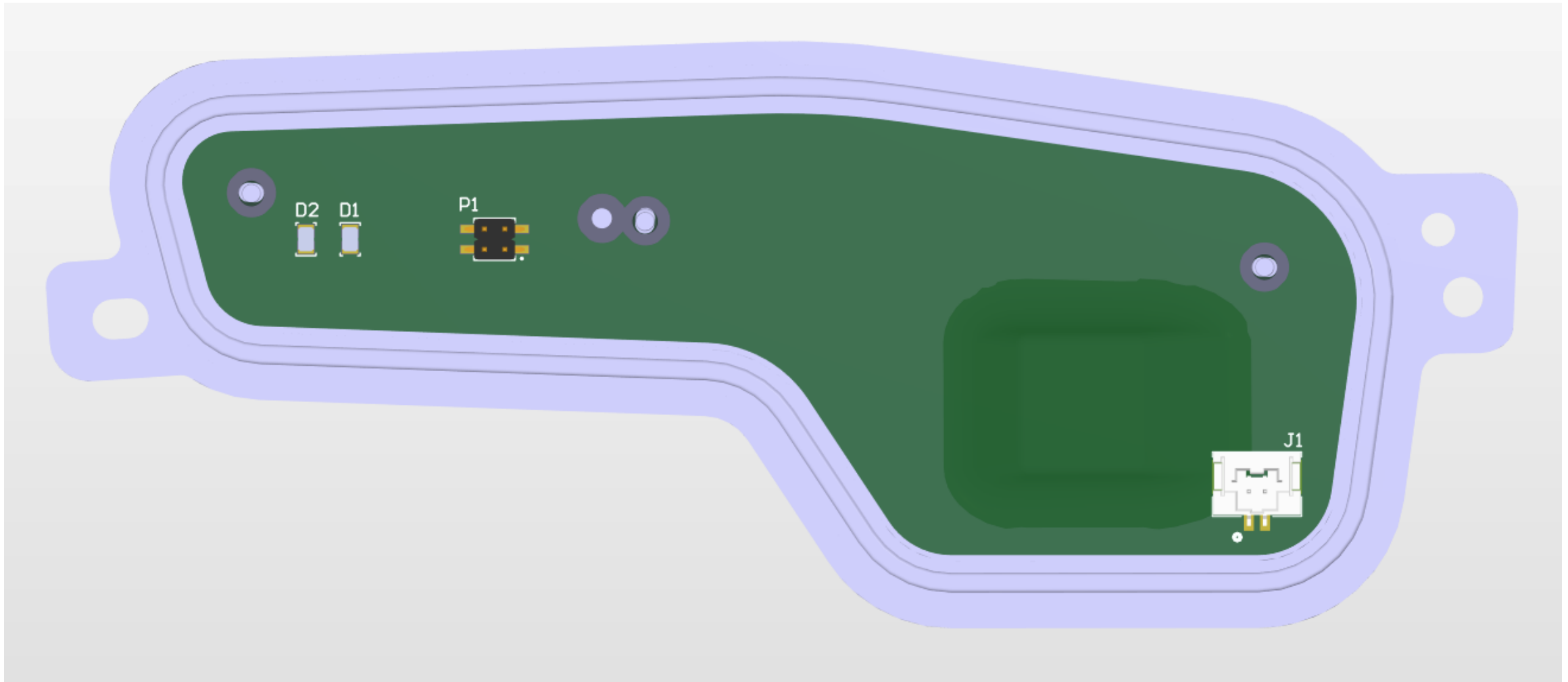
Električne zahteve

Lastnost	Vrednost
Območje napajalne napetosti	8 V do 16 V
Temperaturno območje delovanja tiskanine	–20 °C do +60 °C
Območje frekvence PWM napajalne napetosti	200 Hz $\pm$ 10 %
Nazivna izhodna napetost LED	Iz podatkovnega lista
Nazivni tok LED	300 mA $\pm$ 5 %
Temperaturna preobremenitev	Nikjer na vezju oz. površini komponent temperatura ne sme preseči +90 °C.
Zaščita obrnjene polaritete	Mora delovati med 0 V in –20 V
Izkoristek vezja	Vsaj 85 %

Mehanske zahteve: Hladilni element



Tiskane vezje



Kriteriji ocenjevanja

- Osnovni kriterij sprejemljivosti vezja je ustrežanje vsem funkcionalnim, mehanskim in električnim kriterijem pri nazivnih pogojih delovanja:
 - Napajalna napetost 13,5 V
 - Temperatura 25 °C.
 - Izhodni tok LED 300 mA $\pm$ 5 %
 - pri 70 % PWM na vhodu vezje generira 10 % PWM na LED
 - pri 100 % PWM na vhodu vezje generira 100 % PWM na LED

Doseganje danih načrtovalskih zahtev

Test	Komentar
Test pri različnih PWM napajalne napetosti (25 %, 45 %, 60 %, 80 %, 95 % in 100 %).	Pri nazivni napetosti 13,5 V, temperaturi 25 °C in brez vsiljenih motenj.
Test pri napajalni napetosti 8 V in 16 V	Pri sobni temperaturi 25 °C s 45 %, 70 % in 95 % PWM, brez vsiljenih motenj
Test pri temperaturah –20 °C in +60 °C	Pri nazivni napetosti 13,5 V, 45 %, 70 % in 95 % PWM, brez vsiljenih motenj
Test temperature vezja pri +25 °C	Pri temperaturi okolice +25 °C, napajalni napetosti 16 V in 100 % PWM, brez vsiljenih motenj po preteku 30 min od vklopa vezja.
Zaščita proti obratni polariteti	Pri napajalni napetosti –20 V za 1 minuto
Izkoristek vezja	Pri nazivni napetosti 13,5 V, temperaturi okolice 25 °C in brez vsiljenih motenj.

EMC

- Emisije
 - Sevalne (RE)
 - Skladnost s predpisom EN55025:2017.
 - prevodne (CE)
 - Skladnost s predpisom EN55025:2017.
- Imunost
 - na vsiljene tokove (BCI test) skladno s predpisom ISO 11452-4.
 - na elektromagnetno sevanje (RI) skladno s predpisom ISO 11452-2.

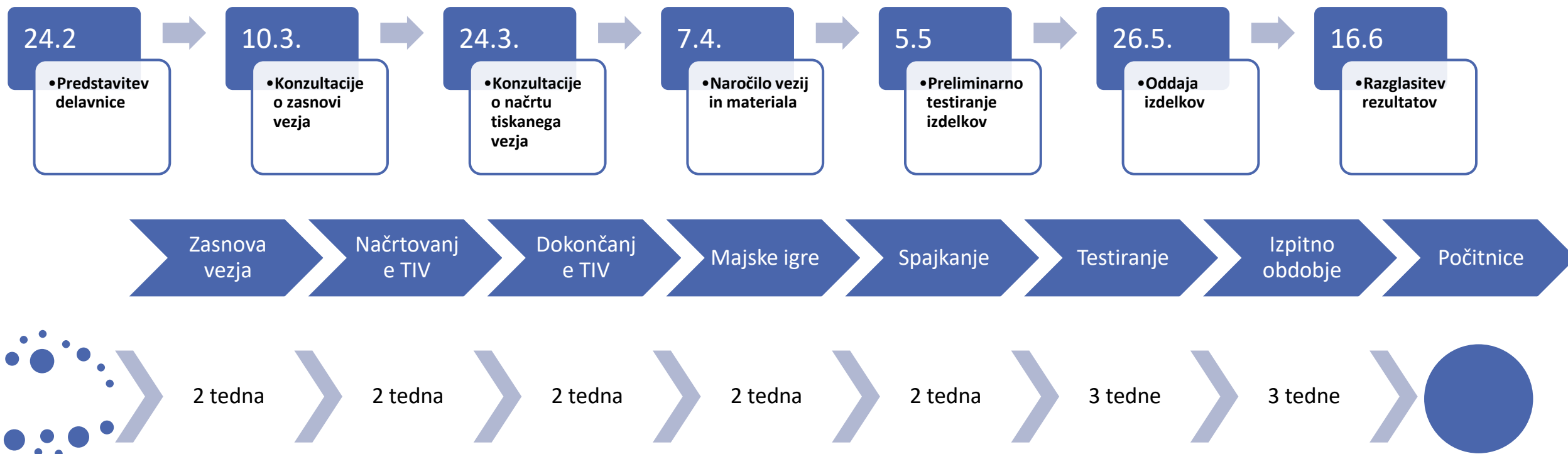
Cena gradnikov

- Ceno komponent pri predpostavki 10.000 izdelanih kosov
- brez cene hladilnega telesa, tiskanega vezja in vnaprej definiranih komponent (konektor, LED, letvica, DC-DC driver čip).
- Strošek opremljanja vezja s fiksno ceno polaganja ene komponente
 - 0,01 €/komponento
- Za SMD upore s toleranco 1 % in multilayer keramične kondenzatorje do vrednosti 100 nF in velikosti 0402 ali 0603 privzemite nabavno ceno
 - 0,005 € / komponento

Točkovanje

Testi	Število postavk	Maks točk na postavko	Vsota	Delež celote
Funkcionalni testi				
PWM	6	5	30	10%
Napetost	6	5	30	10%
Temperatura	1	10	10	3%
Obratna polariteta	1	10	10	3%
Izkoristek	15	2	30	10%
Skupaj funkcionalnost			110	37%
EMC				
CE	1	40	40	13%
RE	1	40	40	13%
BCI	1	40	40	13%
RI	1	40	40	13%
Skupaj EMC			160	53%
Skupaj BOM	3 €	10	30	10%
Skupaj vse skupaj			300	100%

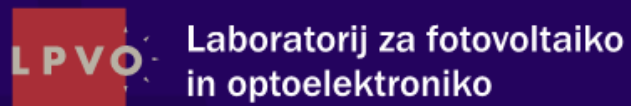
Časovni plan: mejniki so ponedeljki



Načrtovanje elektronike za

EMC² 2025

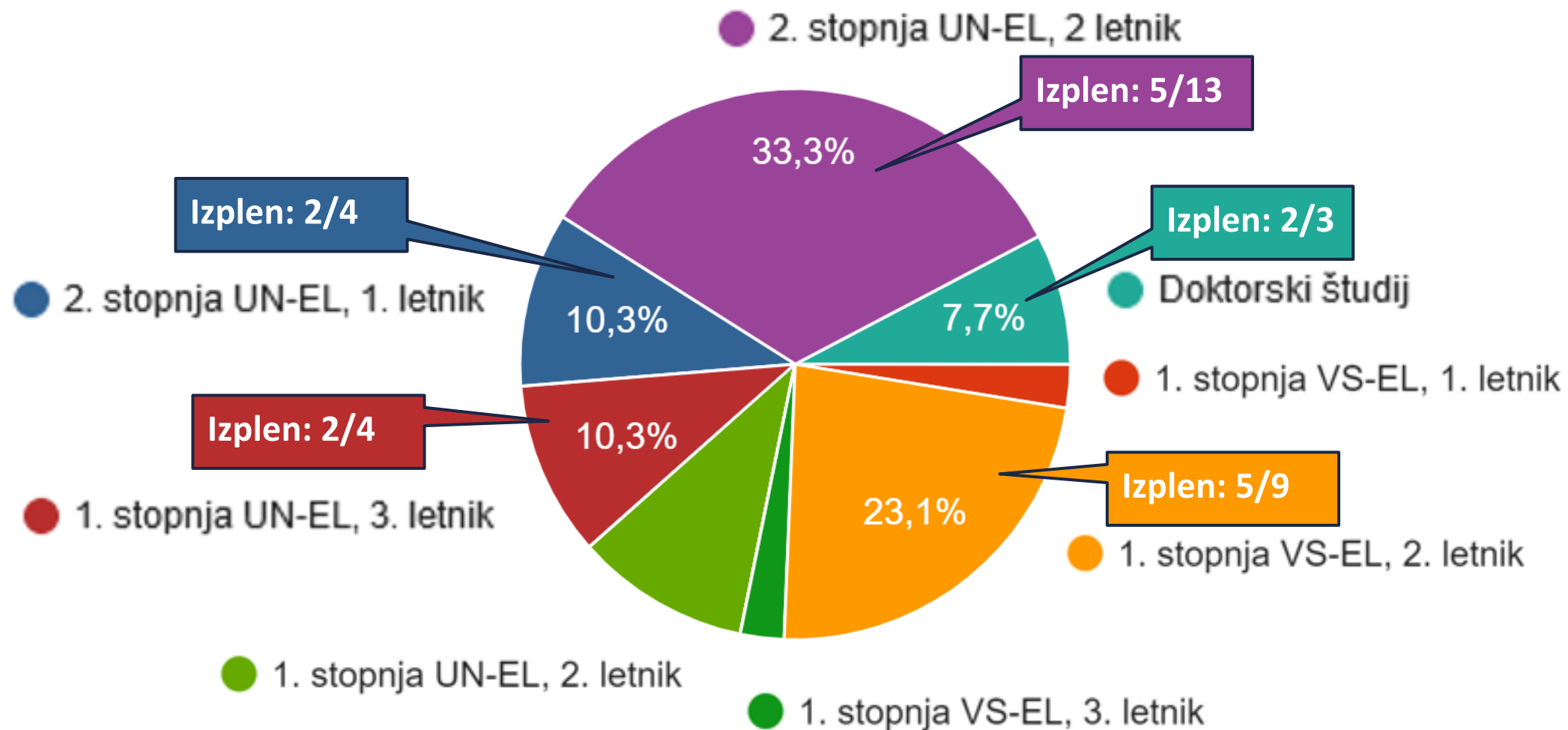
študentska delavnica
in tekmovanje



Prijave

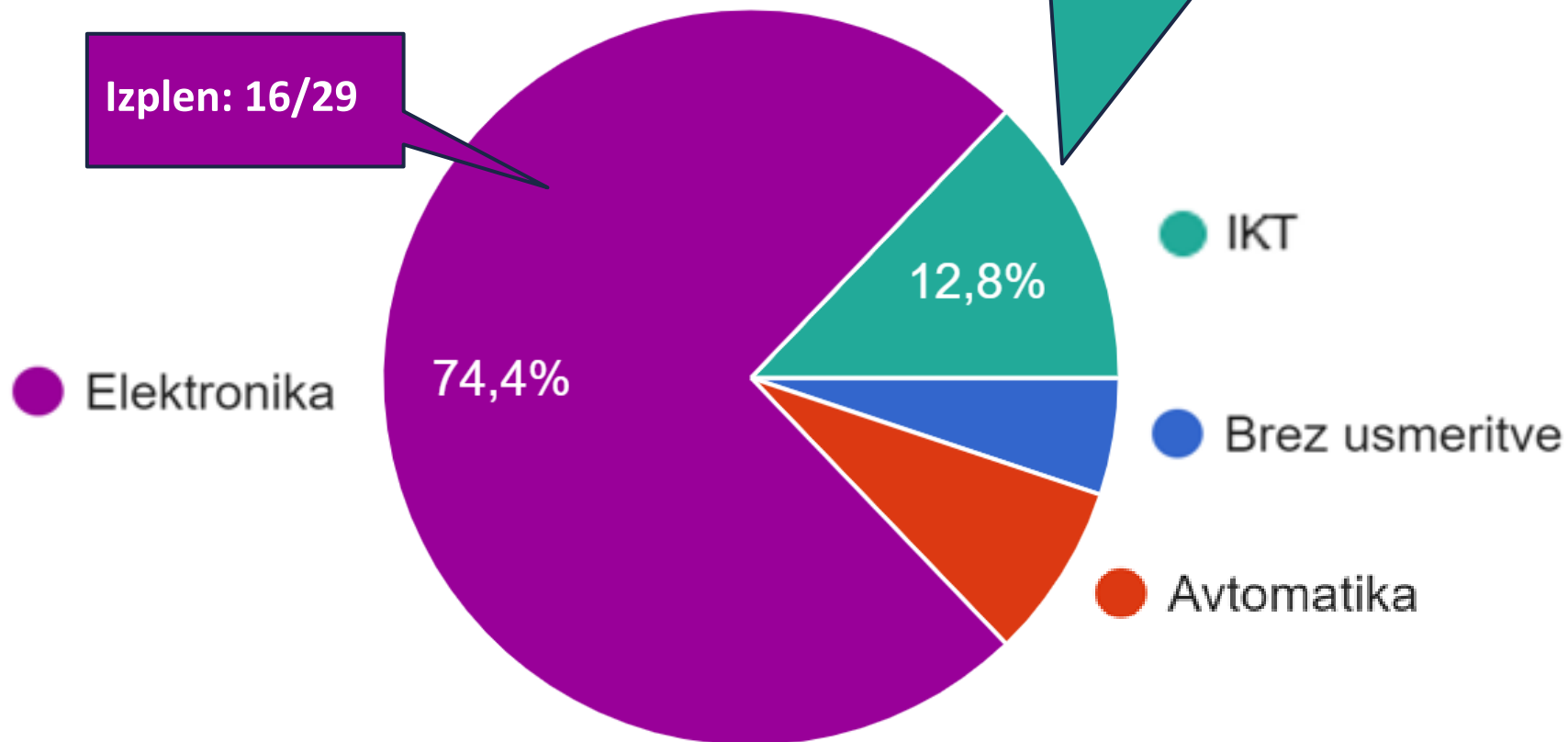
Študijski program

39 odgovorov



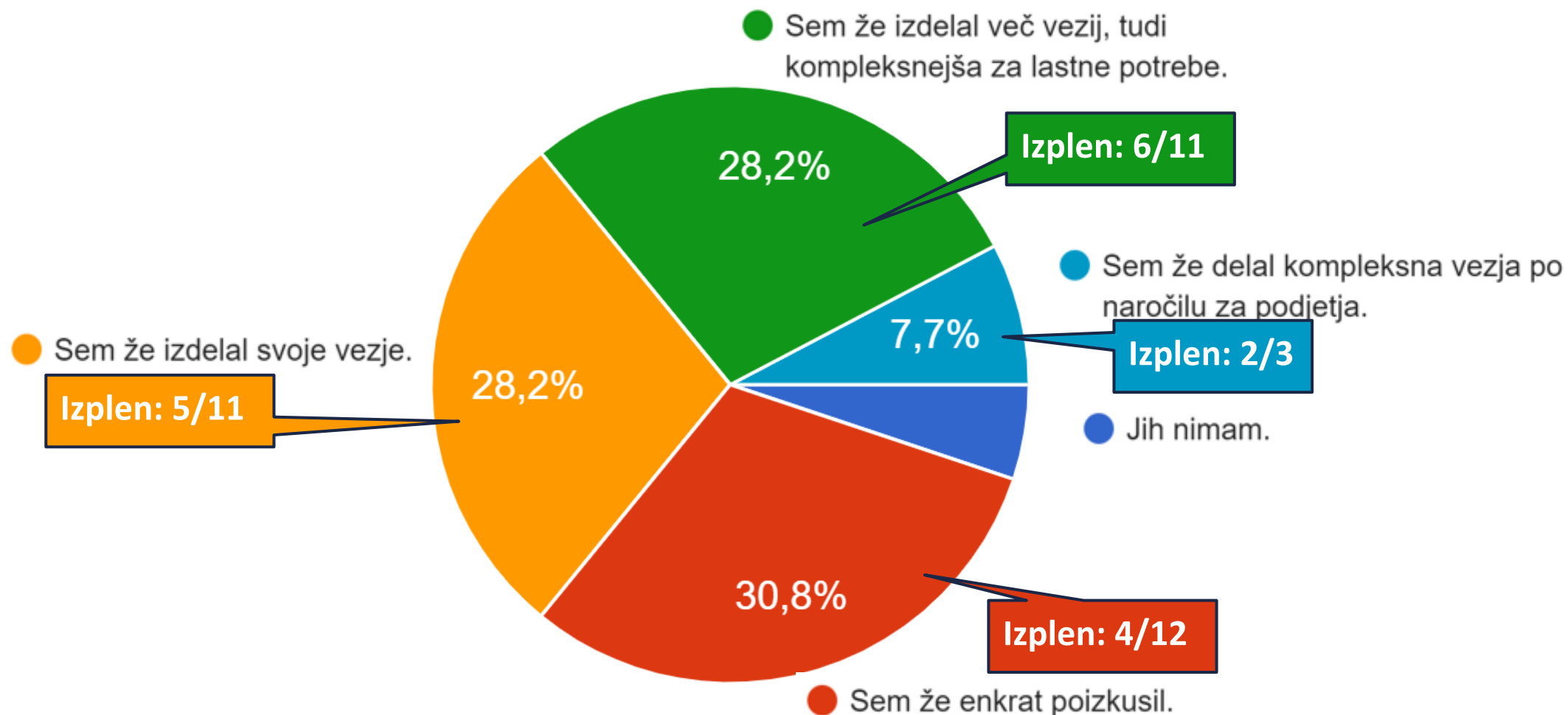
Smer študija

39 odgovorov



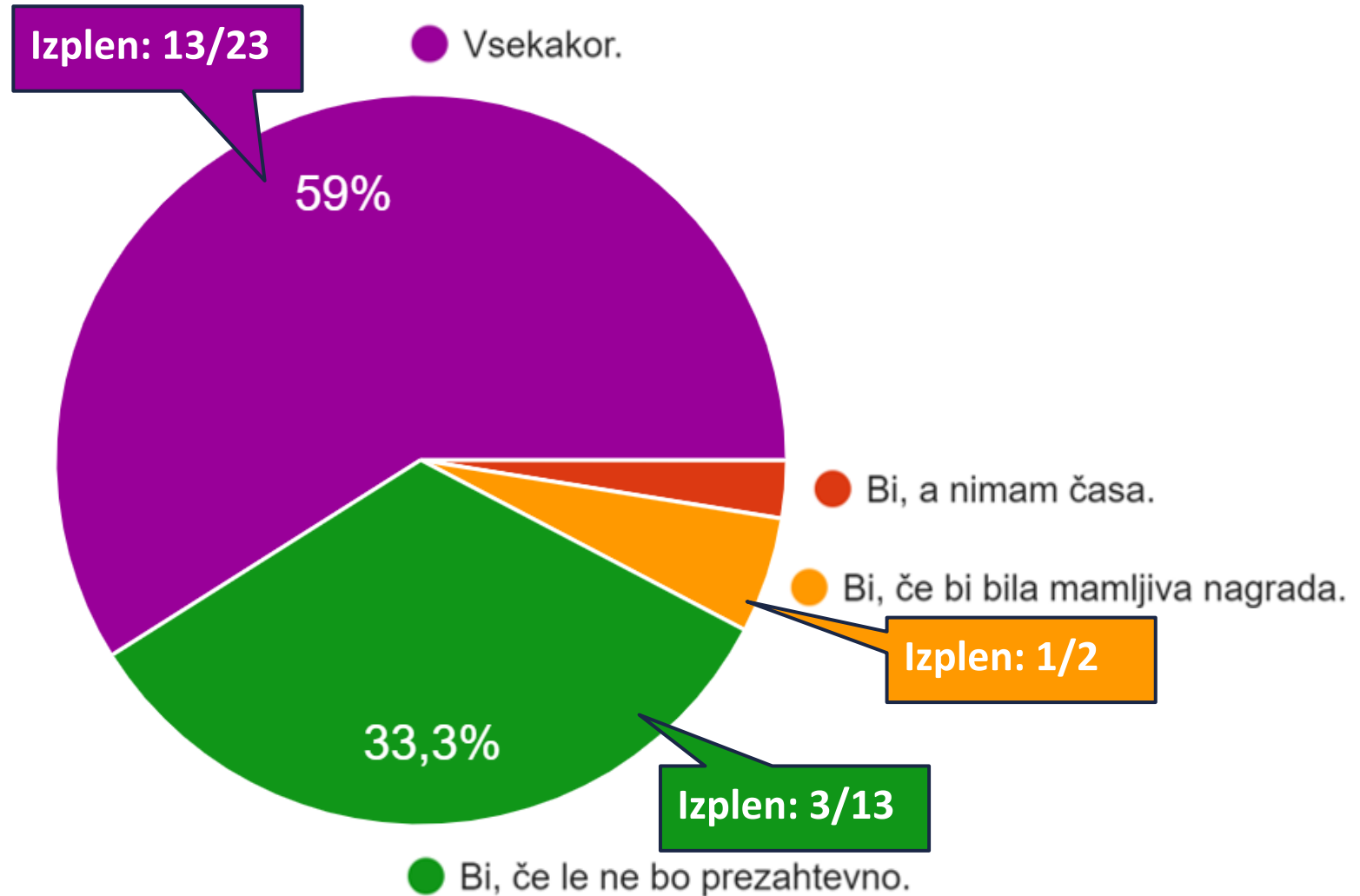
S koliko bi ocenili vaše izkušnje z načrtovanjem elektronskih vezij?

39 odgovorov



Ali bi sodelovali pri tekmovanju?

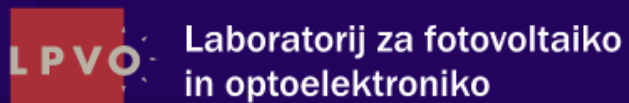
39 odgovorov



Načrtovanje elektronike za

EMC² 2025

študentska delavnica
in tekmovanje



Potek delavnice

Predstavitev izziva



Po predstavitvi izziva je bilo navdušenje nadpovprečno



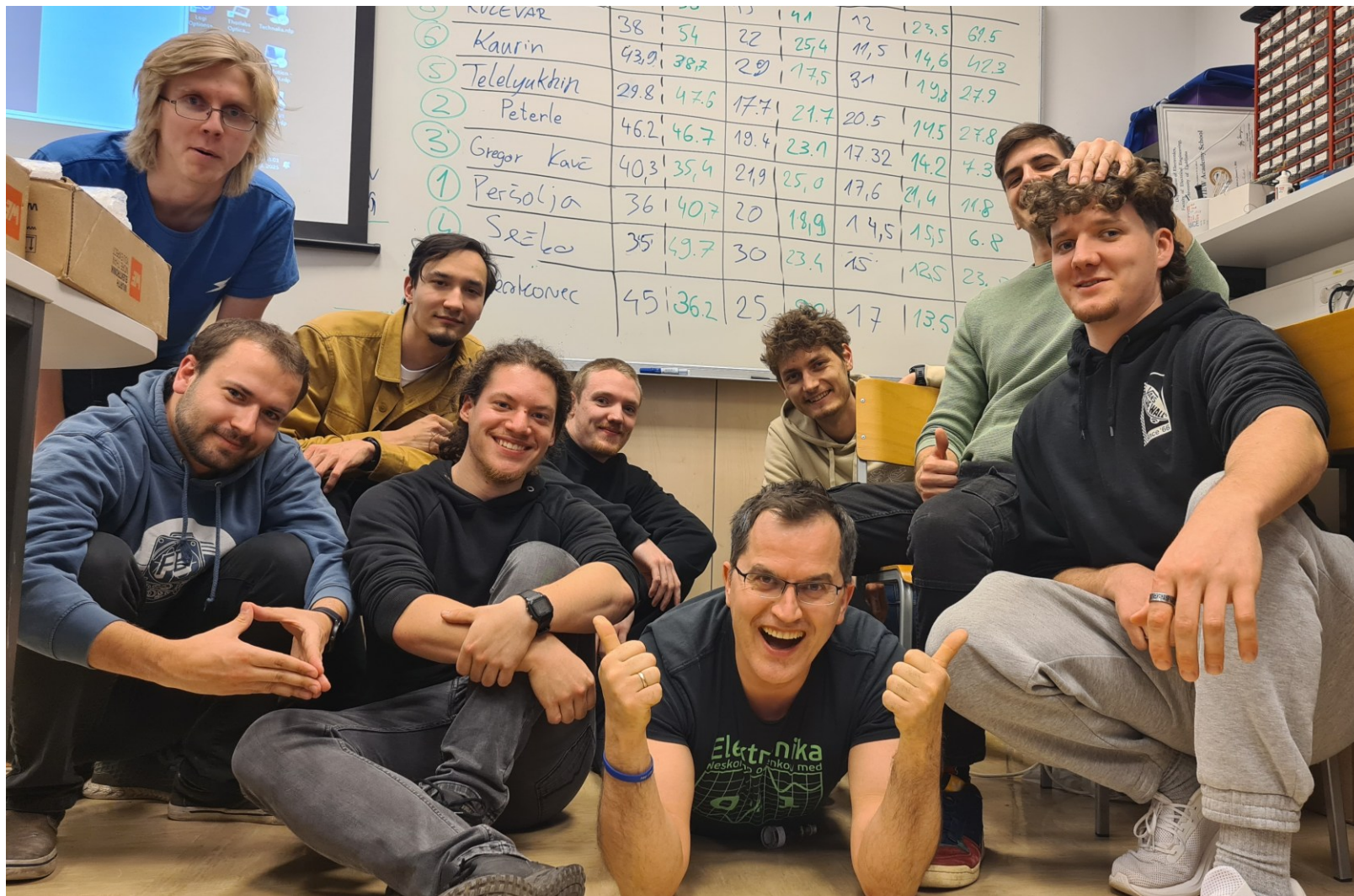
Würth elektronik načrtovanje EMC filtrov



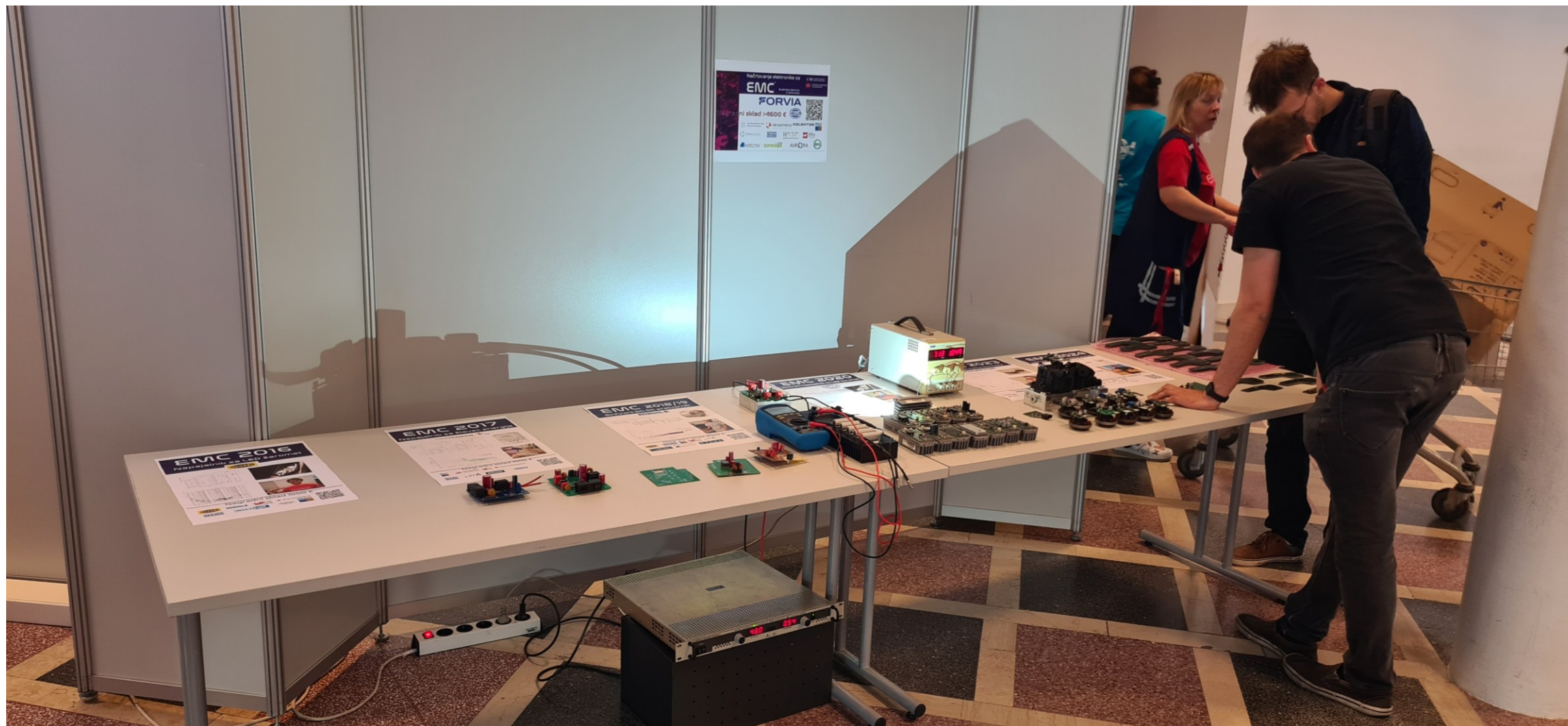
Würth elektronik načrtovanje EMC filtrov

		250k		1M		5M		#
9	DEBELJAK	28	56	19	41	12	23.5	69.5
8	KOČEVAR	38	54	22	25.4	11.5	14.6	42.3
6	Kaurin	43.9	38.7	29	17.5	3.1	19.8	27.9
5	Telelyukhin	29.8	47.6	17.7	21.7	20.5	14.5	27.8
2	Peterle	46.2	46.7	19.4	23.7	17.32	14.2	7.3
3	Gregor Kavc	40.3	35.4	21.9	25.0	17.6	21.4	11.8
1	Peršolja	36	40.7	20	18.9	14.5	15.5	6.8
4	Sečlec	35	49.7	30	23.4	15	12.5	23.8
7	Leakovec	45	36.2	25	9.2	17	13.5	28.1

Würth elektronik načrtovanje EMC filtrov



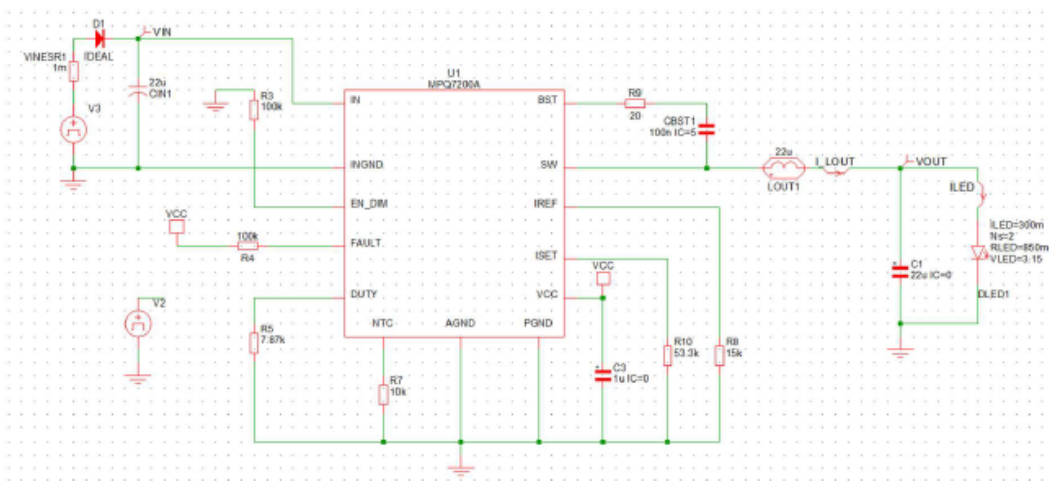
Dogodek: Svet elektronike



1. Konzultacije – zasnova rešitve

20

Pošiljam osnovno idejo vezja. Prilagam sliko iz MPSmart, kjer sem izbral približne vrednosti za komponent delovanje vezja, nisem pa implementiral logike.



Logiko sem implementiral v LTSpice. Komponente še niso končne (npr. tranzistorji, OPamp, regulator bodo zamenjani). B2 predstavlja IN pin na MPQ7200A. Logika uporabi komparator da PWM signal pretvori na 0 in 5V, nato pa ga povpreči in primerja z pred nastavljenimi vrednostmi za prižig switcherja in izbiro PWM.

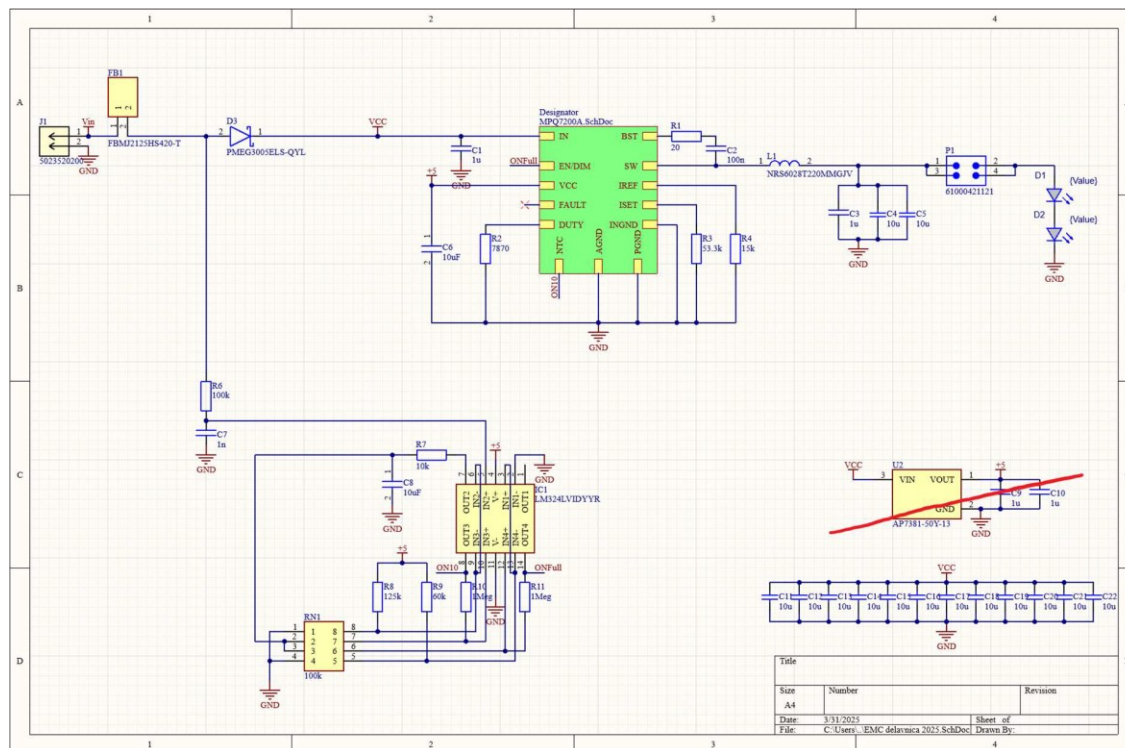
Vprašanja:

- Ali potrebujem zaščitno diodo na vhodu prvega OPampa (U2), ali je dovolj velik R1 dobra zaščita za -20V na vhodu? 
- Ali obstaja boljši način za ugašanje izhoda na MPQ7200A, kot da mu odvzamemo napetost? 
- Ali prav razumem da pri 8V na vhodu mora MPQ7200A še vedno imeti več kot 6V na izhodu, kljub deluju v buck mode in mora zdržati 400us delovanja brez vhodnega napajanja... Keramični kondenzator več kot 60uF pri 8V? 
- Če kupim komponento iz LCSC in je ni na Octopart, katera cena se šteje? Opažam da na Octopart ni večino komponent azijskih proizvajalcev. 
- Ali obstaja kakšen dober način za zamenjavo vhodne diode D3 (v LTSpice) za nekaj z manjšo porabo. Vsi poizkusi do sedaj so ostali odprti ko gre PWM signal v GND in izpraznili C2? 
- Ali slučajno obstaja Spice model MPQ7200A? 

Hvala za odgovore, se vidimo na konzultacijah.

2. Konzultacije – shema

12

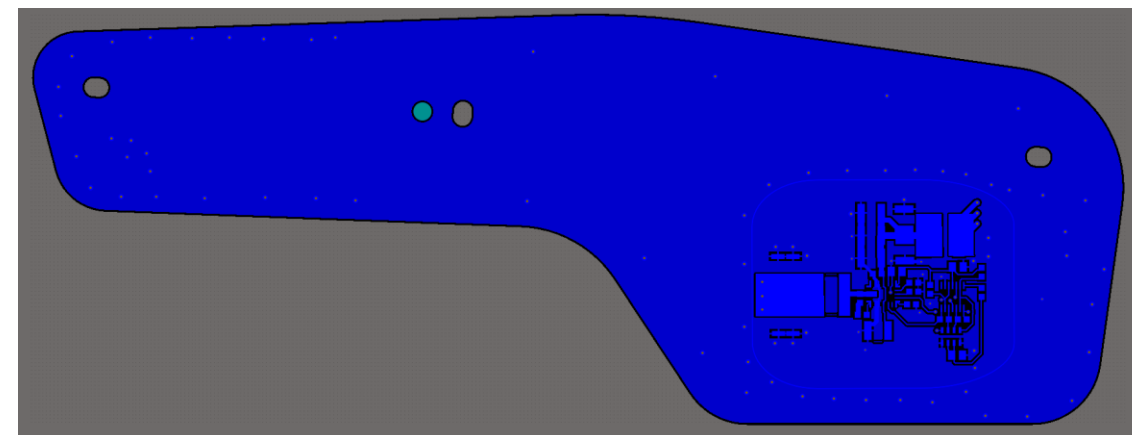
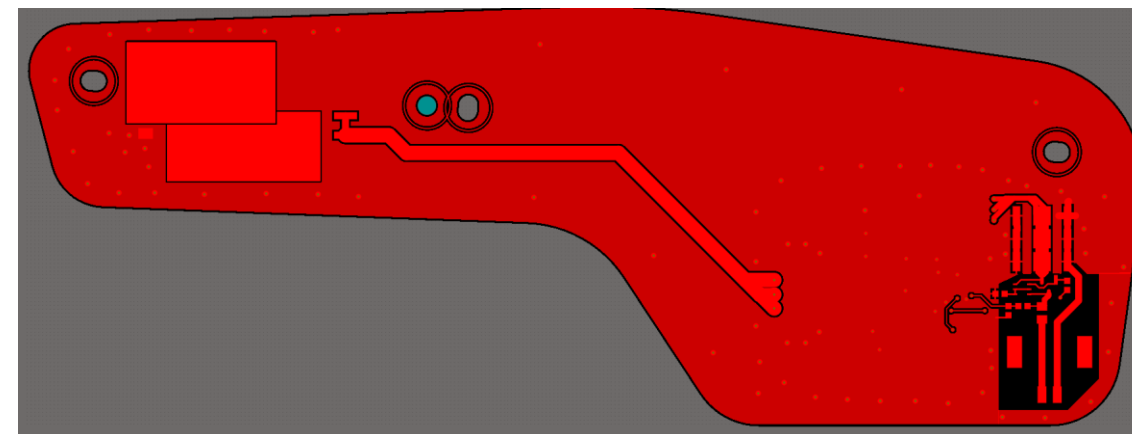
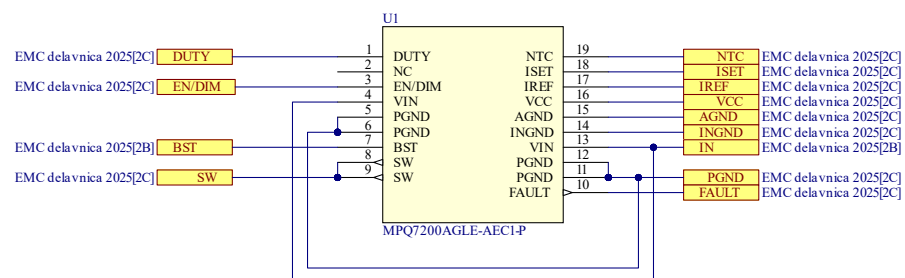
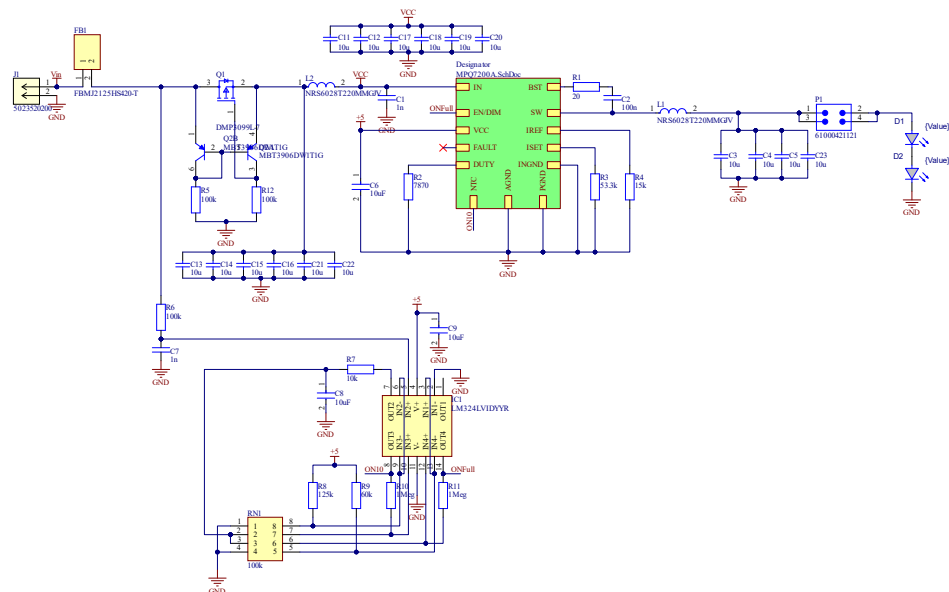


Vprašanja:

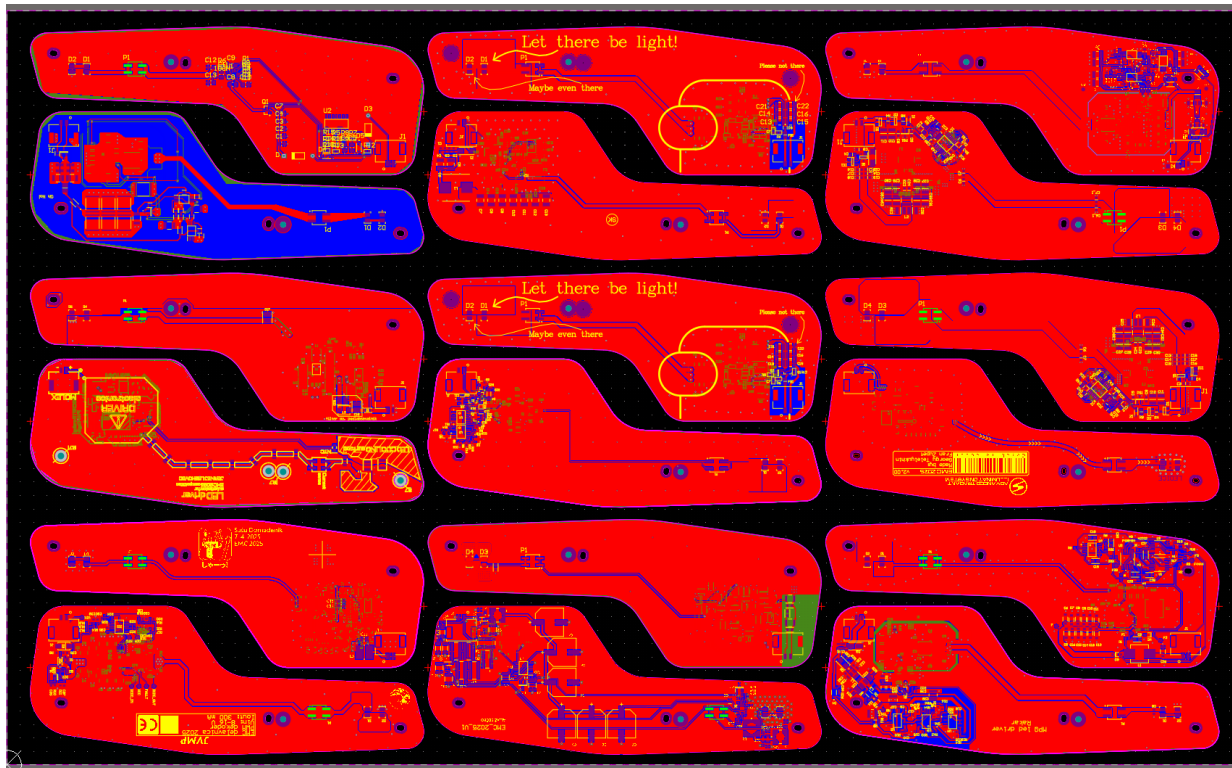
- Kakšne so lahko velikosti vie. V "rules" piše da so lahko le 28mil luknje in 59 mil diameter. Ali lahko uporabljam manjše vie.
- Kakšen je clearance med bakri. V predlogi je nastavljen na 10mil, vendar mora biti manjši od 8 da sploh lahko uporabljamo MPQ7200A.
- Kakšen mora biti clearance bakra do roba tiskanine, ali ni važno, če je povsod GND.
- Ko dam komponente blizu roba prostorčka na spodnji strani, mi v 3d pogledu izgleda kot, da komponente gledajo skozi kovino. Ali prav razumem da jih moram bolj odmakniti od roba, čeprav se altium ne pritožuje/pobarva komponent zeleno.
- Ali je gretje ledic problem in ali potrebujem nameniti del tiskanine za hlajenje.
- Ali je dovolj zaščite pred električnimi pulzi banka kondenzatorjev pri vhodu ter navadna dioda, ali bi potreboval še varistor/TWS diodo in kaj bolj priporočate. Obenem še mislim zamnati diodo D3 z vezjem na zadnji sliki iz SPICE. Ali bo potem bolj občutljivo vezje na vsiljene motnje in bi rabilo varistor?

3. Konzultacije – PCB

18



4. Naročilo PCB in materiala

18

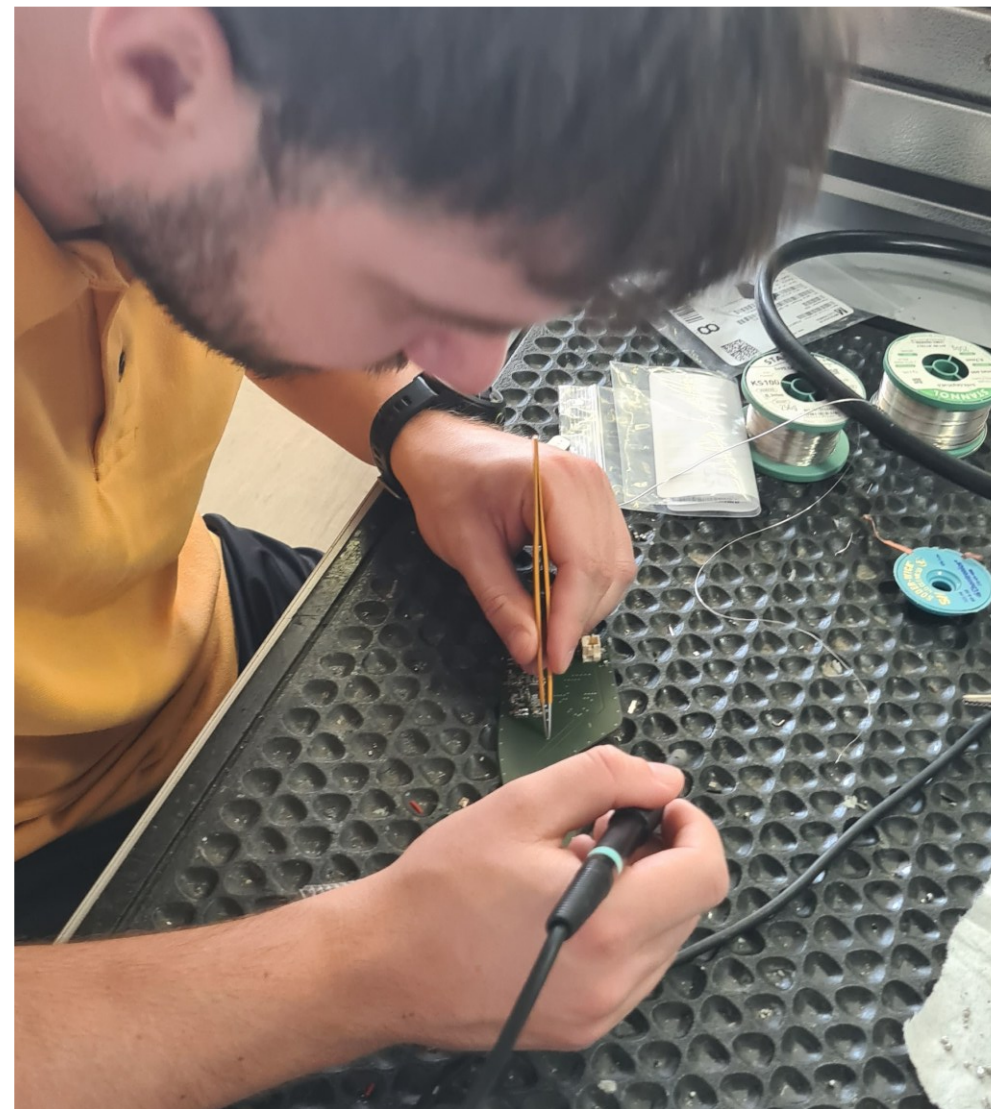
Opis elementa	Koda proizvajalca	Proizvajalec	Koda dobavitelja	Dobavitelj	Opomba
OpAmp	LM324LVIDYYR	TI	595-LM324LVIDYYR	Mouser	5 kosov
Capacitor	CL31B106KAHNNNE	Samsung	187-CL31B106KAHNNNE	Mouser	50 kosov
Capacitor	CL21B106KQNNNG	Samsung	187-CL21B106KQNNNE	Mouser	10 kosov
Diode	PMEG3005ELS-QYL	Nexperia	771-PMEG3005ELS-QYL	Mouser	3 kosi
Ferit	FBMJ2125HS420-T	TAIYO YUDEN	963-FBMJ2125HS420-T	Mouser	3 kosi
Tuljava	NRS6028T220MMGJV	TAIYO YUDEN	963-NRS6028T220MMGJV	Mouser	5 kosov
MOSFET	DMP3099L-7	Diodes Incorporated	621-DMP3099L-7	Mouser	3 kosi
BJT	MBT3906DW1T1G	Onsemi	863-MBT3906DW1T1G	Mouser	3 kosi
Resistor network	742X083104JP	CTS Electronic Cc	774-742X083104JP	Mouser	5 kosov

5. Dobava PCB

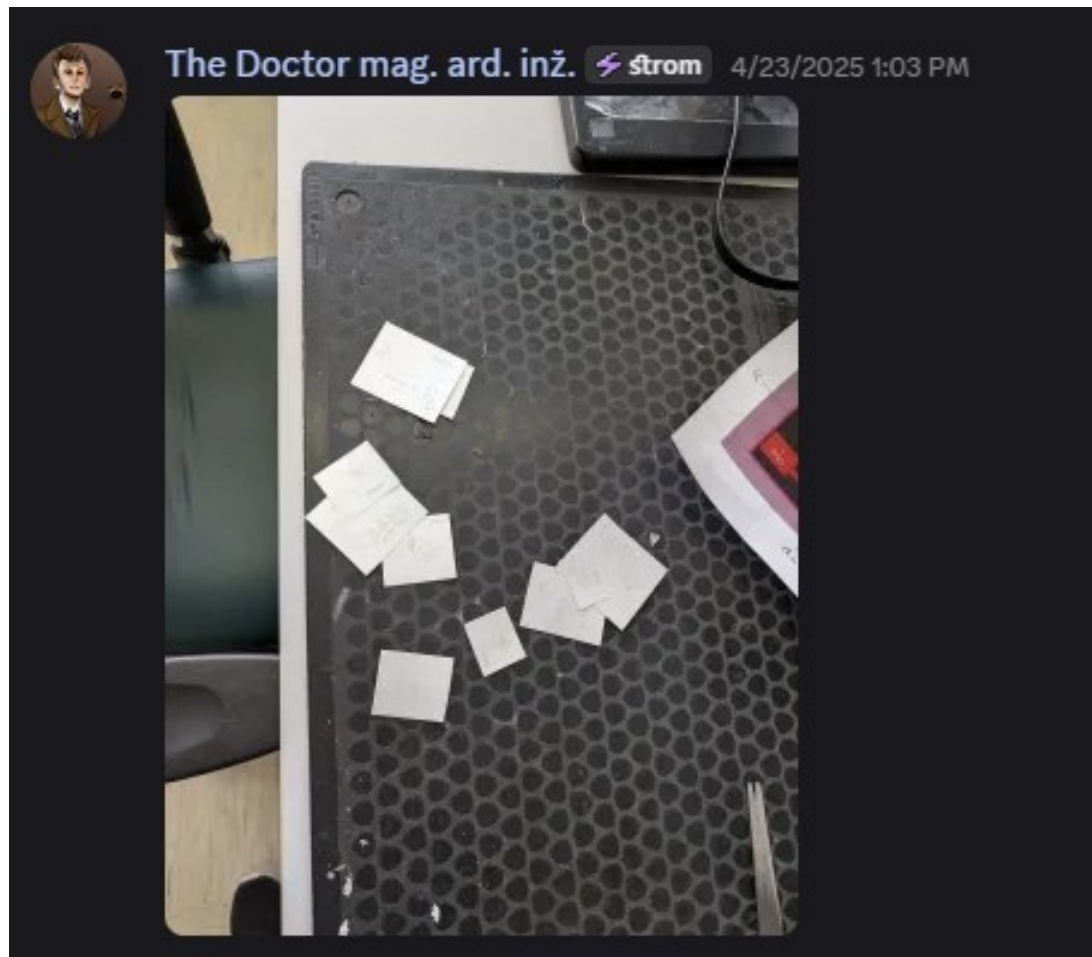
18



Spajkanje



Spajkanje



Spajkanje



Testiranje



Testiranje

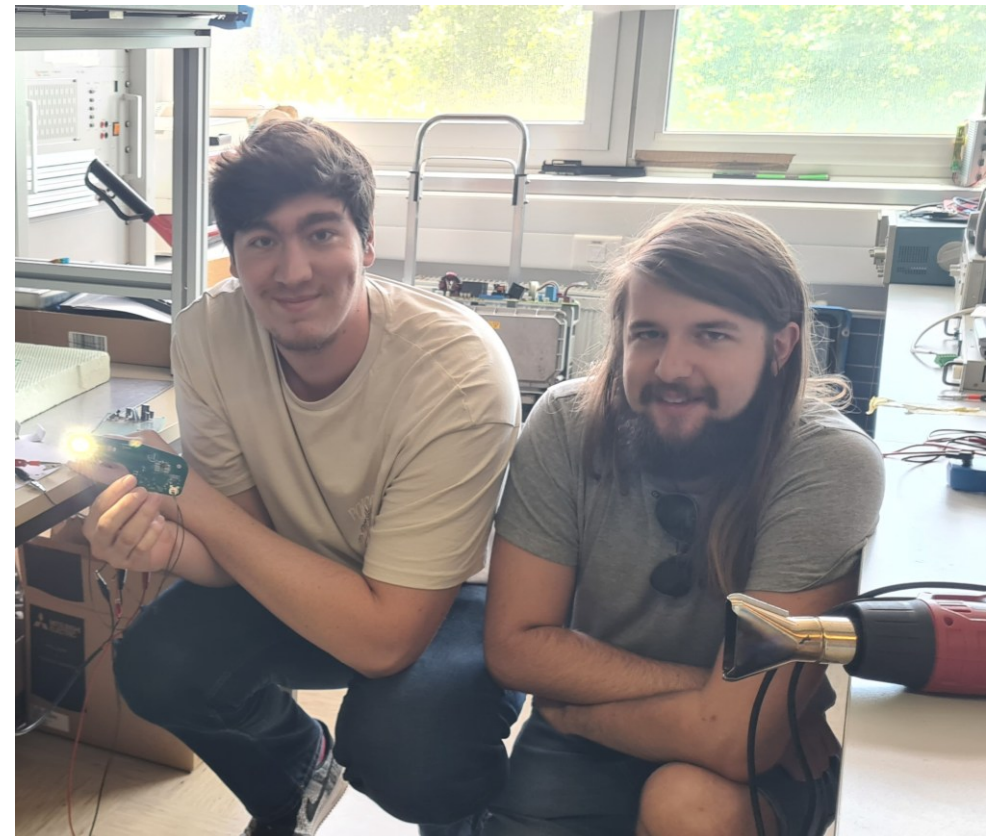
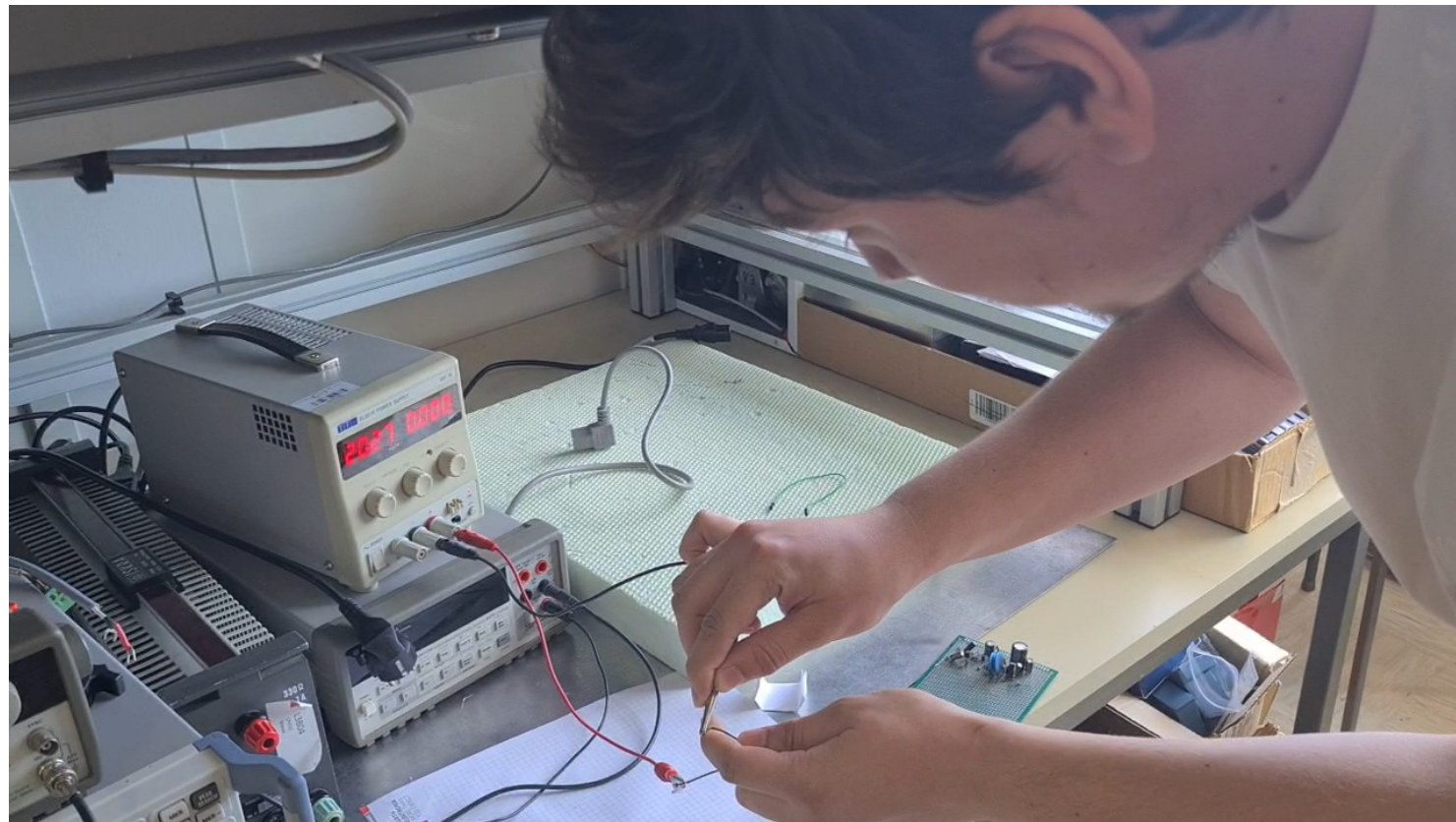


ctalkep4612 4/25/2025 10:46 PM

ko sestavljate vezje, ne pozabit da je pred LEDicam se pin header, ki ne prevaja toka dokler ga ne poshortas skor 1 uro meru zadeve zakaj nč ne dela in sam error svet



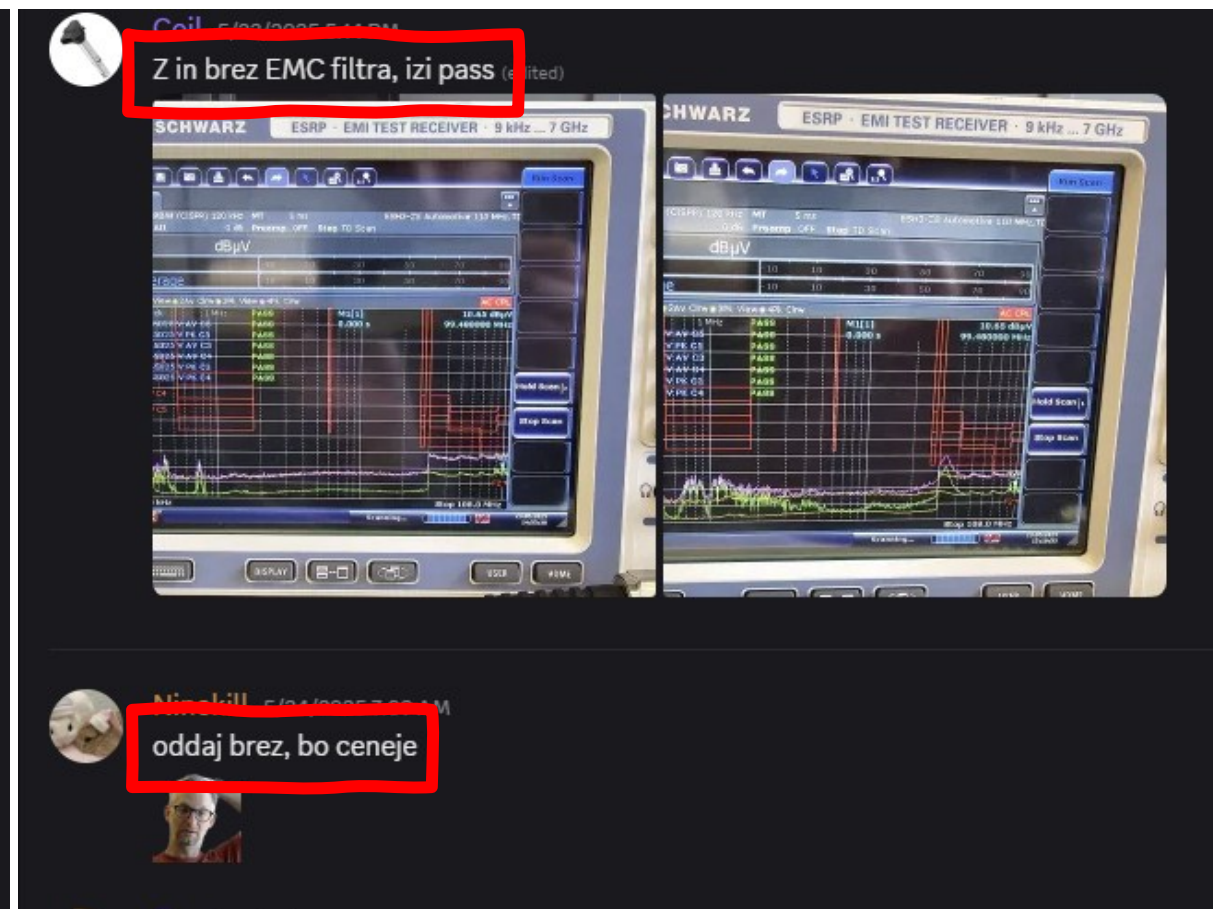
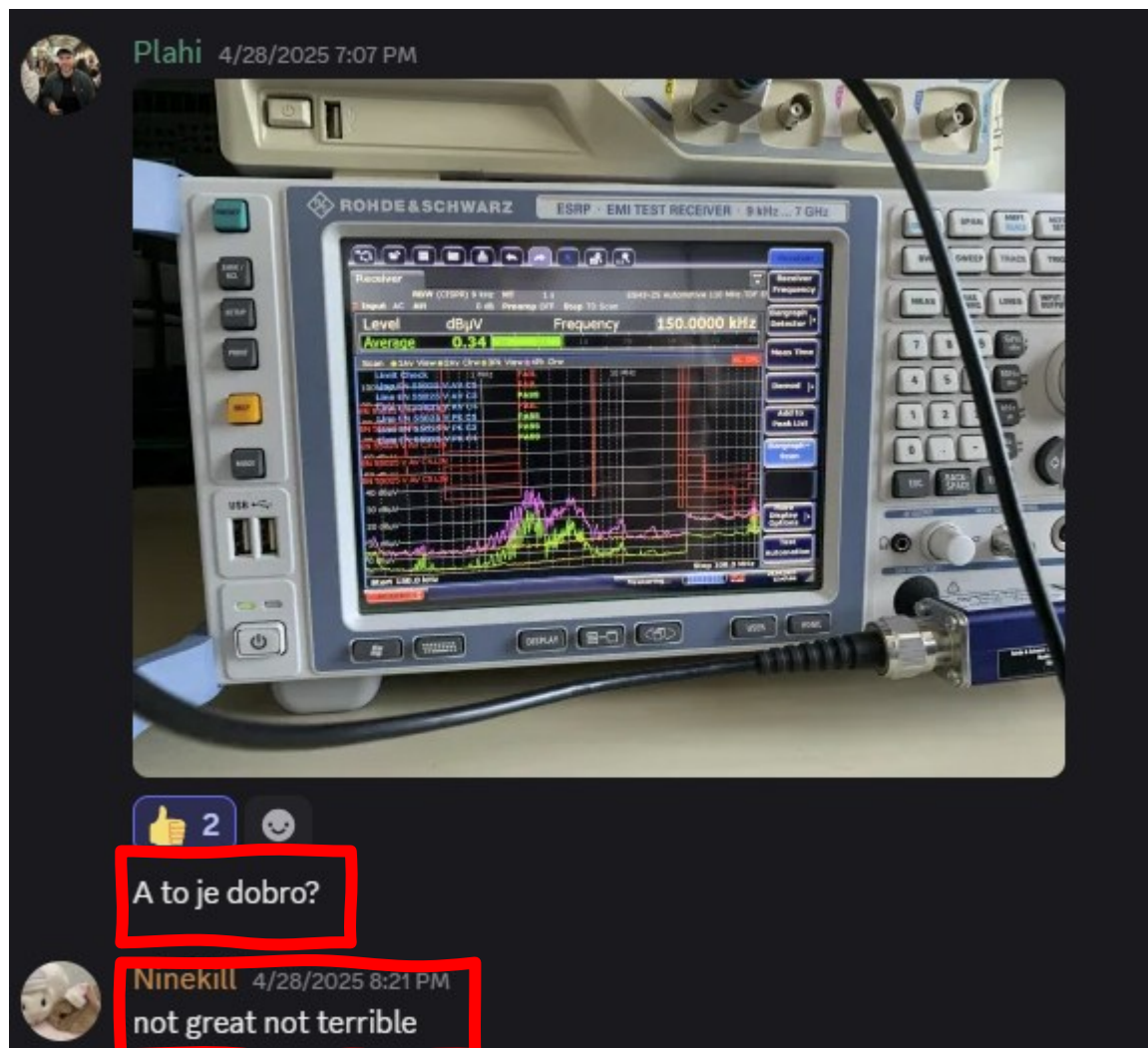
Testiranje



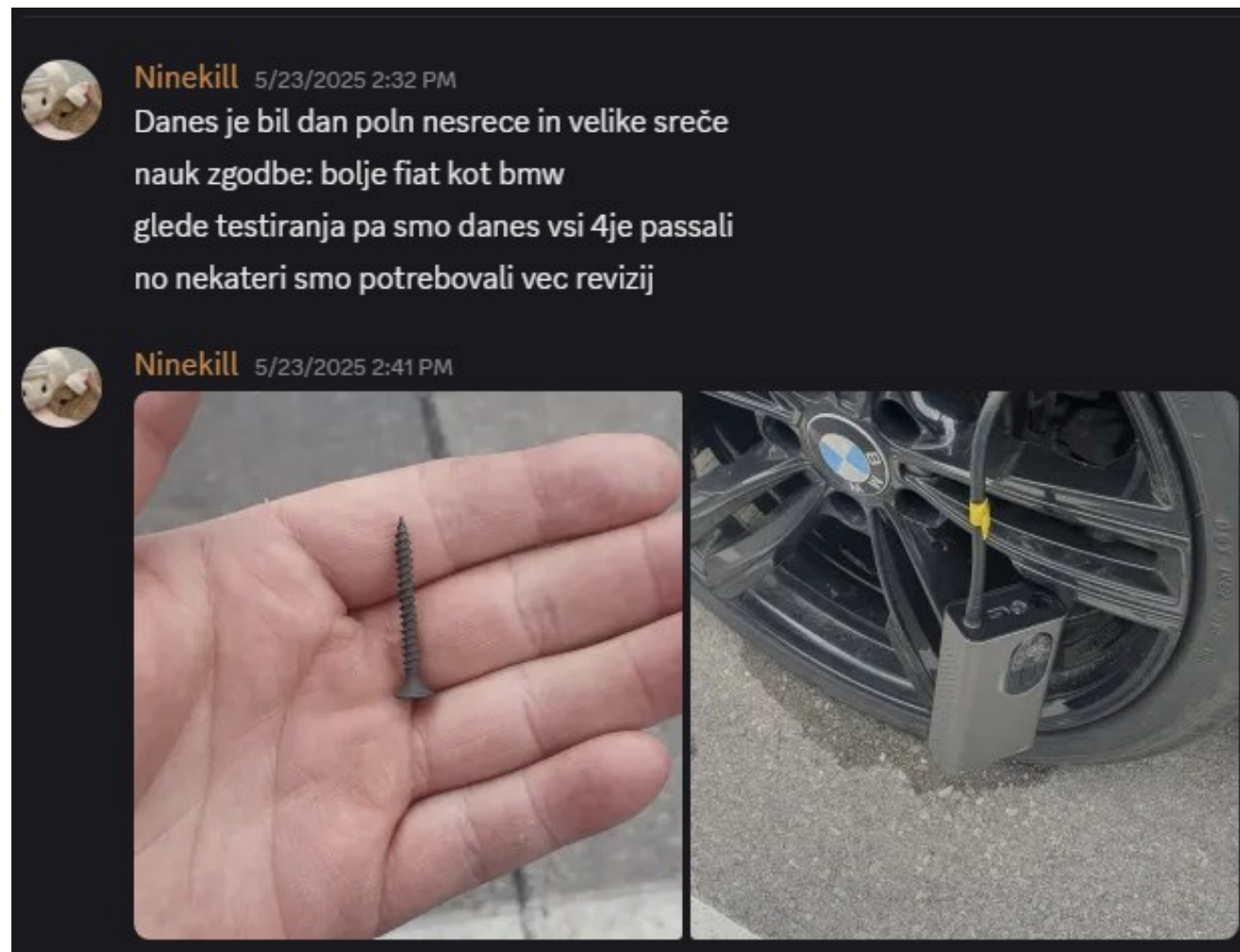
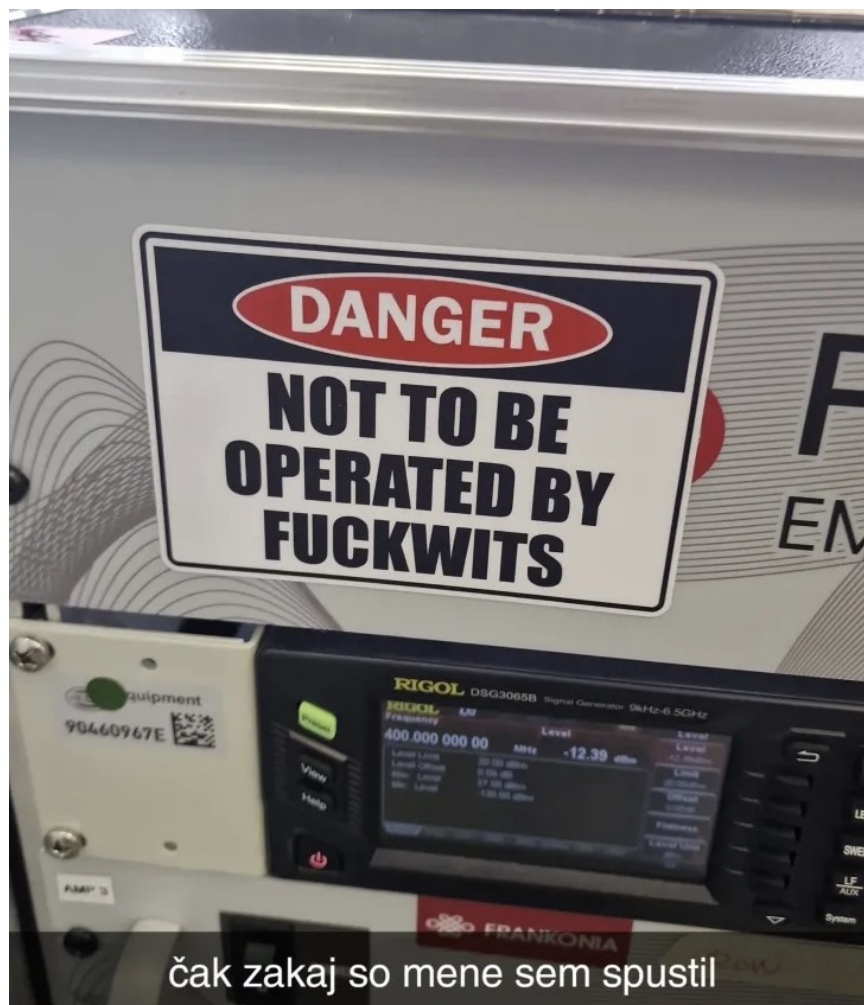
EMC preliminarne meritve



EMC preliminarne meritve



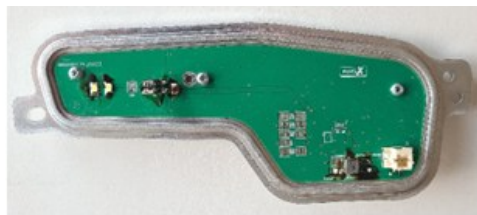
Testiranje na Forvia Hella Saturnus



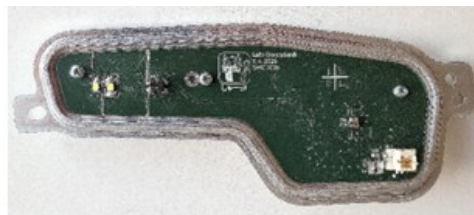
Oddaja



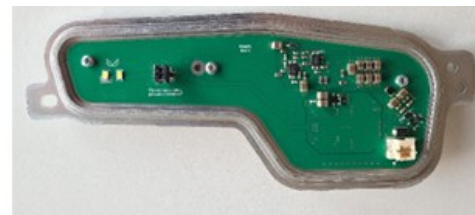
Oddani projekti



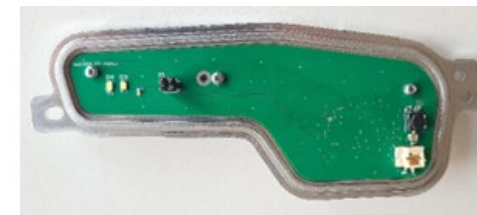
Debeljak



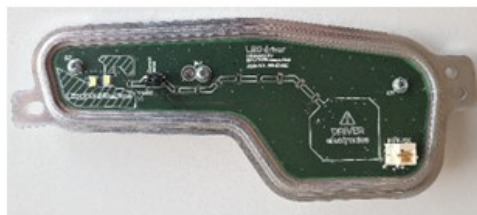
Domadenik



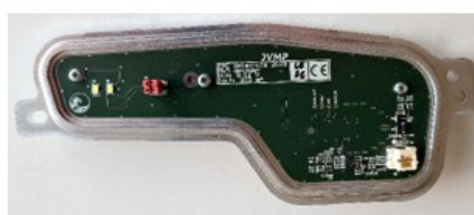
Krajnik



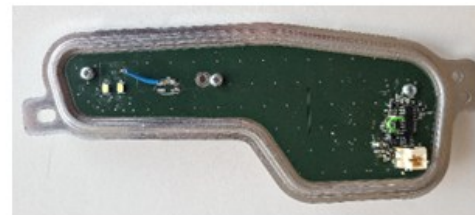
Peršolja



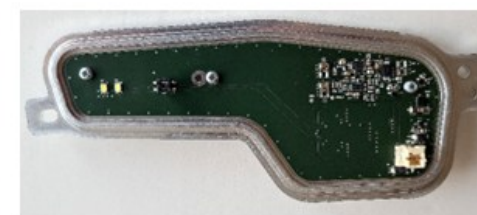
Leskovec



Meh Peer



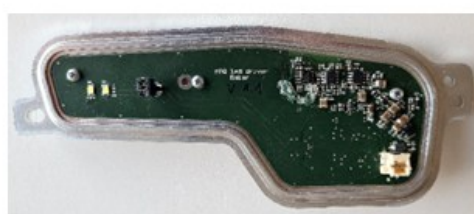
Pavlin



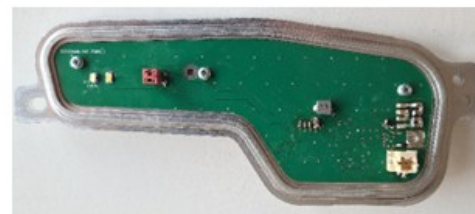
Plahuta



Papež



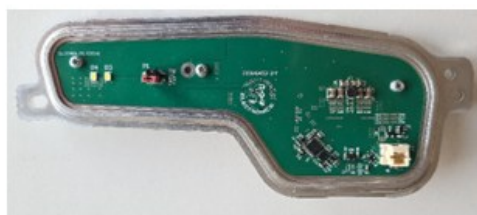
Rakar



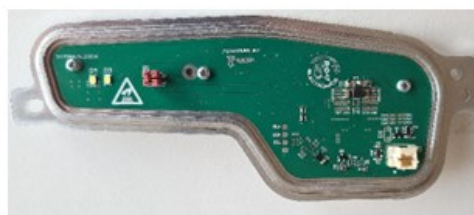
Kaurin



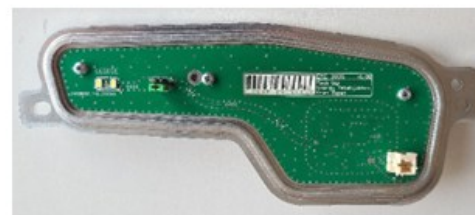
Peterle



Šturm



Pokovec/Zaplata



Zupet/Teleyukhin



Kavčič

Po oddaji!



Grega 6/2/2025 2:59 PM

vsi ki ste danes delal za EMC v LPVO, bi blo fajno da tut kej pospravite za sabo



1



je cel laboratorij razsut
also a je to janša?



Ninekill 6/2/2025 3:25 PM



@Grega also a je to janša?



Ninekill 6/2/2025 3:25 PM

Zih, janša ko že 35leto zapored dobi 23% glasov.

