

Načrtovanje elektronike za

$\epsilon =$ EMC²

študentska delavnica
in tekmovanje



FE

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za elektrotehniko



Laboratorij za fotovoltaike
in optoelektroniko



KC ČIP.SI
SLOVENSKI KOMPETENČNI
CENTER ZA ČIPE

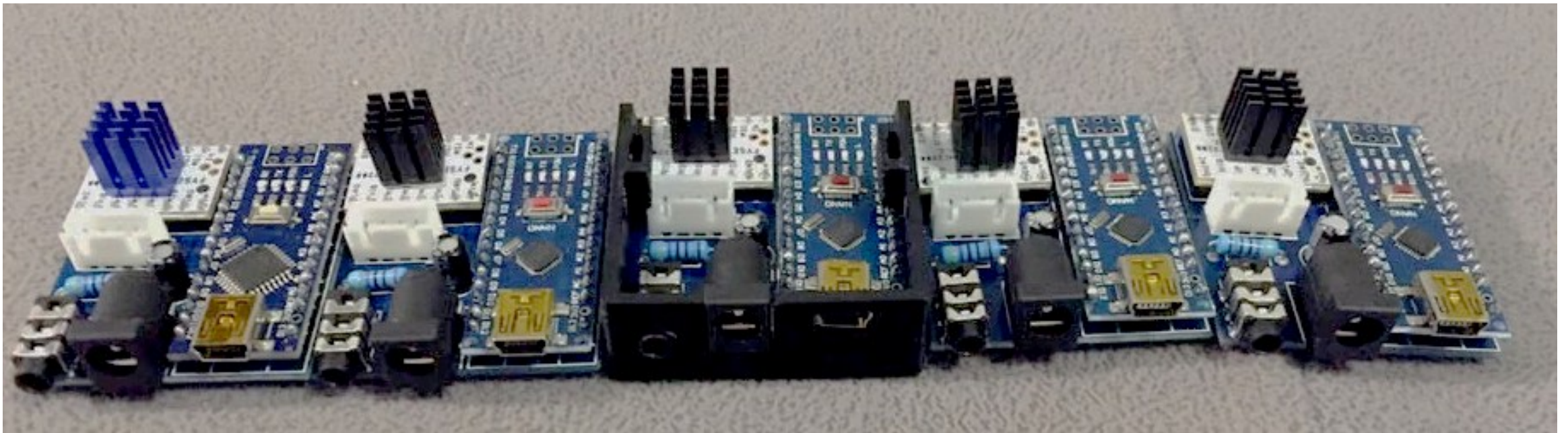
KOLEKTOR

Glavna nagrada 1500 €

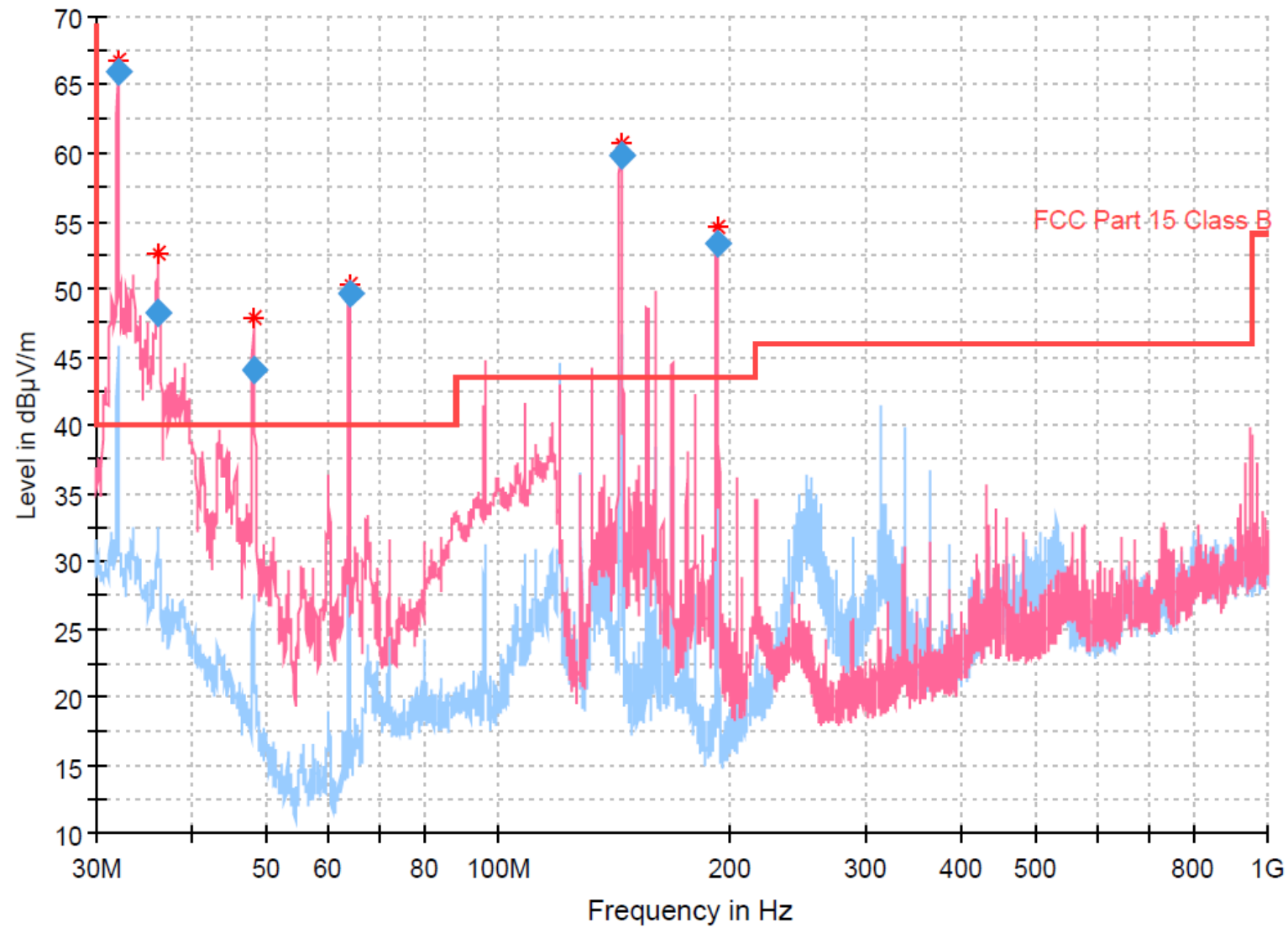


SELECT
CHANNEL
PARTNER

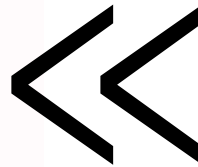
Čemu?



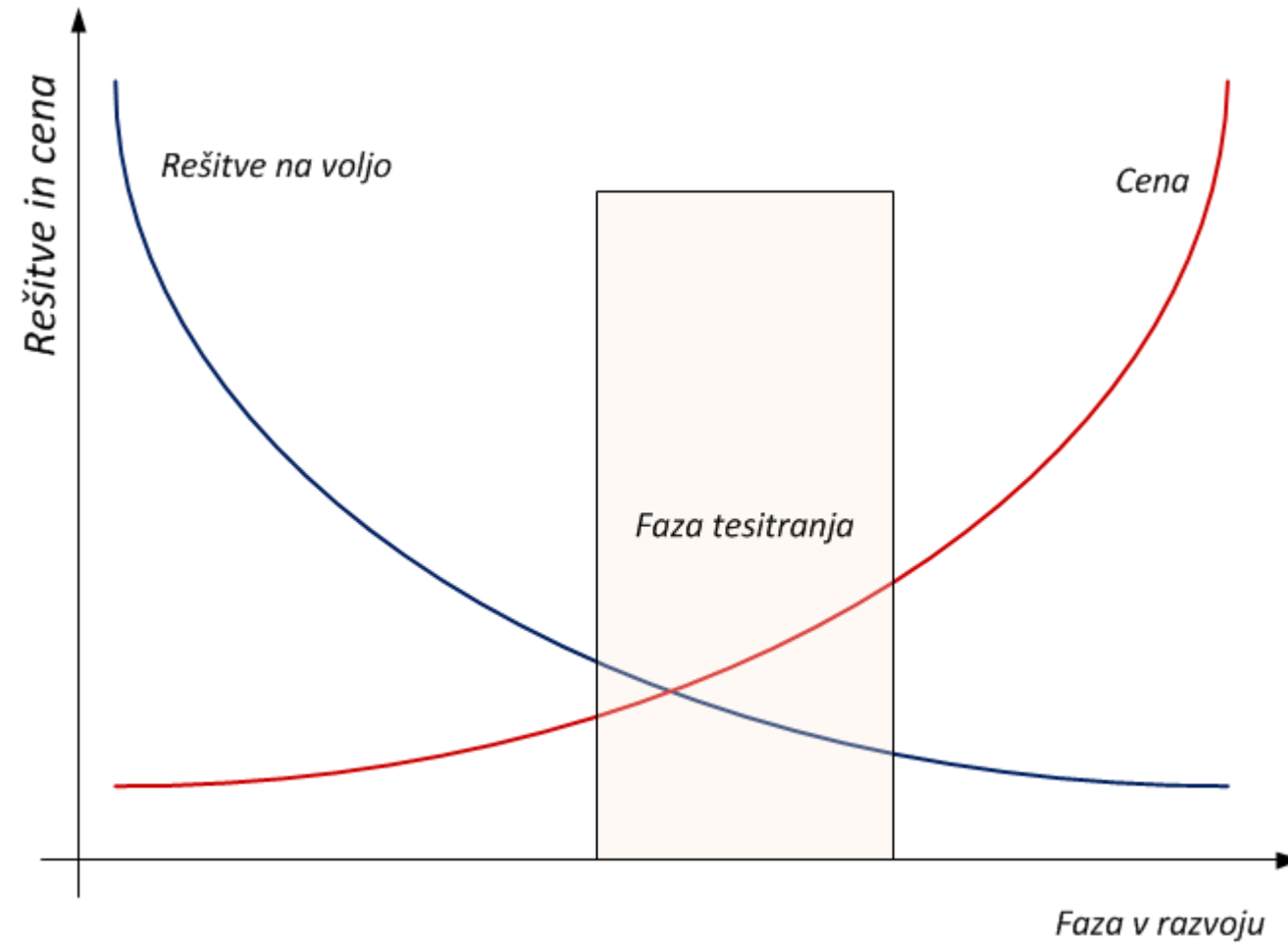
Zato!



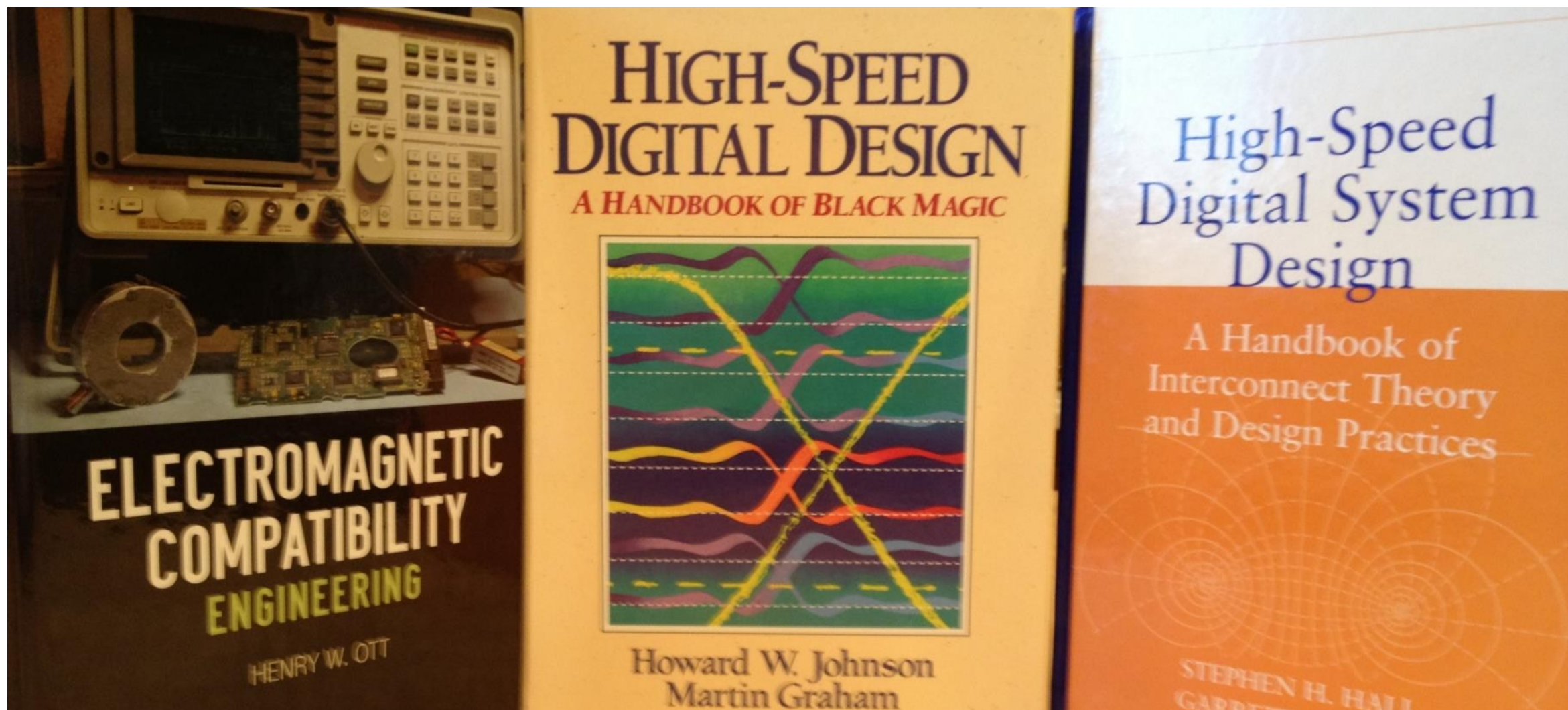
Zato!



Zato!



Kako?



Tako?



Študentska delavnica in tekmovanje

Načrtovanje
elektronike za EMC

Vsaka sreda 17-19h v P3!

Načrtovanje
elektronike za EMC

sreda, 8. 3. 2017 ob 17h v P3-C0

Načrtovanje
elektronike za EMC

torek, 6. 3. 2018 ob 16h v P03-C0

Načrtovanje
elektronike za EMC

Vsako sredo ob 17h v P02-C0



Načrtovanje elektronike za EMC²

študentska delavnica in tekmovanje

prijave:

iskraemeco
BY ELSEWEDY ELECTRIC

AVNET SILICA RENESAS WURTH ELEKTRONIK MORE THAN YOU EXPECT SIA

MAHLE FORVIA goap INTECTIV

AMITEH GEMmotors INSTRUMENTATION TECHNOLOGIES ELEKTRONIKE SVET

Načrtovanje elektronike za EMC²

študentska delavnica in tekmovanje

prijave:

FORVIA

HELLA

INSTRUMENTATION TECHNOLOGIES iskraemeco KOLEKTOR AMITEH

MAHLE HITE CORSAIR ELEKTRONIKE SVET

GEMmotors SIA WURTH ELEKTRONIK MORE THAN YOU EXPECT INTECTIV

Načrtovanje elektronike za EMC

študentska delavnica in tekmovanje

NAGRADNI SKLAD >6000 EUR

vsak torek ob 16.15 v P3-C0

LPVO Laboratorij za fotovoltaike in optoelektroniko

KOLEKTOR

GEMmotors MAHLE SIA WURTH ELEKTRONIK MORE THAN YOU EXPECT

FORVIA ISKRAEMECO goap COMPUTER CONTROLS SVET ELEKTRONIKE

INTECTIV INSTRUMENTATION TECHNOLOGIES

Študentska delavnica in tekmovanje

Načrtovanje elektronike za EMC²



Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za elektrotehniko*

Katedra za elektroniko



Laboratorij za fotovoltaike
in optoelektroniko



MAHLE

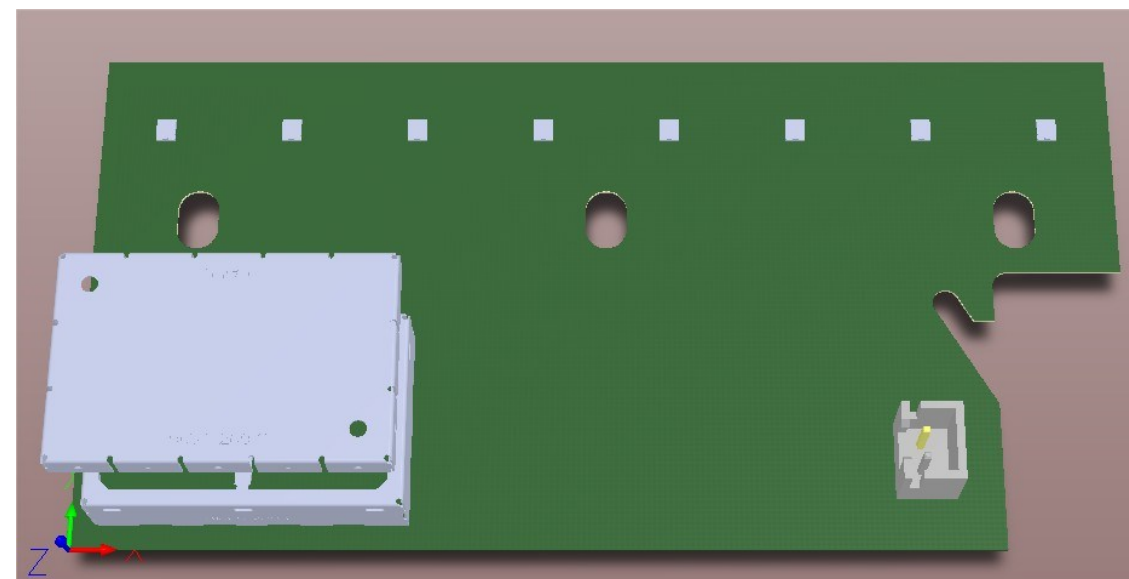
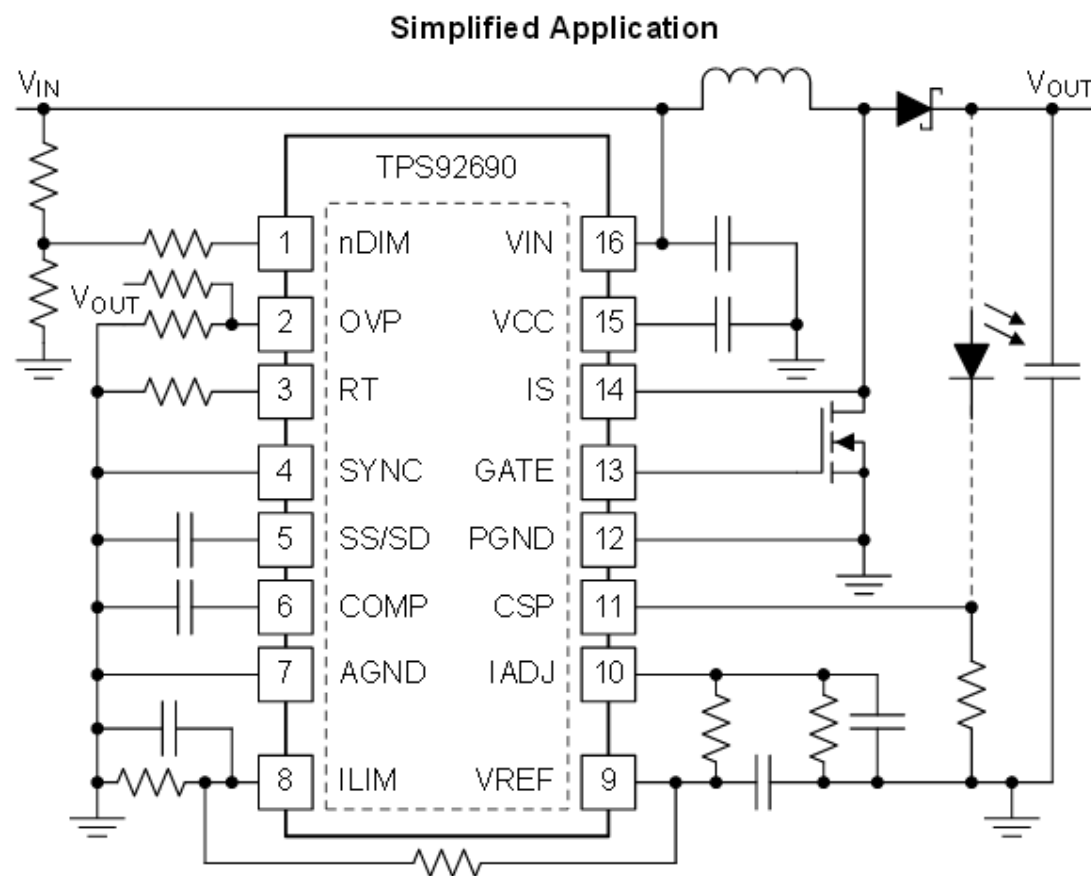


 TEXAS INSTRUMENTS

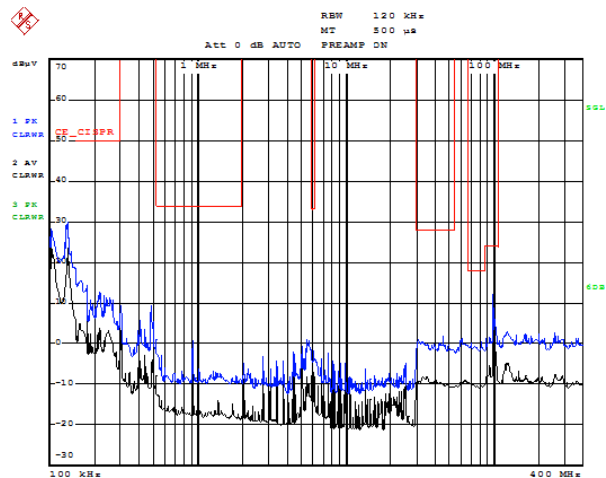


Vsaka sreda 17-19h v P3!

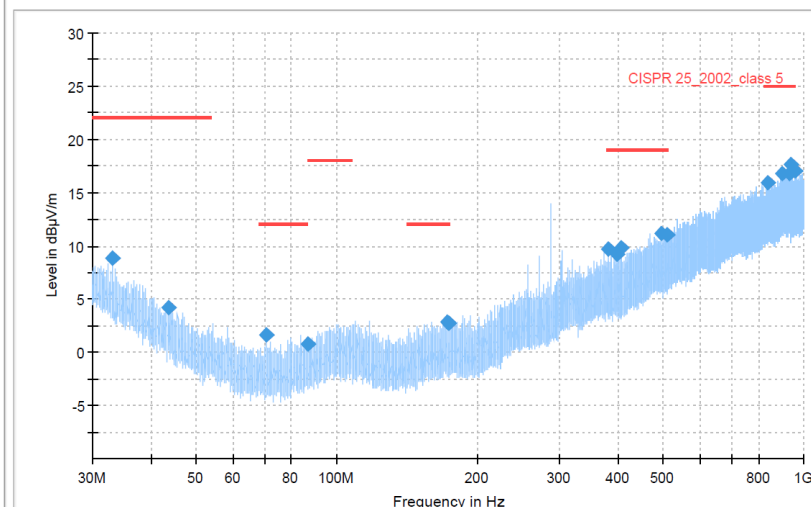
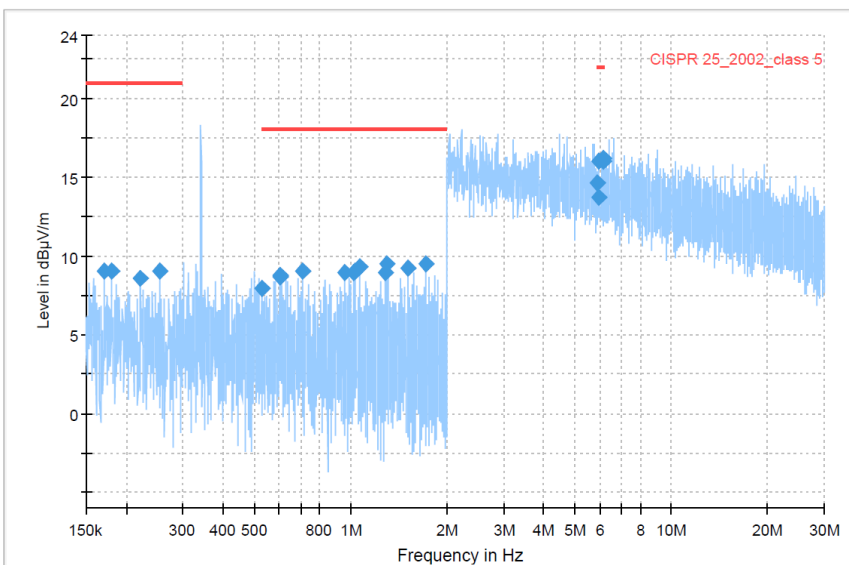
Stikalni napajalnik za LED



Zmagovalec



Urban Gregorc



Načrtovanje elektronike za EMC

24. 2. 202

2

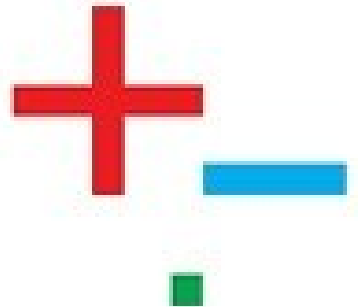


Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko
Katedra za elektroniko



Laboratorij za fotovoltaike
in optoelektroniko

ISKRAEMECO



KEYSIGHT
TECHNOLOGIES



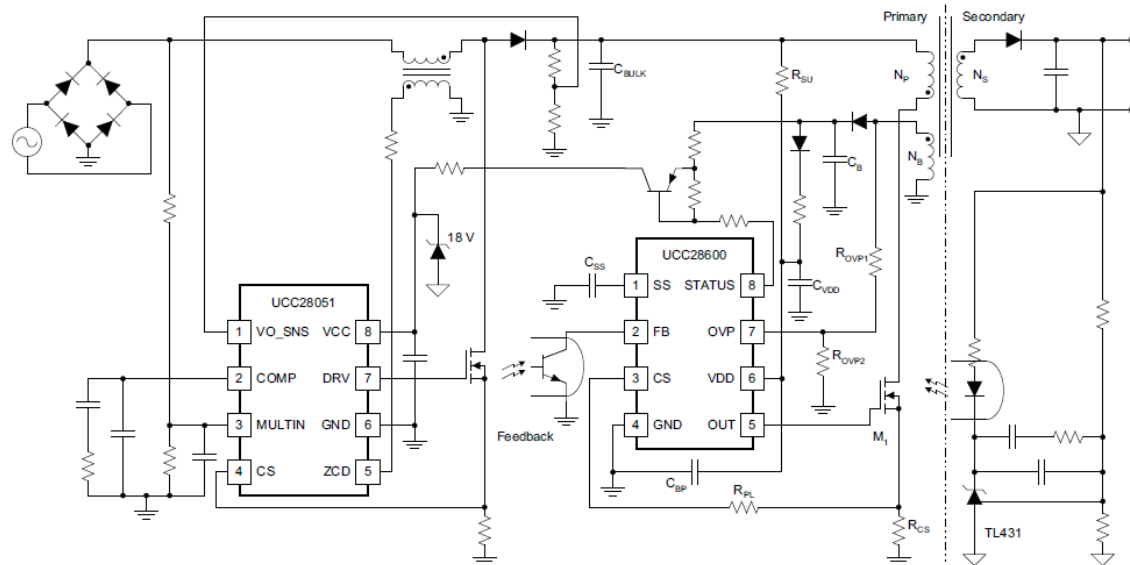
TEXAS INSTRUMENTS



sreda, 8. 3. 2017 ob 17h v P3-C0

Flyback stikalni napajalnik iz 230V na 20V

ISKRAEMECO 

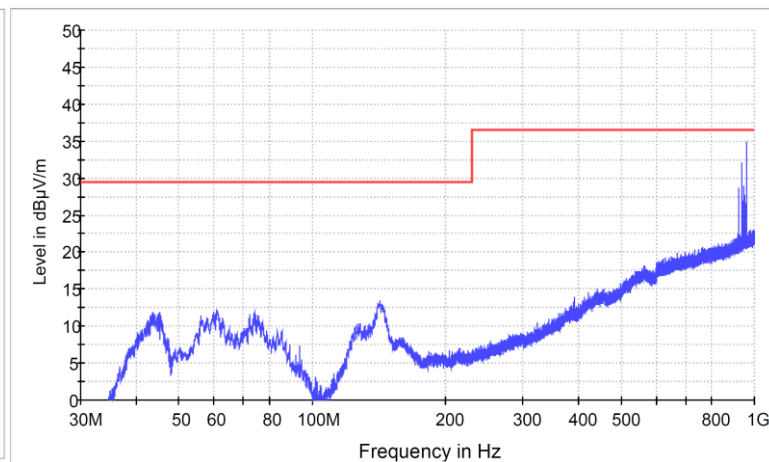
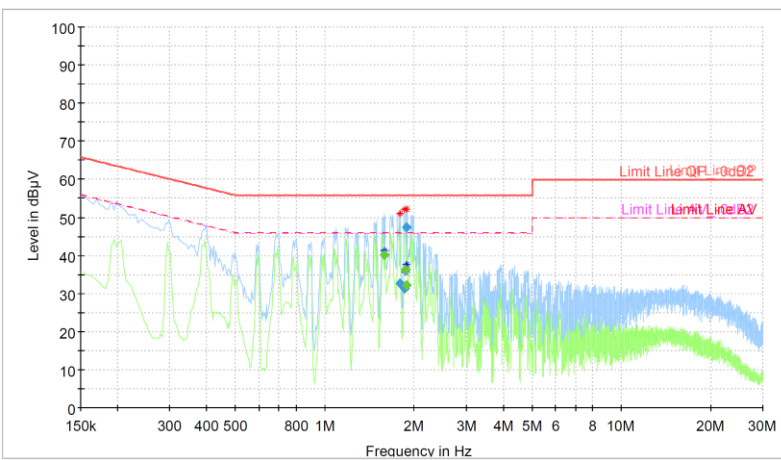
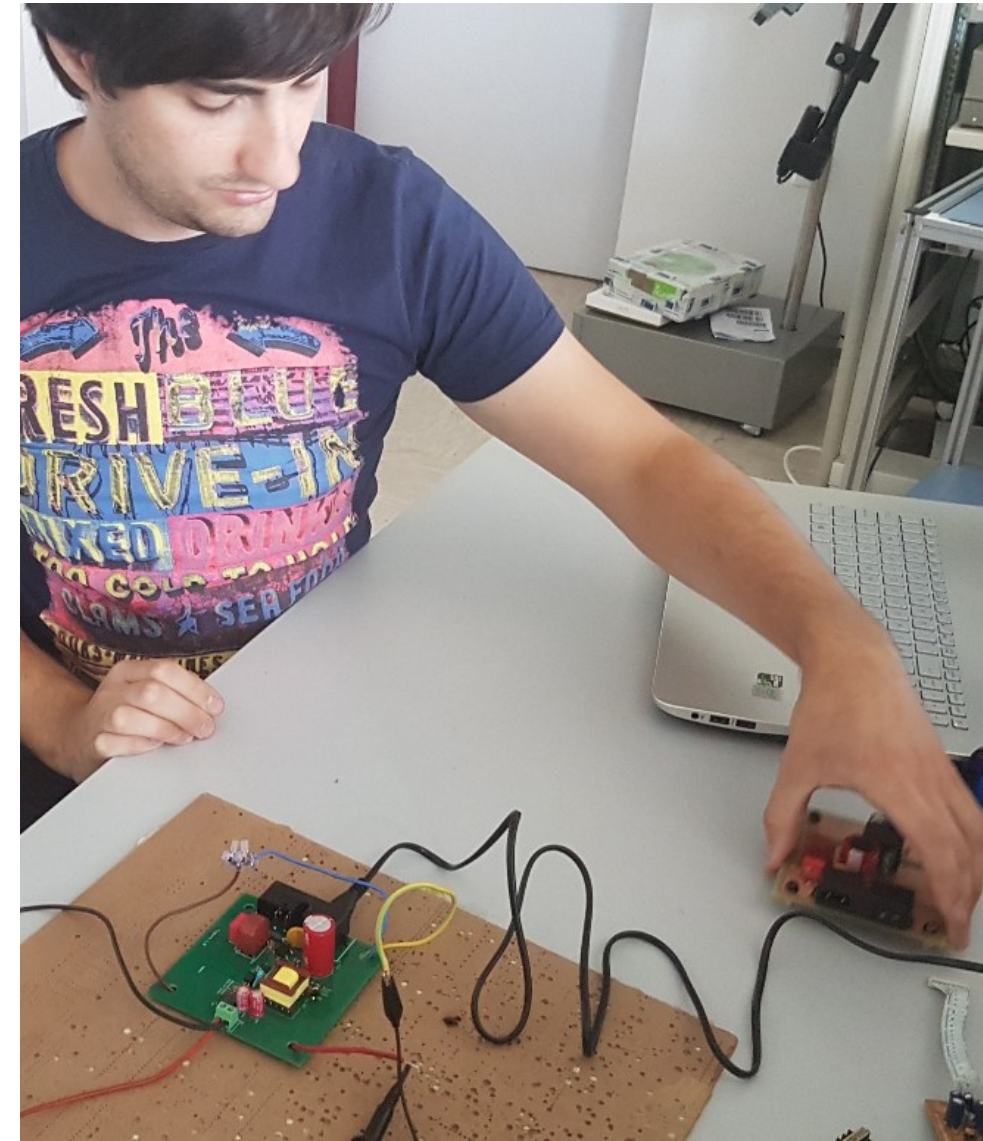
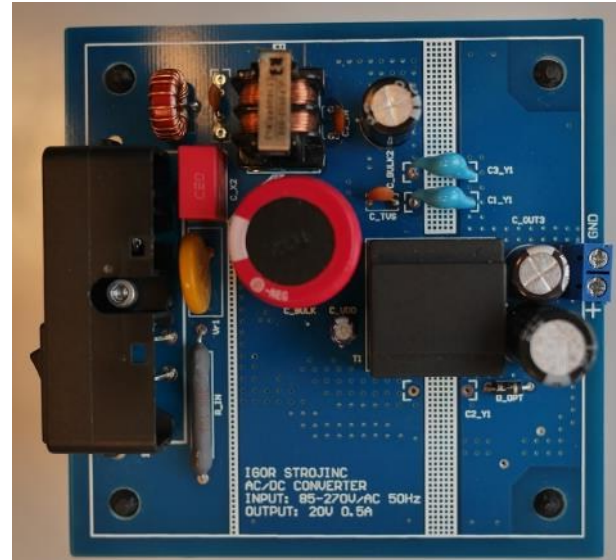
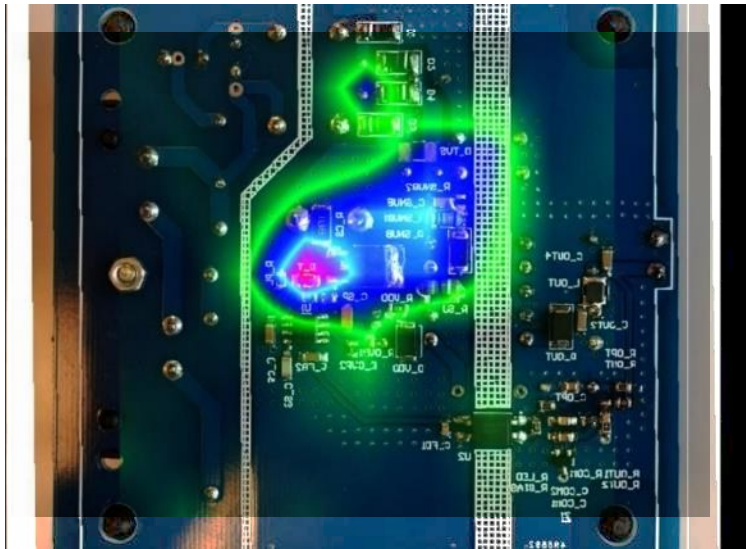


UCC28600
(MOS)

UCC28720
(BJT)

Zmagovalec

Igor Strojinc





Načrtovanje elektronike za

EMC

M. Jan

2026

2



Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za elektrotehniko*
Katedra za elektroniko



Laboratorij za fotoniko
in optoelektroniko

MAHLE

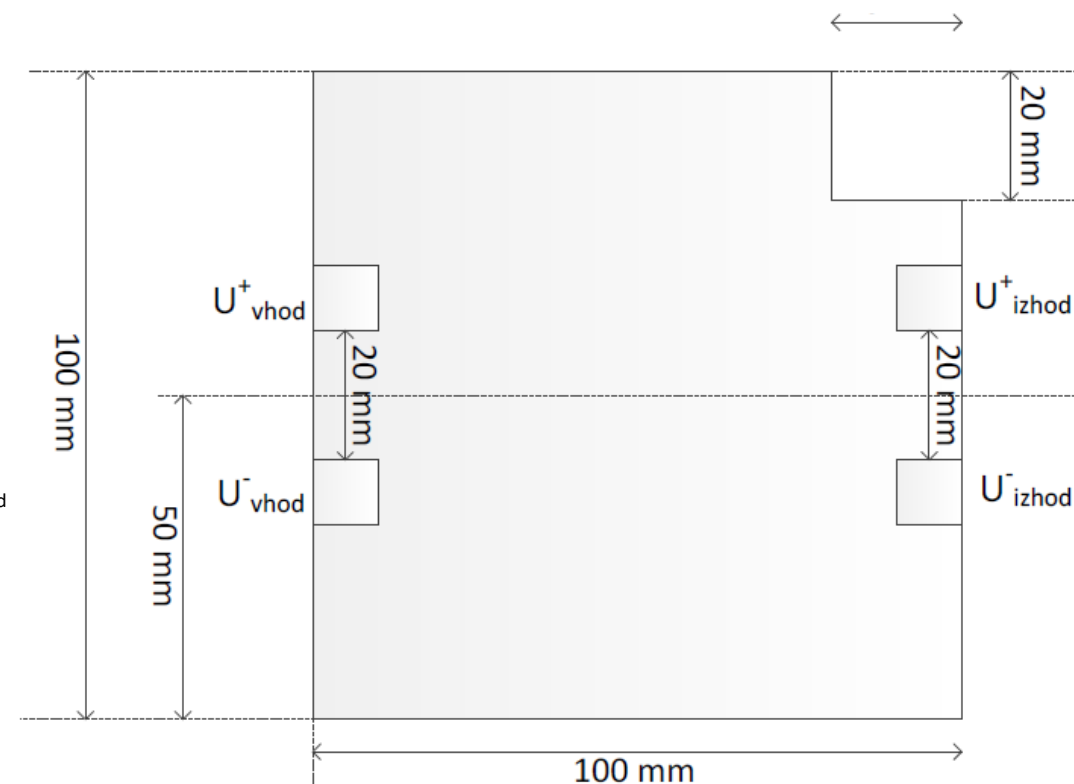
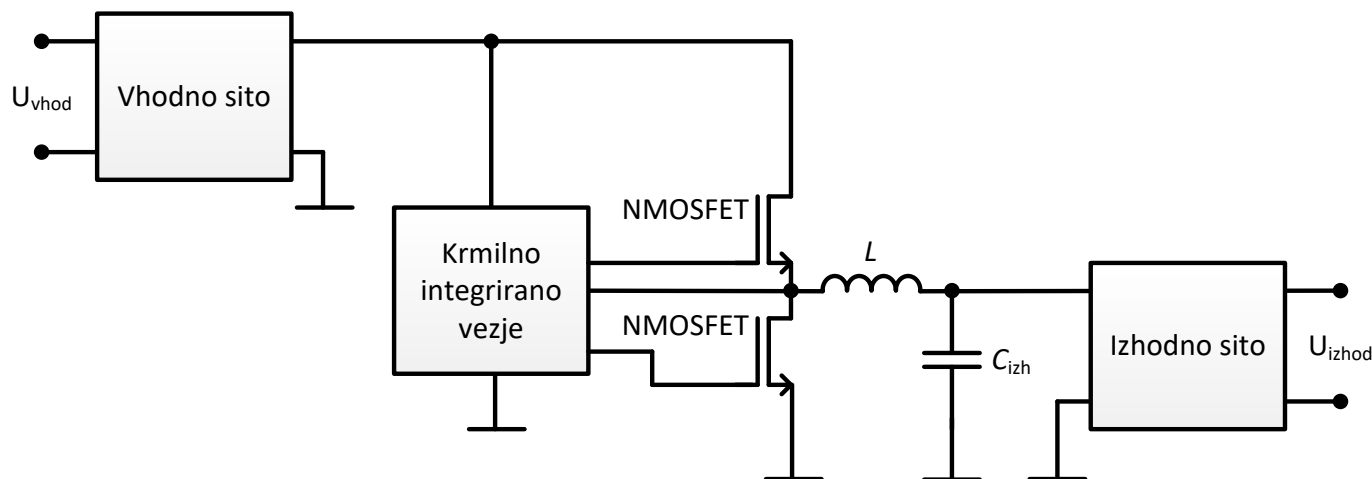


TEXAS INSTRUMENTS



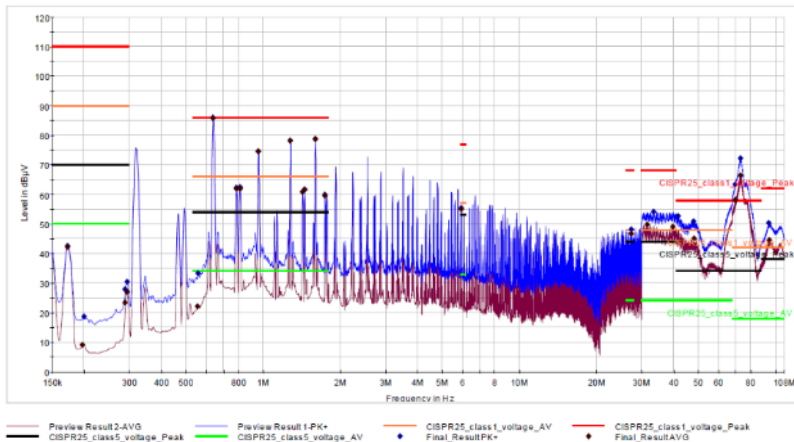
torek, 6. 3. 2018 ob 16h v P03-C0

Sinhroni stikalni napajalnik iz 60V -13.8V

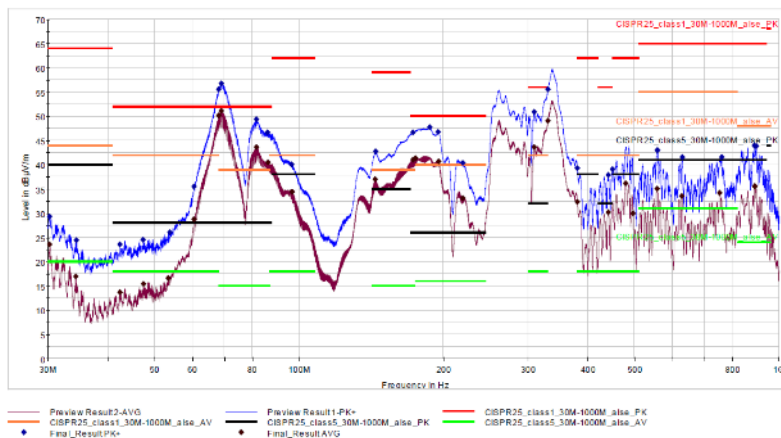
MAHLE

Pirova zmaga

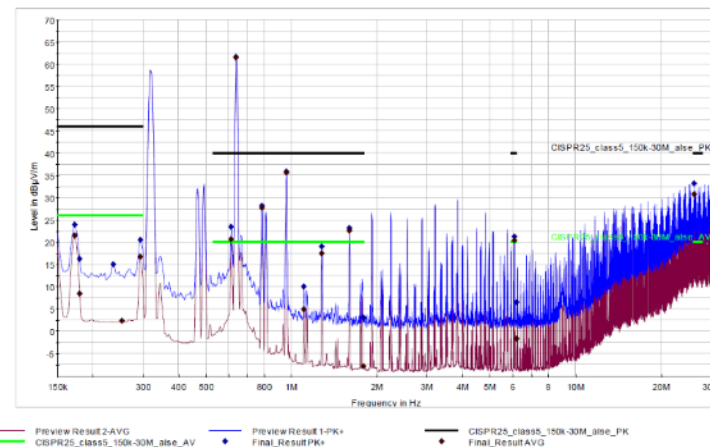
Matic Novak



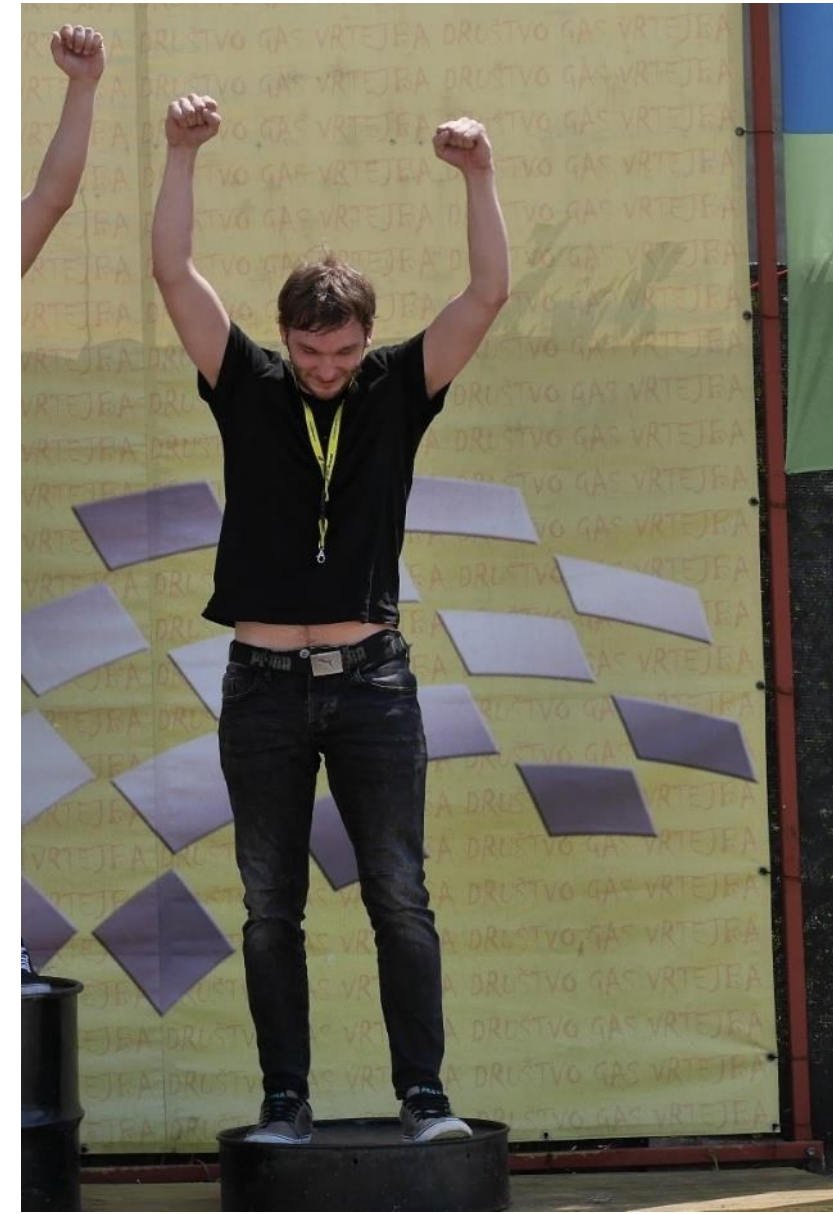
Slika 25: Rezultat na 48V+ priključku s PKAV detektorji in razredom 5 mejnimi vrednostmi



Slika 52: Rezultat s PKAV detektorji in razredom 5 mejnimi vrednostmi v frekvenčnem področju
30 MHz – 1000 MHz



Slika 50: Rezultat s PKAV detektorji in razredom 5 mejnimi vrednostmi v frekvenčnem področju
150 kHz – 30 MHz





Načrtovanje elektronike za

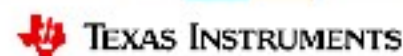
EMC²



Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za elektrotehniko*
Katedra za elektroniko



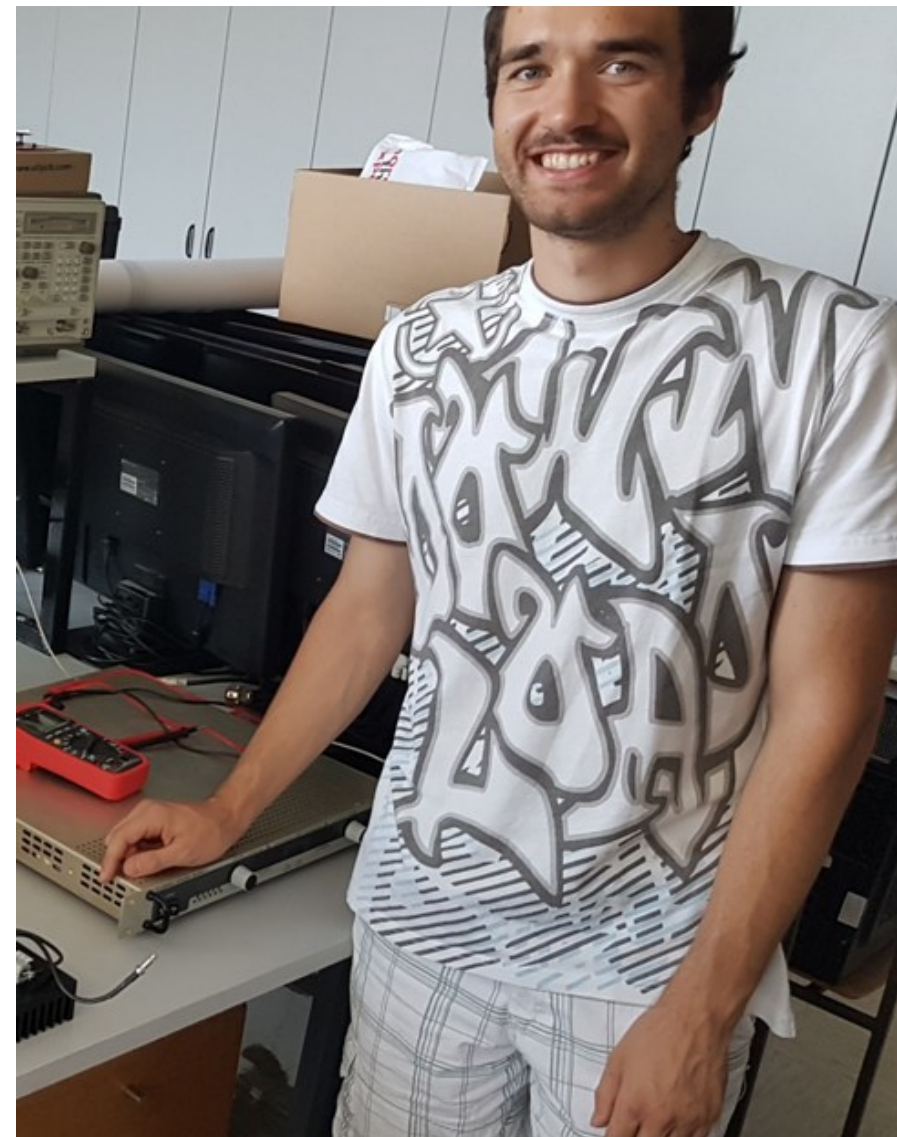
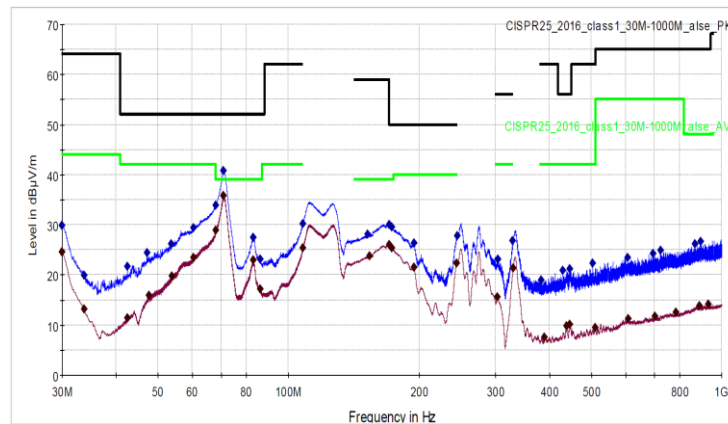
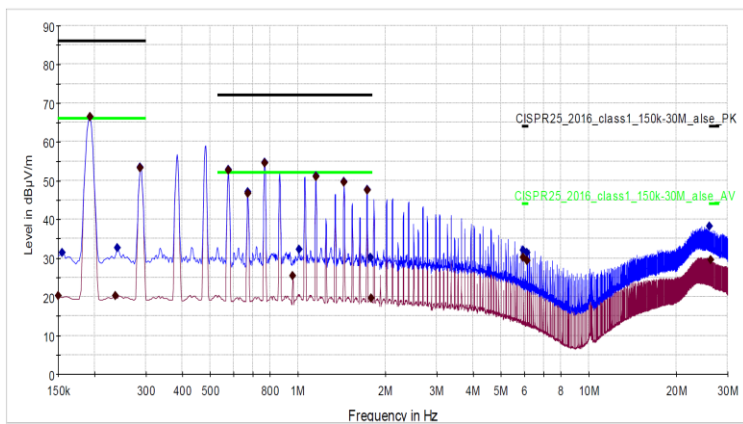
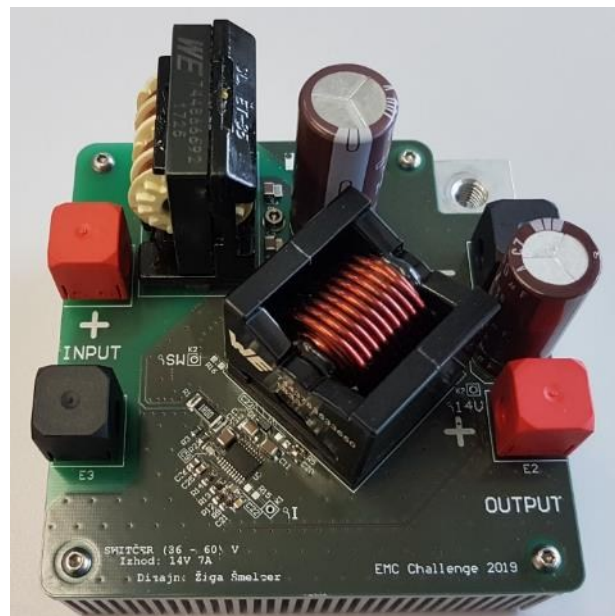
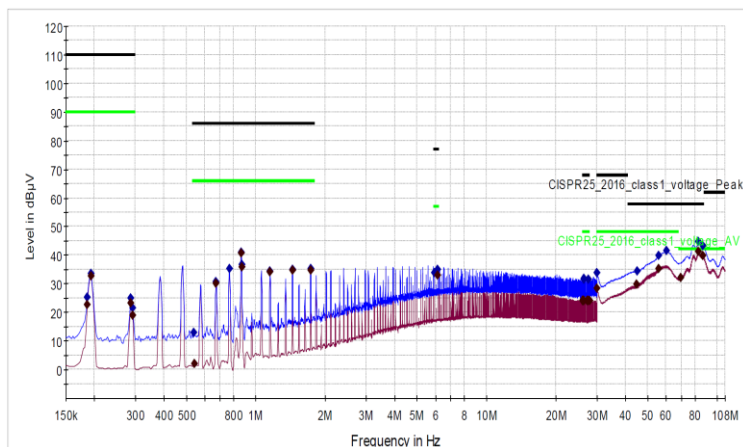
Laboratorij za fotoniko
in optoelektroniko



Vsako sredo ob 17h v P02-C0

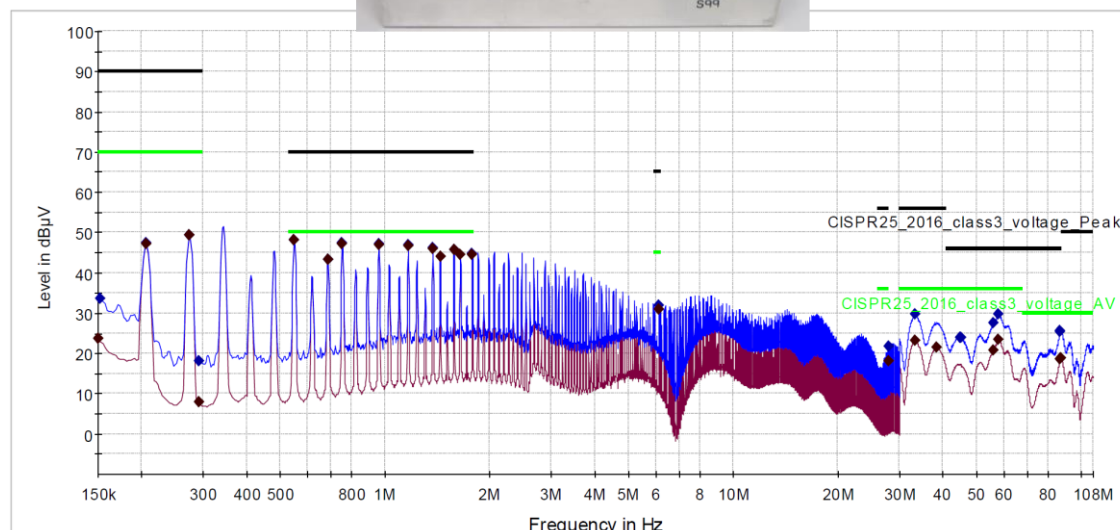
Taprava zmaga

Žiga Šmelcer

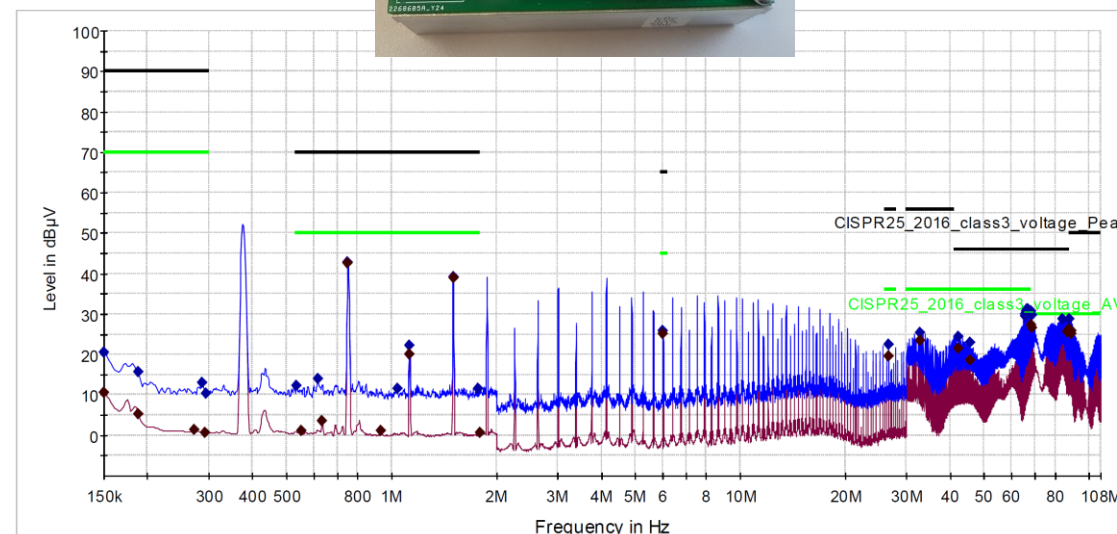
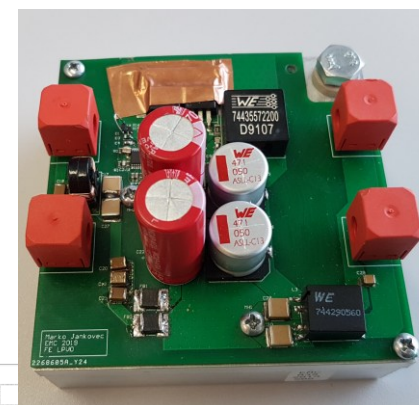


Tekma MAHLE vs. FE!

Industrija



Univerza

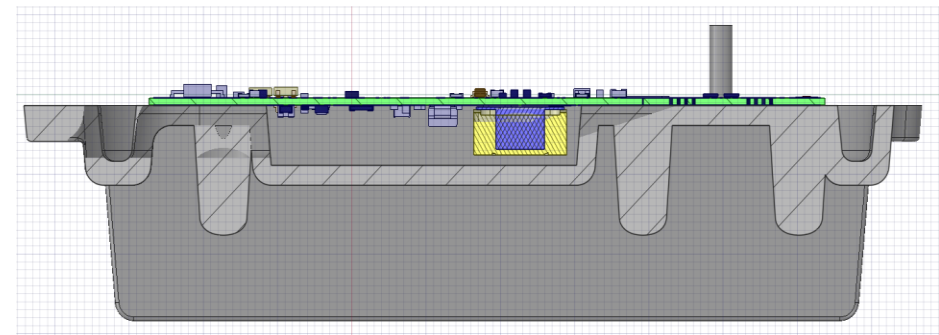
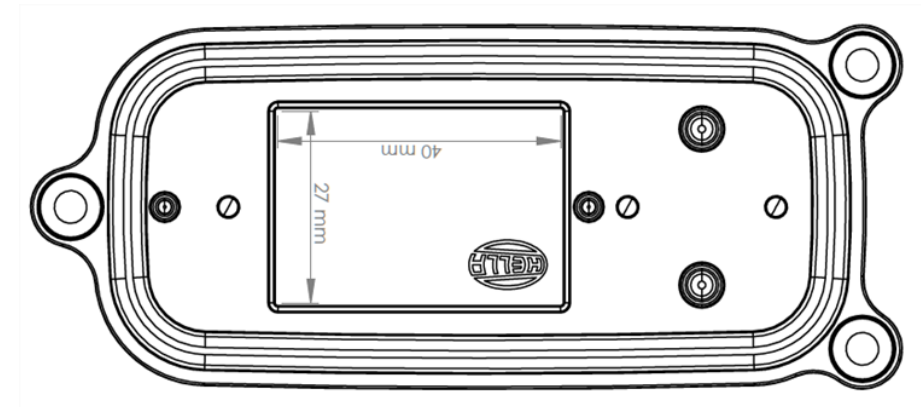
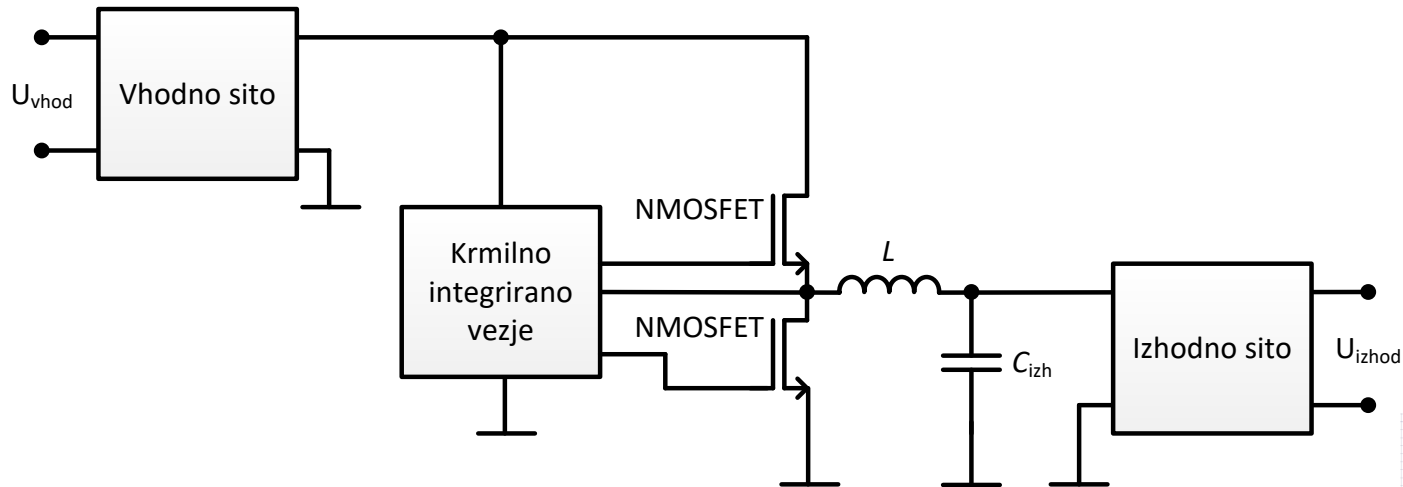




EMC²

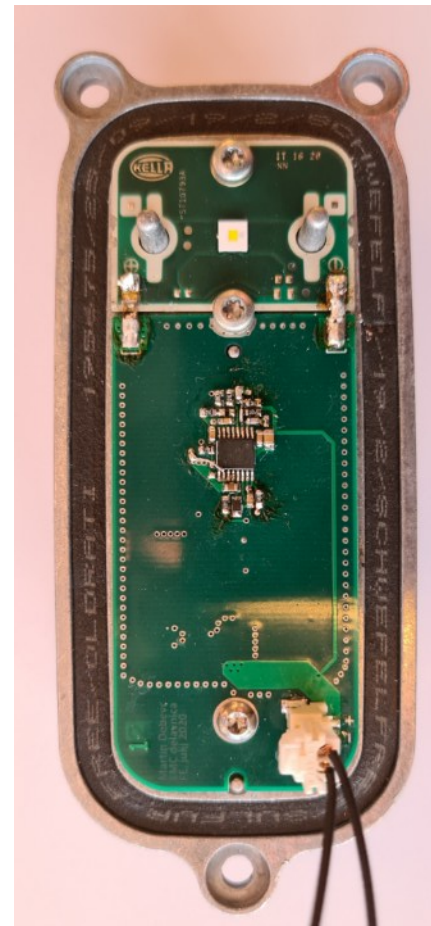
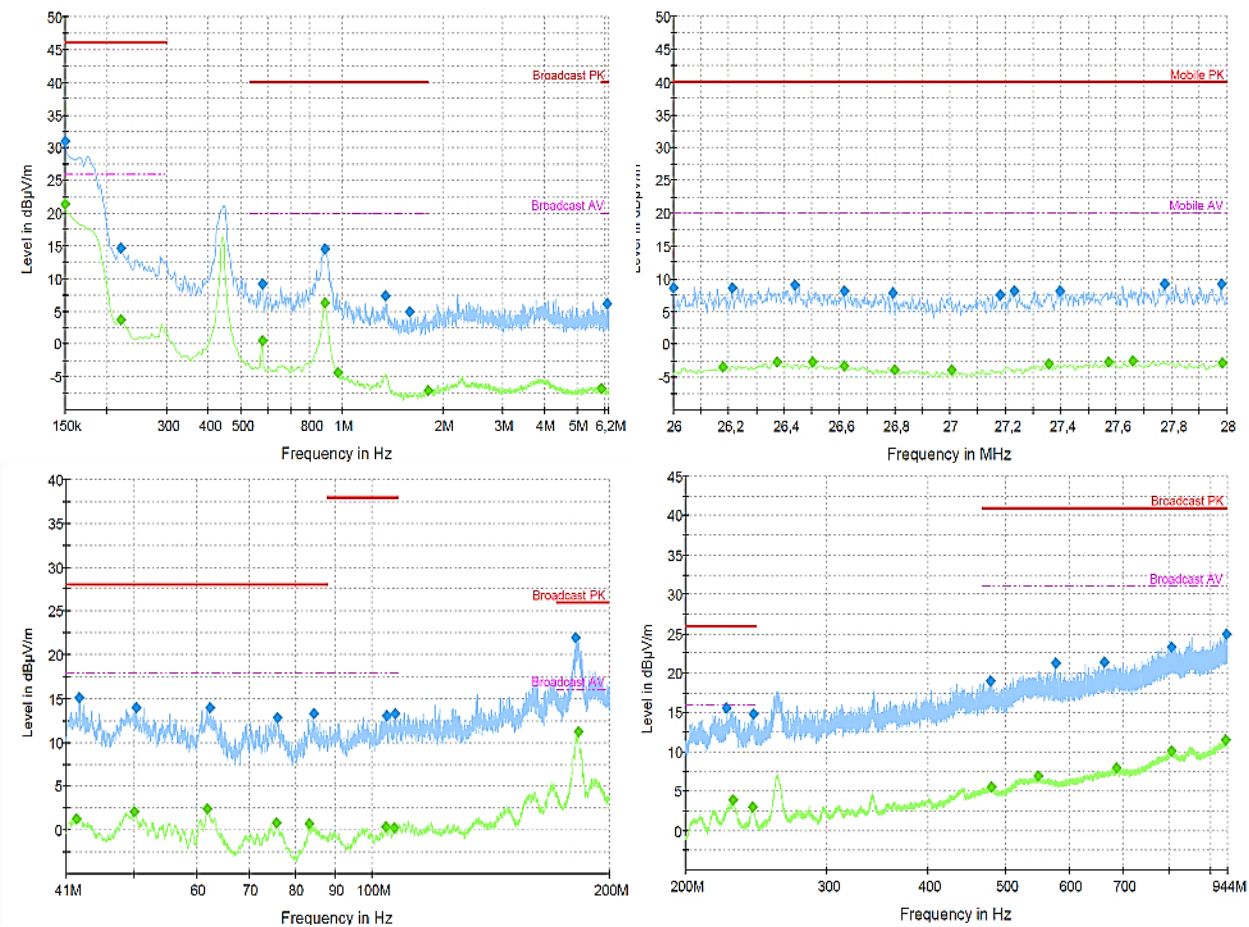


Sinhroni stikalni napajalnik za LED



Koronski zmagovalec

Martin Debevč



Načrtovanje elektronike za EMC

študentska delavnica in tekmovanje

NAGRADNI SKLAD >6000 EUR



**vsak torek ob
16.15 v P3-C0**



Laboratorij za fotovoltaike
in optoelektroniko



Laboratorij za
električne stroje



Laboratorij za regulacijsko tehniko in
močnostno elektroniko

KOLEKTOR



MAHLE



FORVIA



ISKRAEMECO

goap

COMPUTER CONTROLS

INTECTIV

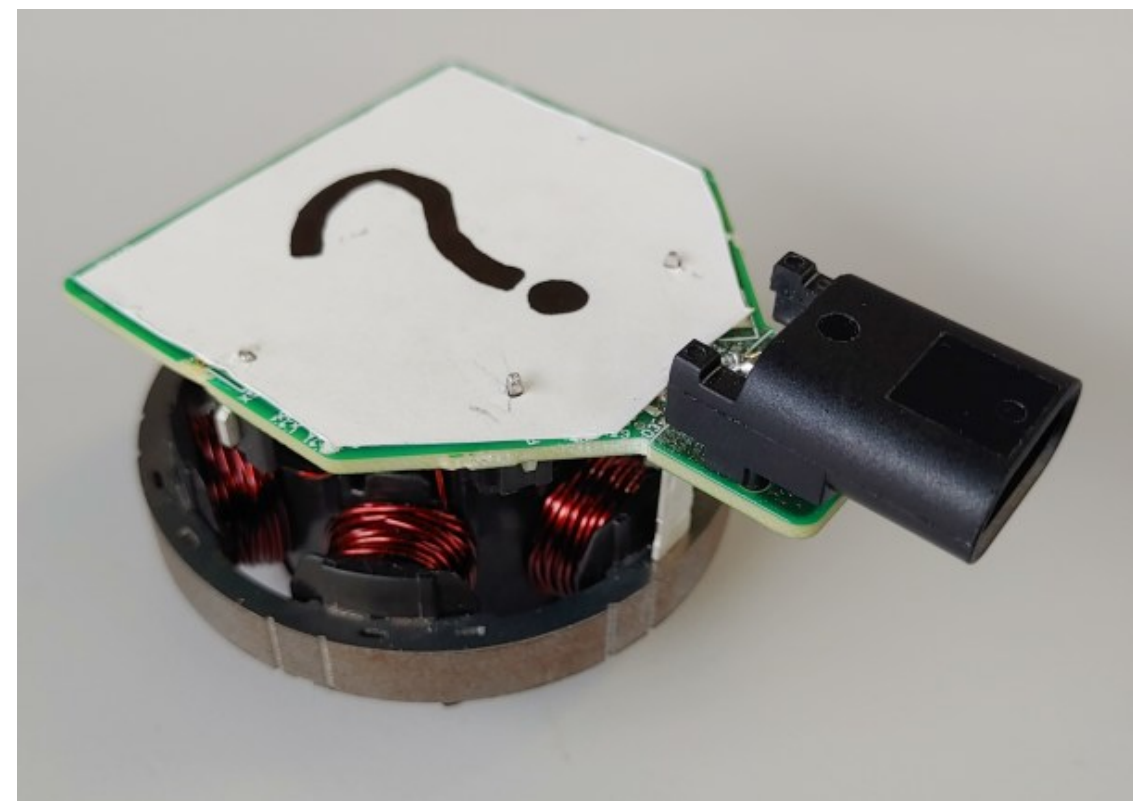
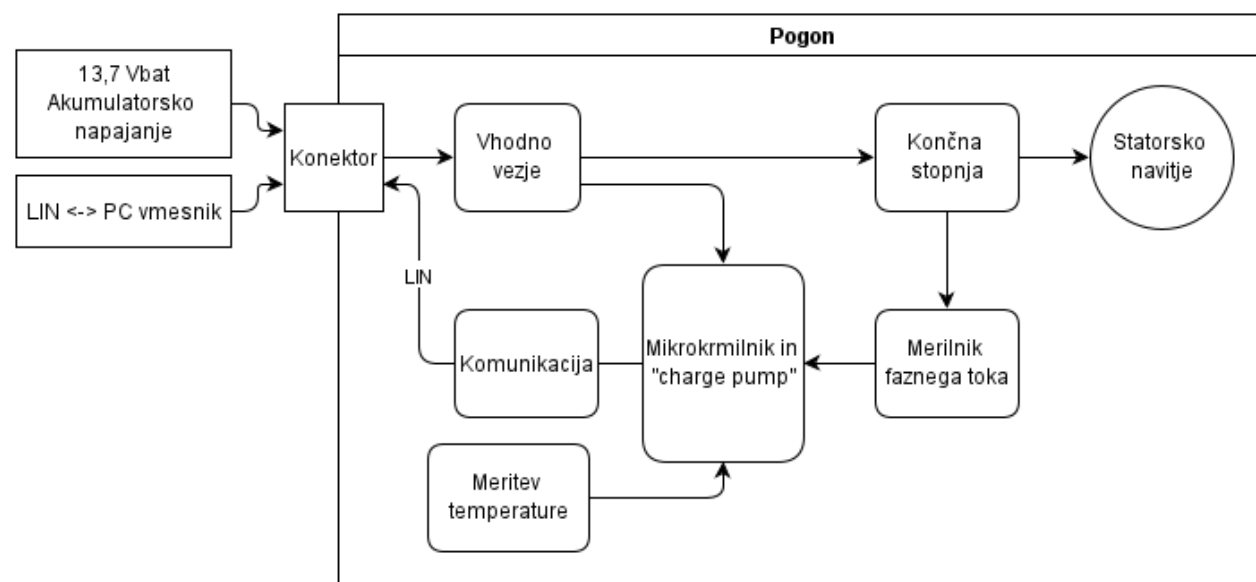
INSTRUMENTATION
TECHNOLOGIES



svet
ELEKTRONIKE

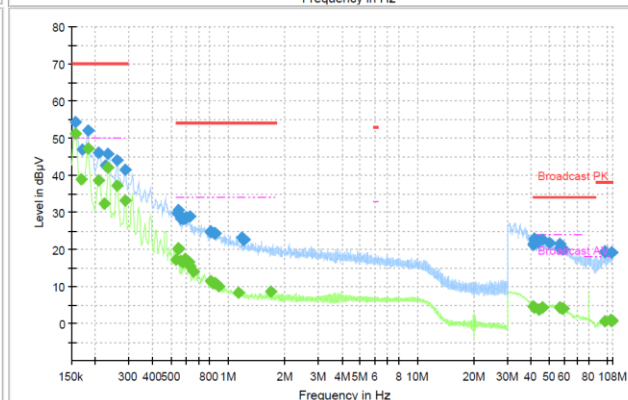
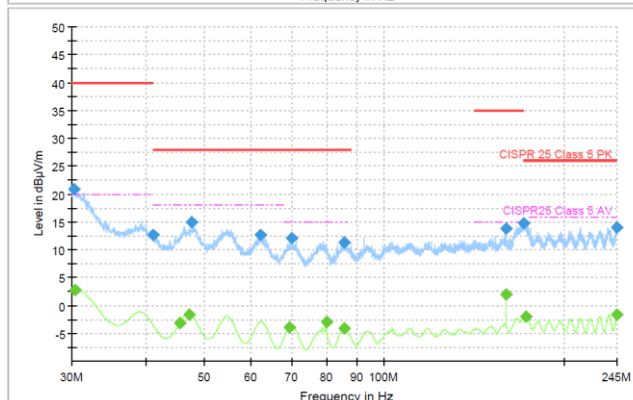
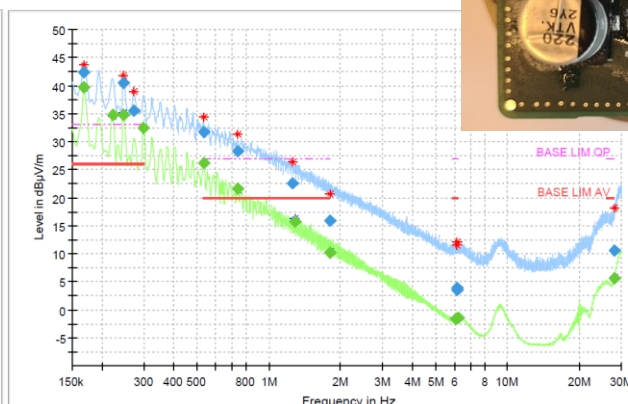
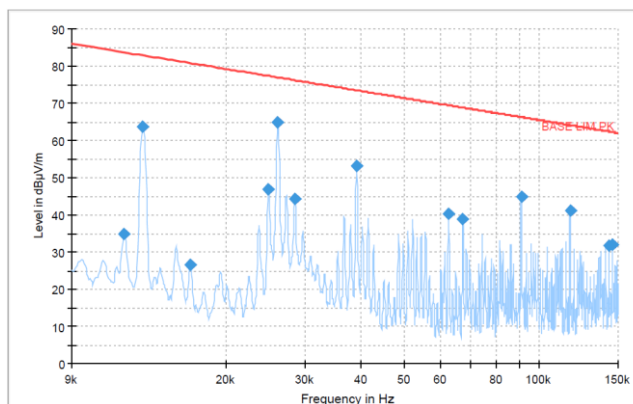
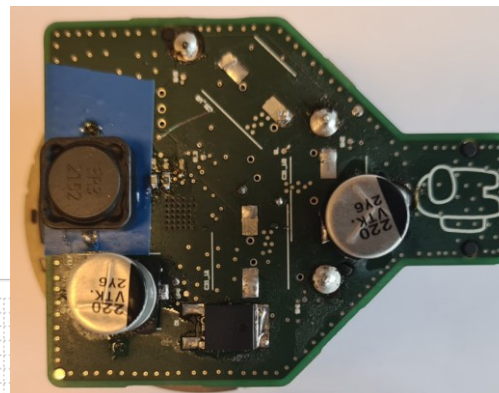
Krmilnik za BLDC motor

60 YEARS

KOLEKTOR

Zmagovalec

Luka Kavčič – aka Grega



Načrtovanje elektronike za

EMC²

M. Jankovec

24.2.2024



UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za elektrotehniko

27



Laboratorij za fotovoltaike
in optoelektroniko

študentska delavnica
in tekmovanje

v torek, 7. maja 2024
ob 16:15 v P3-CO



iskraemeco

BY ELSEWEDY ELECTRIC

prijave:



AVNET
SILICA

RENESAS

WE
WURTH
ELEKTRONIK
MORE THAN
YOU EXPECT



MAHLE

FORVIA
HELLA

goap

INTECTIV



GEMmotors



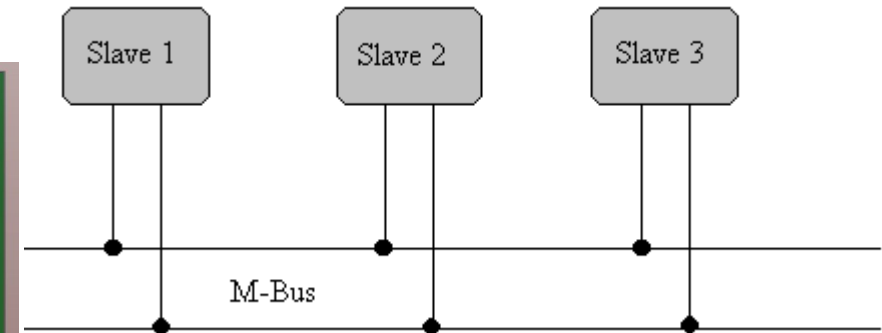
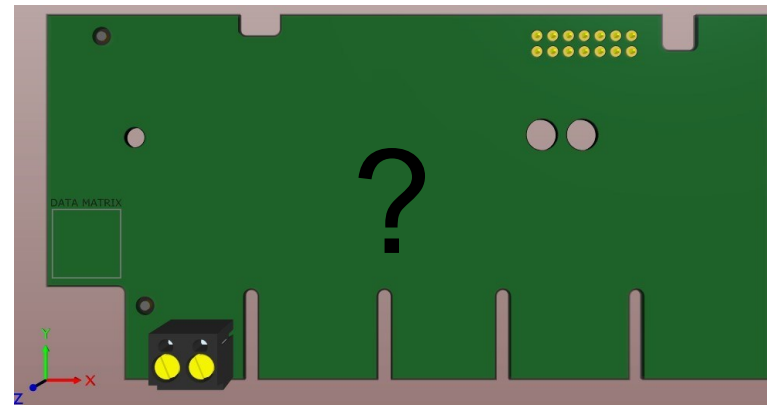
INSTRUMENTATION
TECHNOLOGIES

svet
ELEKTRONIKE

M-bus vmesnik za števec el. energije



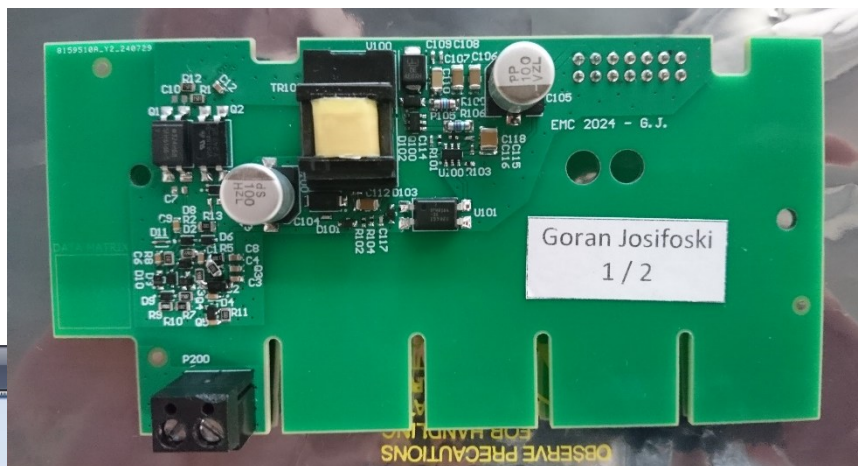
M-bus master



Imunost!

Zmagovalec

Goran Josifoski



Awards

Company

Iskraemeco

Kolektor

Hella Saturnus

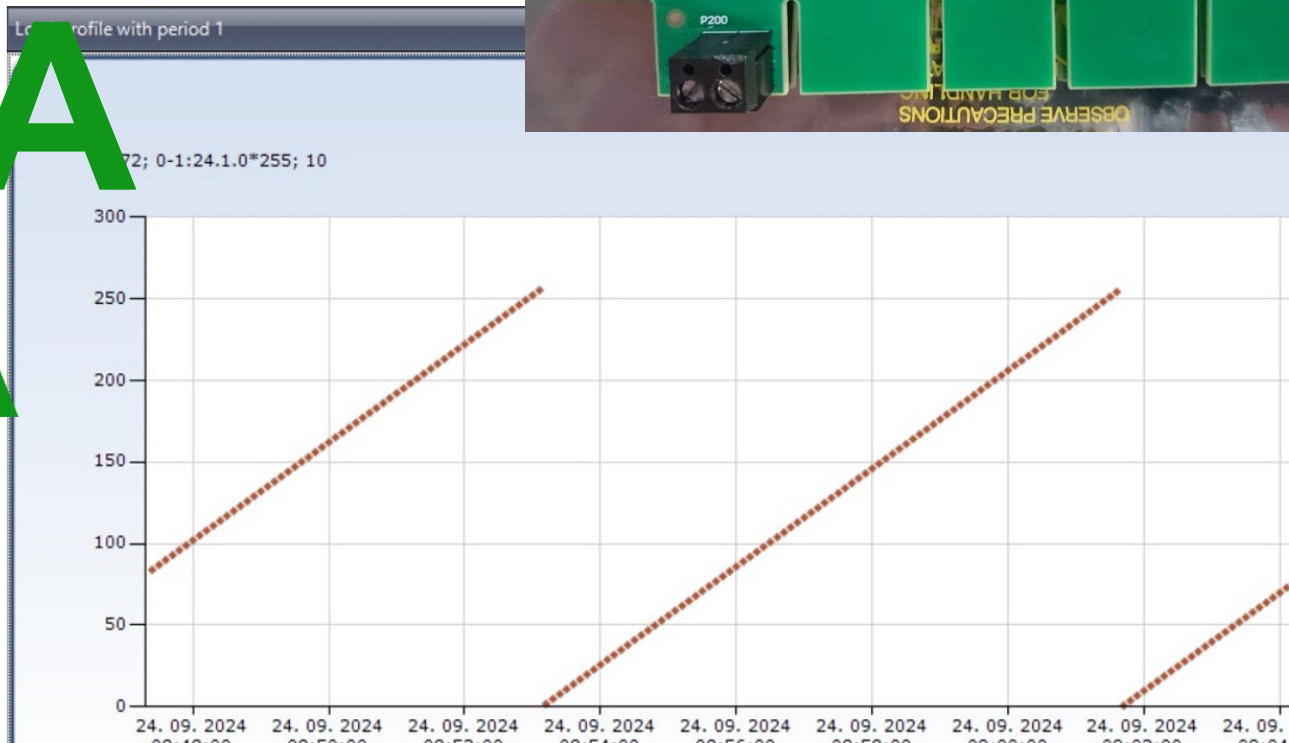
Svet elektro

Mahle EDS

GEM motor

Instrument technologies

Corsa



Načrtovanje elektronike za

EMC²

študentska delavnica
in tekmovanje



FE

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za elektrotehniko



Laboratorij za fotovoltaike
in optoelektroniko

ponedeljek, 24. februar
2025 ob 16:15 v P3-C0

FORVIA



prijave:



INSTRUMENTATION
TECHNOLOGIES



iskraemeco
BY ELSEWEDY ELECTRIC

KOLEKTOR



MAHLE



CORSAIR

svet
ELEKTRONNIKE



GEMmotors



WÜRTH
ELEKTRONIK
MORE THAN
YOU EXPECT



INTECTIV

8. EMC delavnica 2025



0 % - 45%:



LED off

60 % - 80%:

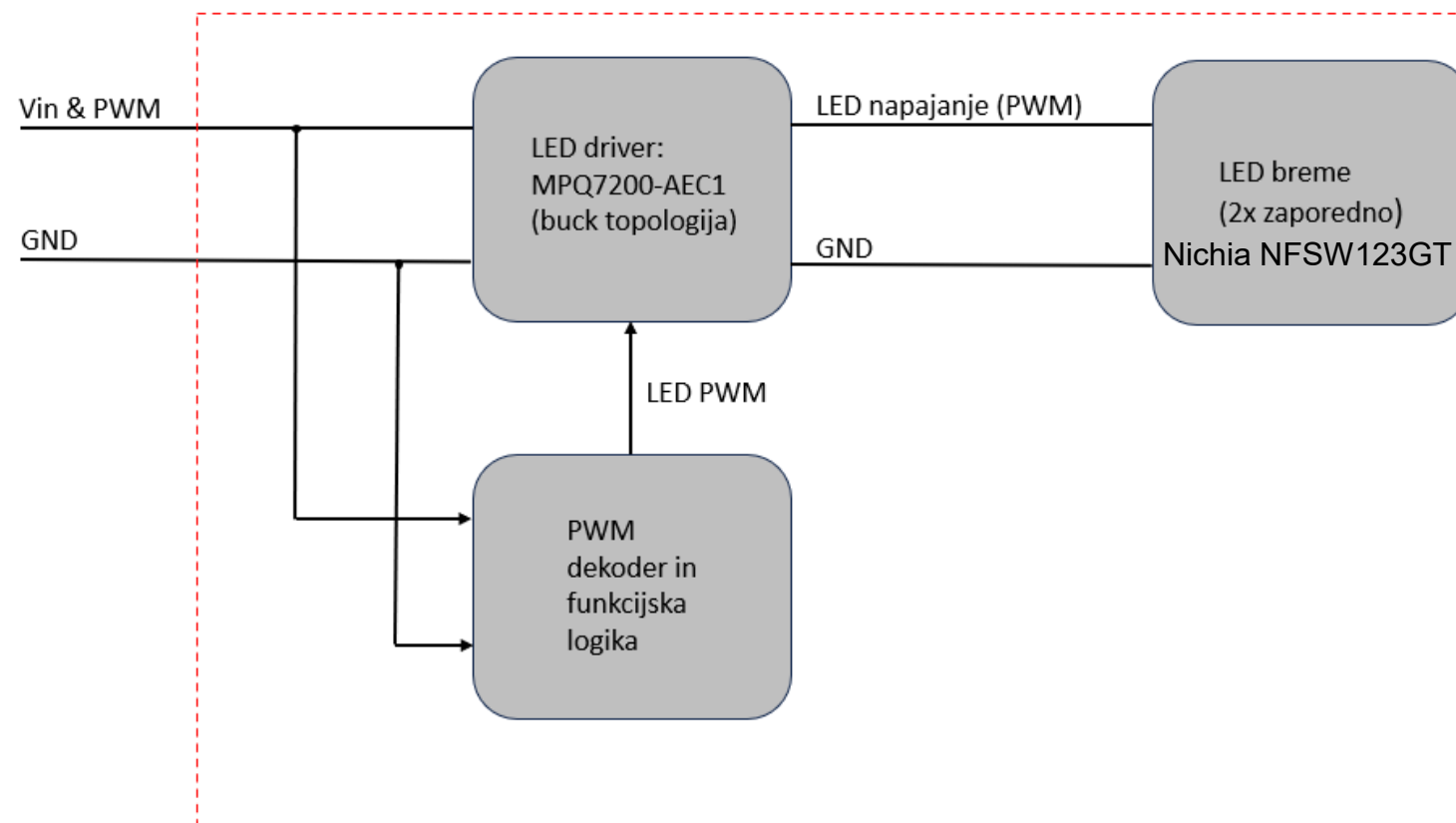


LED 10%

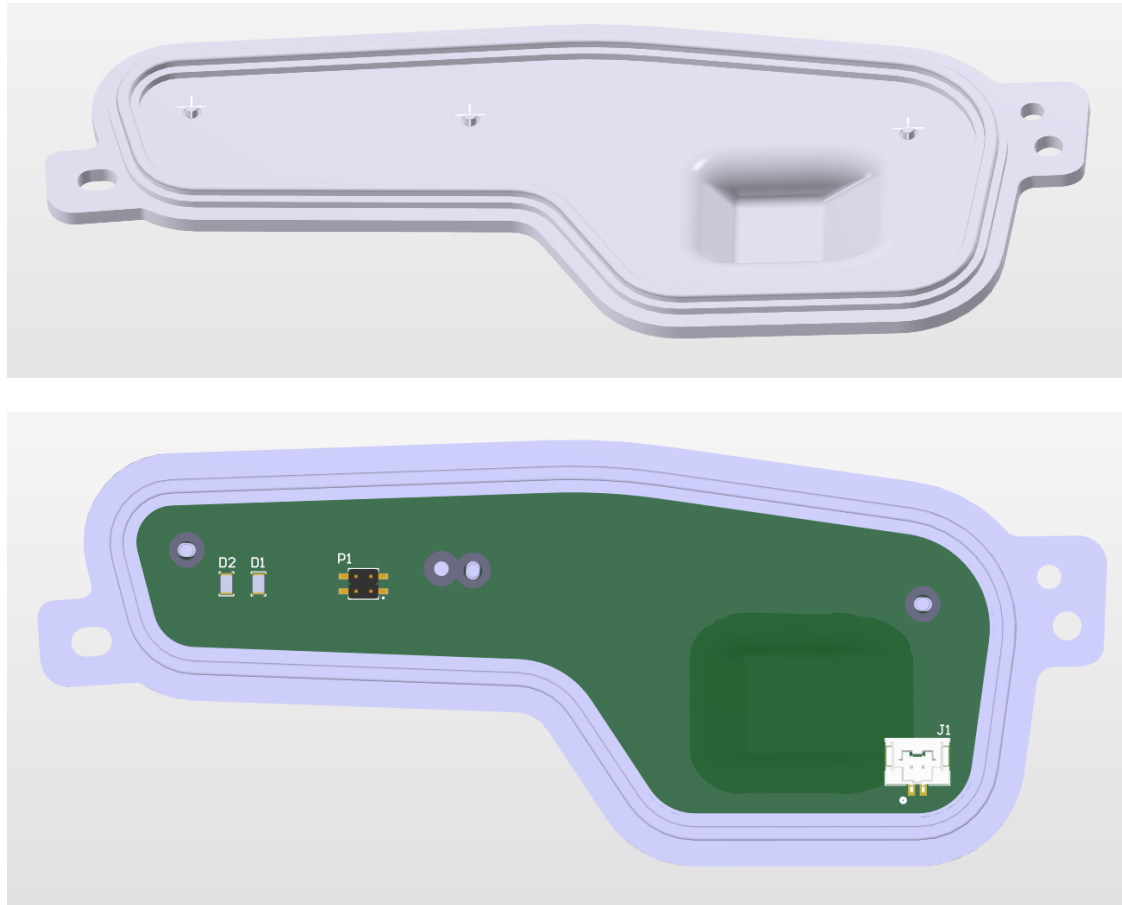
95 % - 100%:



LED on



8. EMC delavnica 2025



Predstavitev izziva



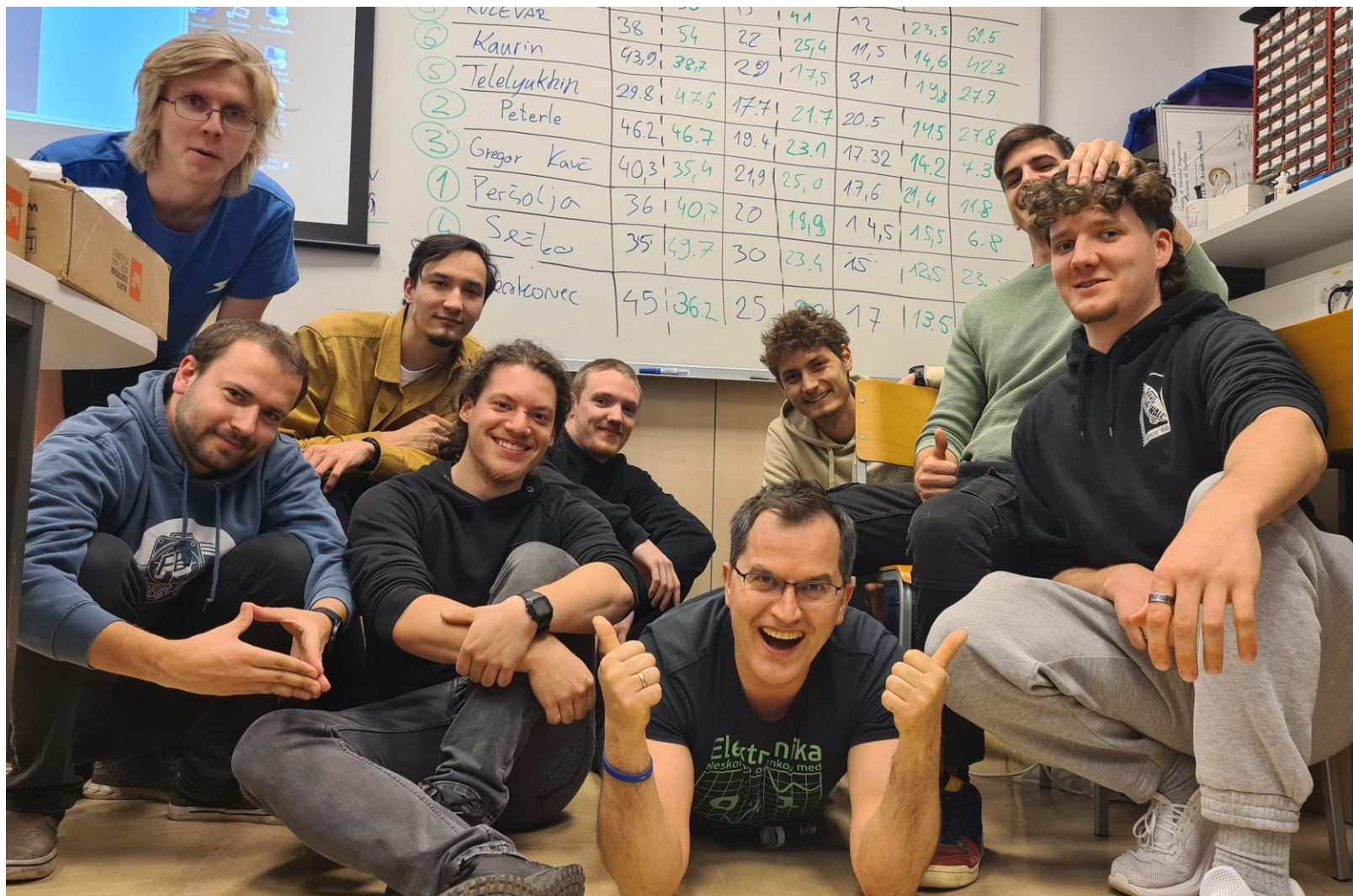
Würth elektronik načrtovanje EMC filtrov



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



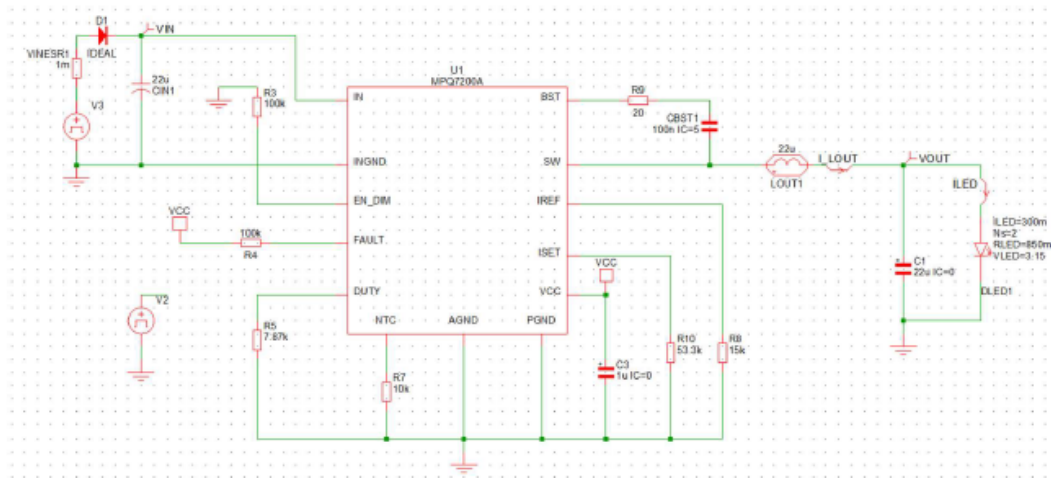
Dogodek: Svet elektronike



1. Konzultacije – zasnova rešitve

20

Pošiljam osnovno idejo vezja. Prilagam sliko iz MPSmart, kjer sem izbral približne vrednosti za komponente 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.

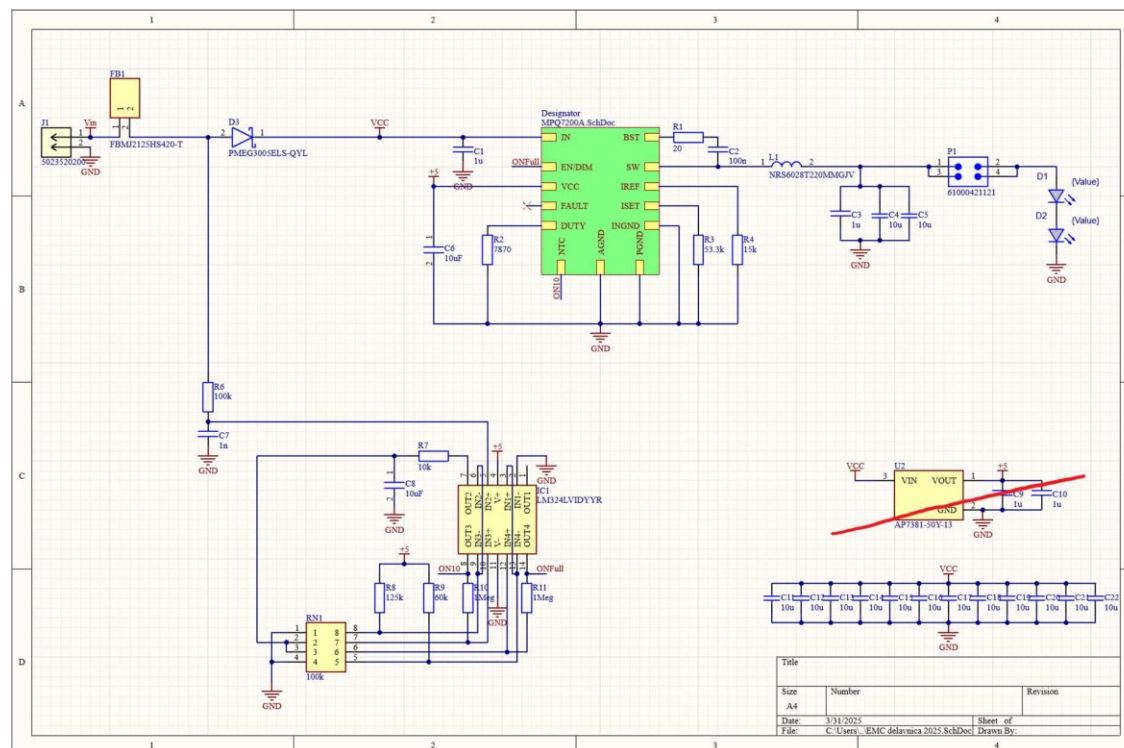
Vprašanja:

- 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

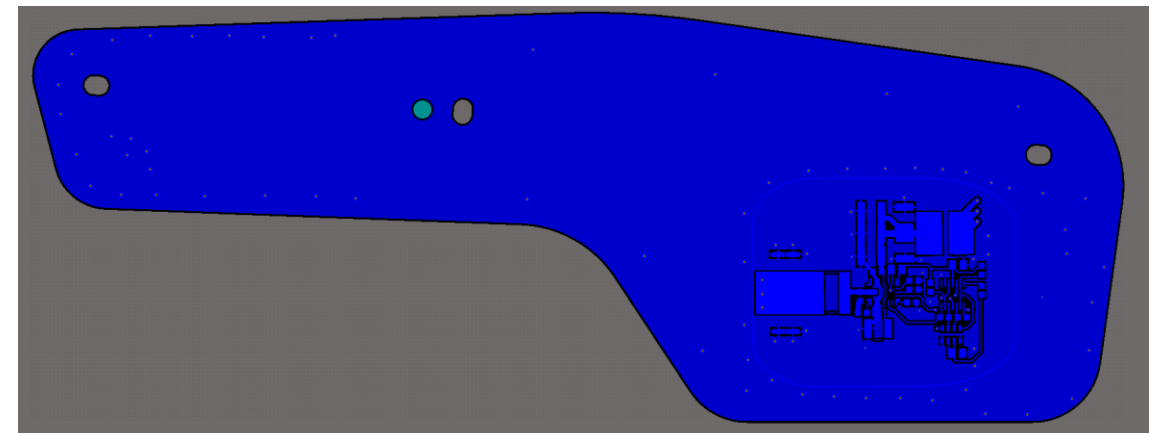
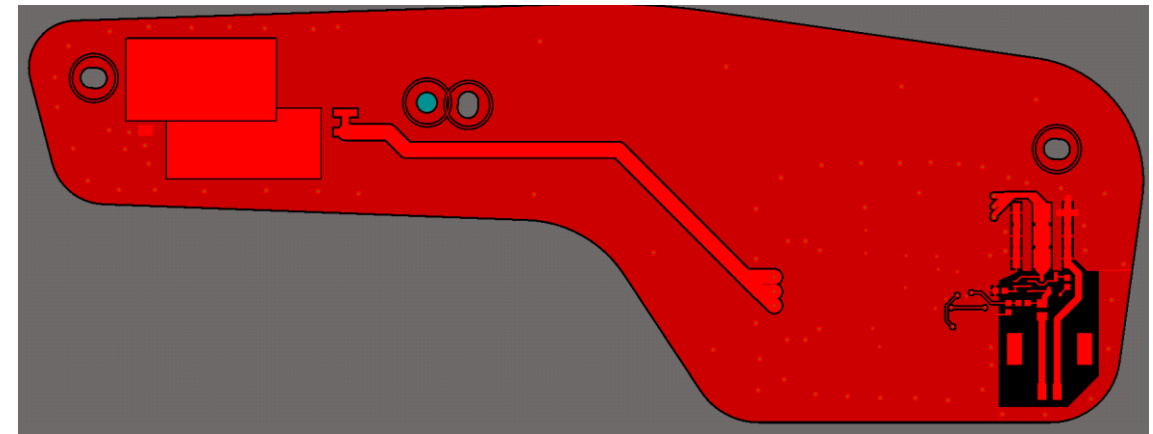
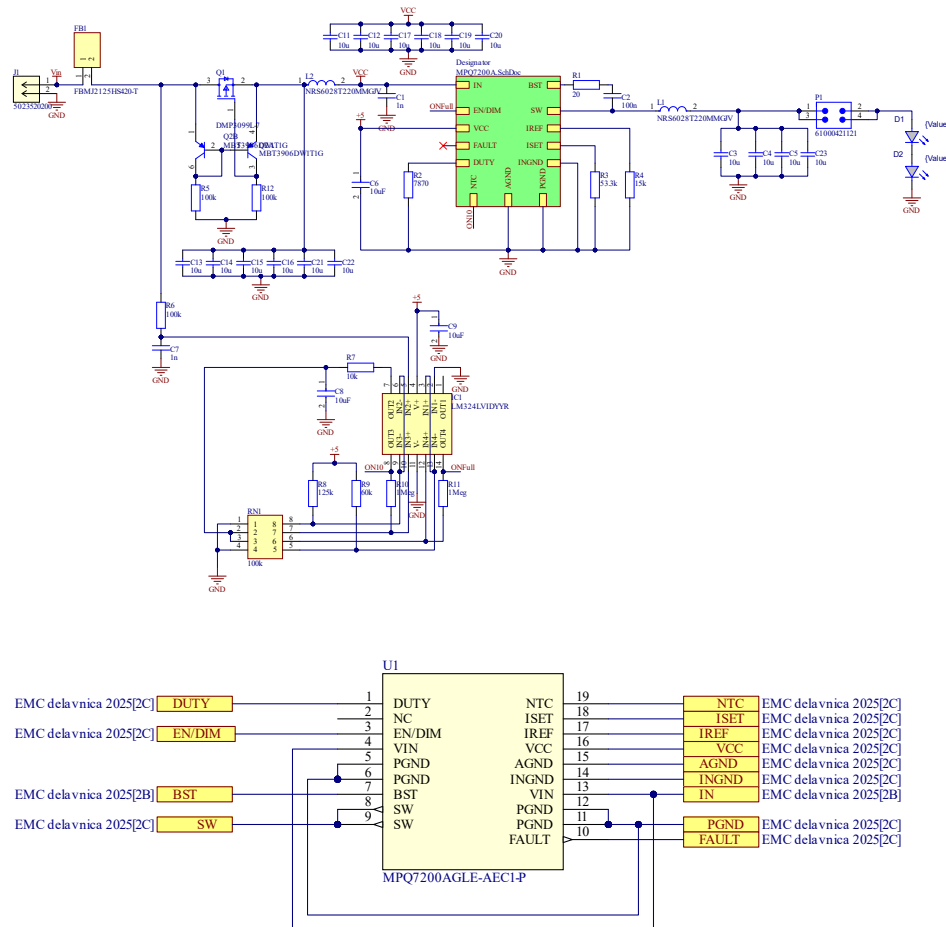


Vprašanja:

- 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?

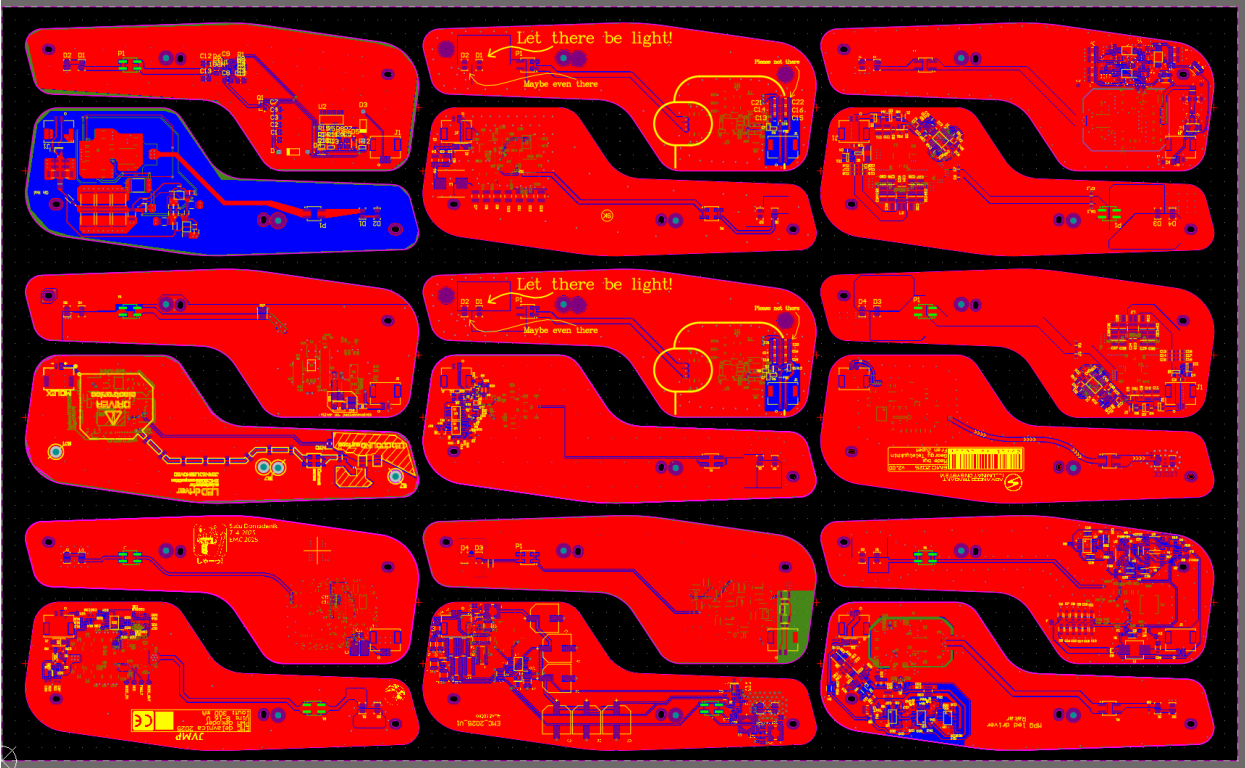
3. Konzultacije – PCB

18



18

4. Naročilo PCB in materiala



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

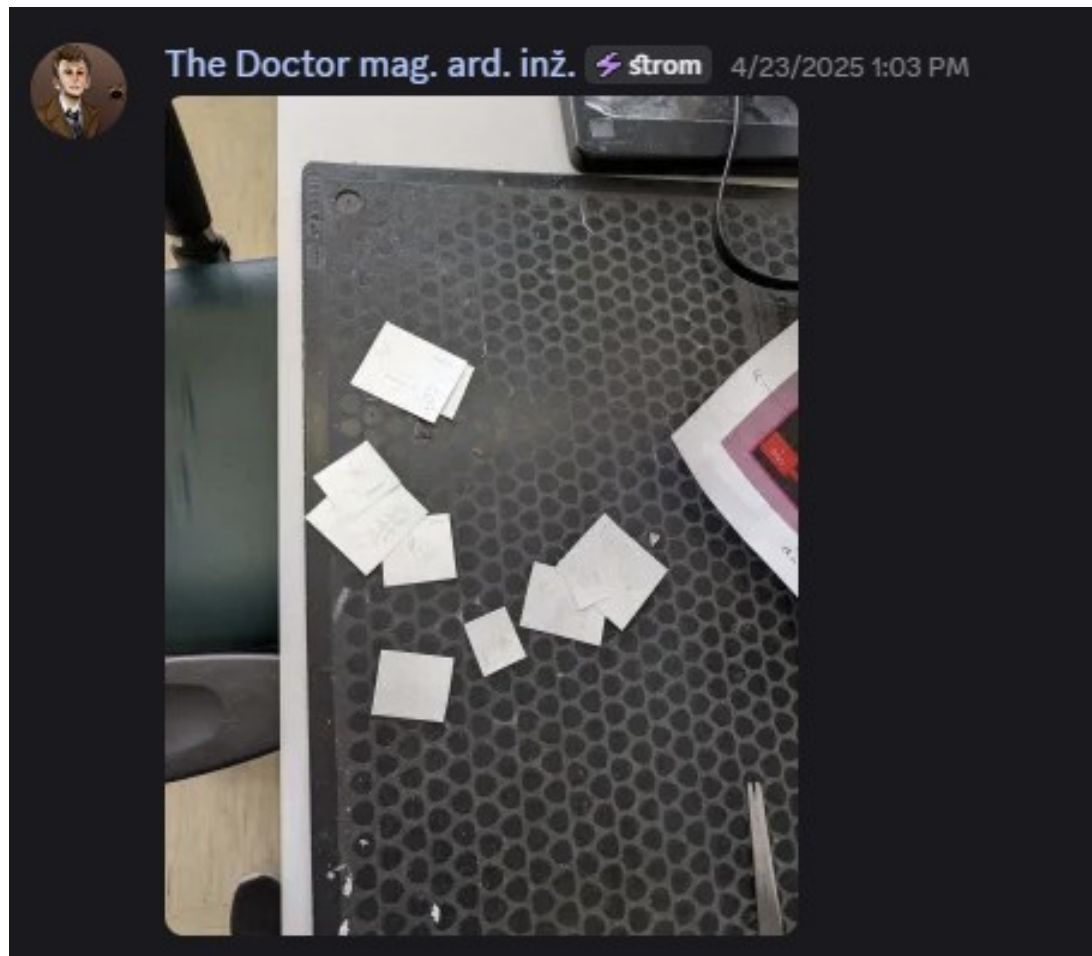
18



Spajkanje



Spajkanje



Spajkanje



Testiranje



Testiranje

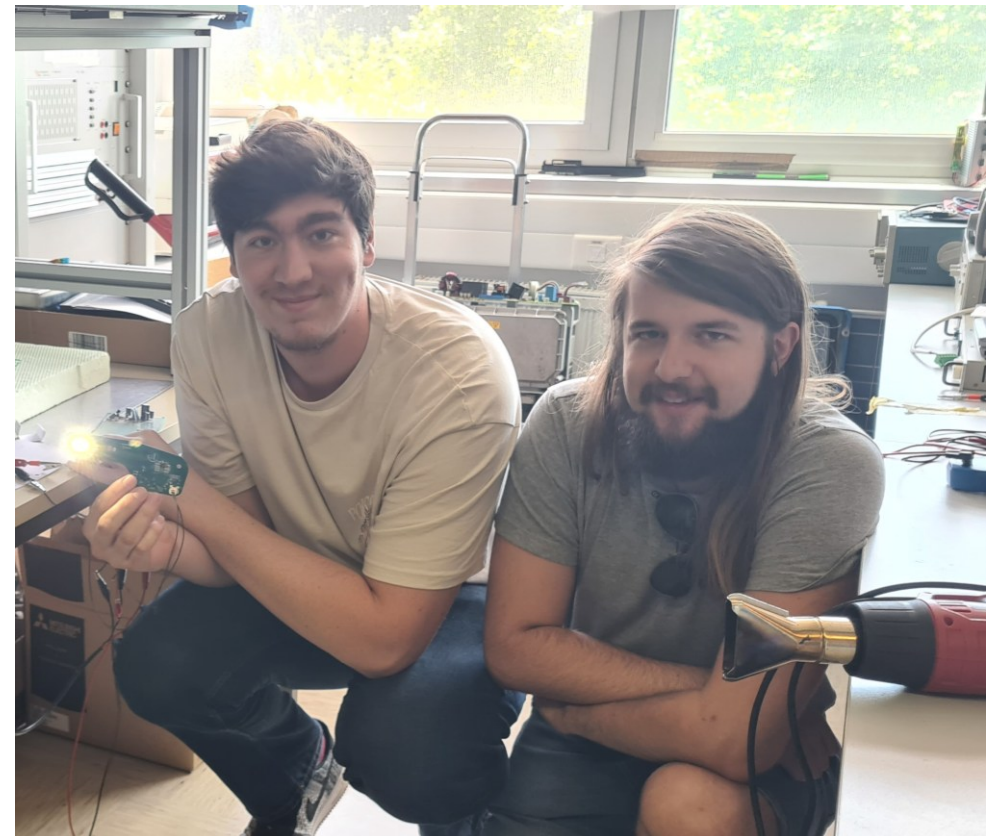
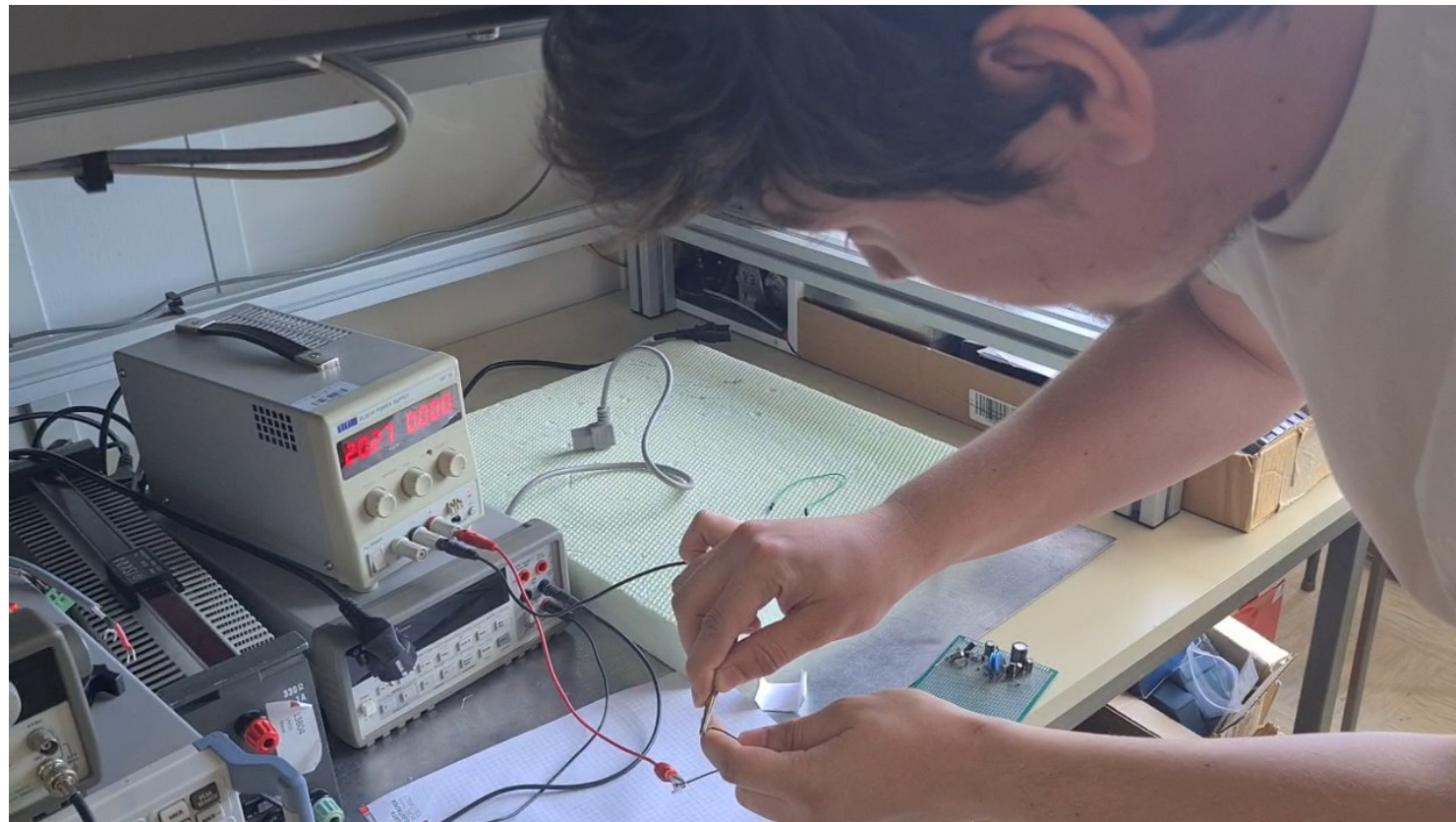


ctalkep4612 4/25/2025 10:46 PM

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

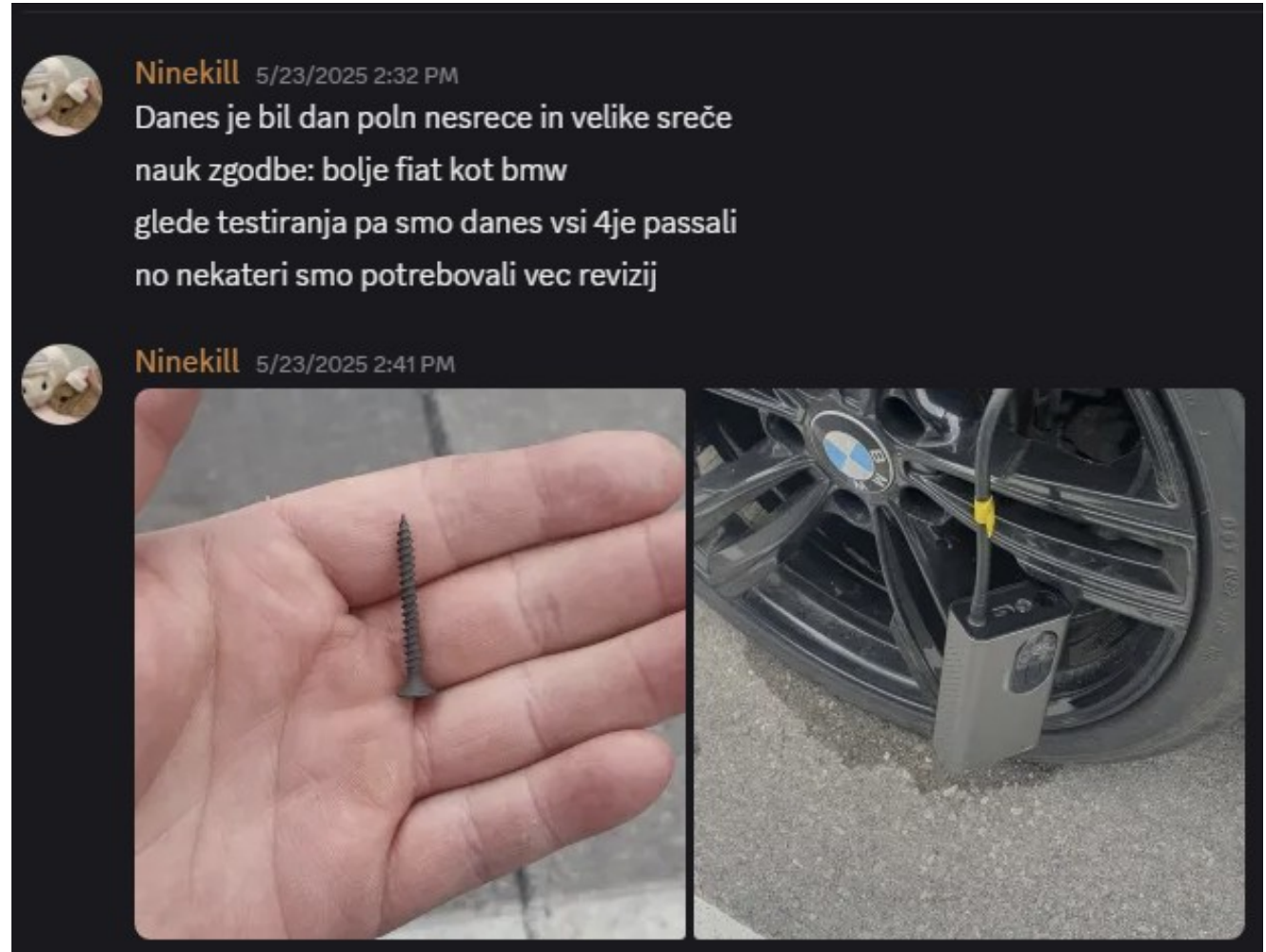


EMC preliminarne meritve



[illegible]

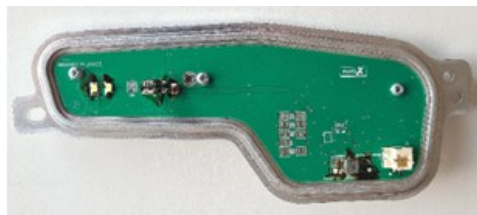
Testiranje na Forvia Hella Saturnus



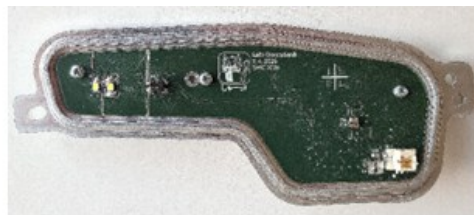
Oddaja



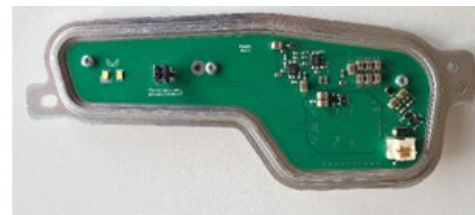
Oddani projekti



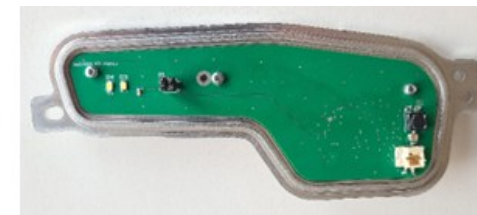
Debeljak



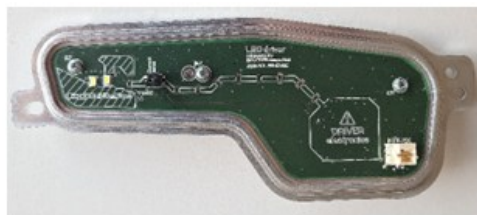
Domadenik



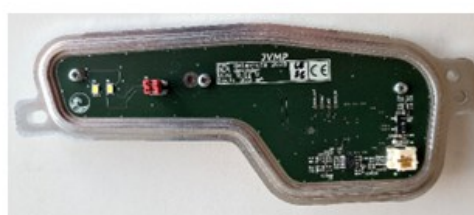
Krajnik



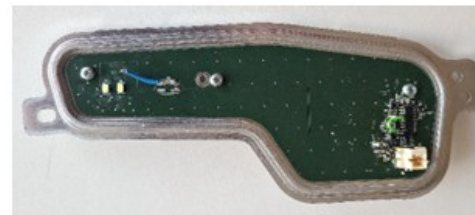
Peršolja



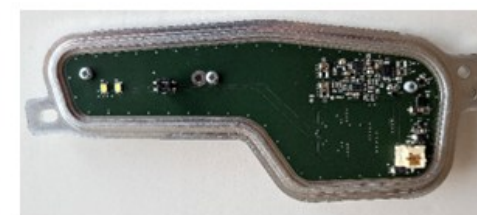
Leskovec



Meh Peer



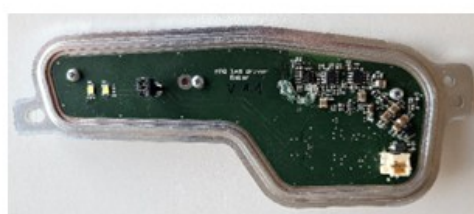
Pavlin



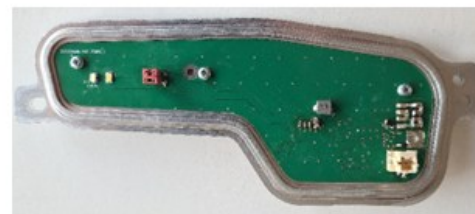
Plahuta



Papež



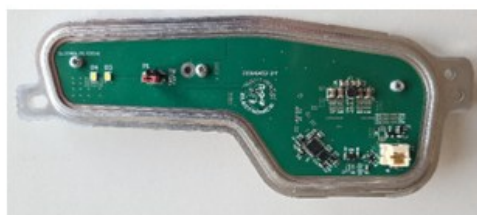
Rakar



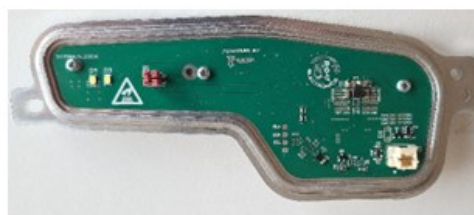
Kaurin



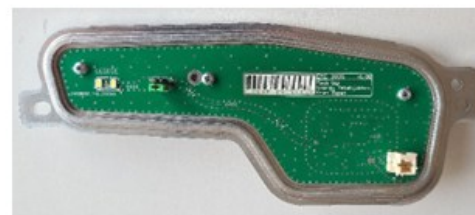
Peterle



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

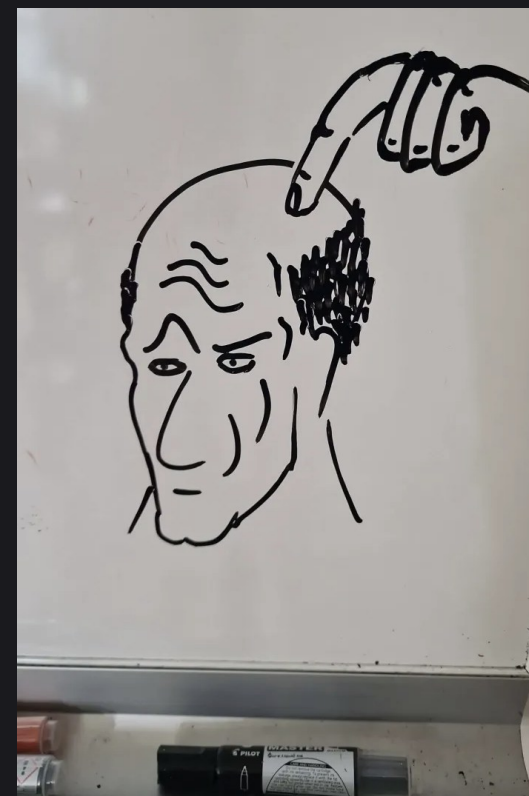


@Grega also a je to janša?



Ninekill 6/2/2025 3:25 PM

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



TEST IN PRODUCTION

WHAT COULD GO WRONG

Zaključek EMC delavnice



Rezultati testov

Osnovna funkcionalnost



PWM območje

Pri 80% vezje preklaplja med DRL in PO, (utripa med 77 in 80%). Pri prvem PWM pulzu (25 ali 45%, ko bi morale biti LED ugasnjene) LED poblinkajo, za tem pa se vezje ugasne.



Napetostno območje

Pri prvem PWM pulzu (25 ali 45%, ko bi morale biti LED ugasnjene) LED poblinkajo, za tem pa se vezje ugasne



Temperaturno območje

Pri prvem pulzu na 45% utripne, za tem ugasne



Obrnjena polariteta

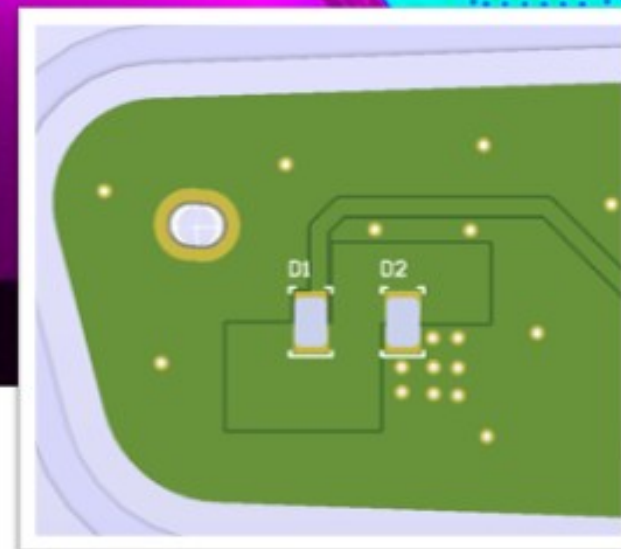
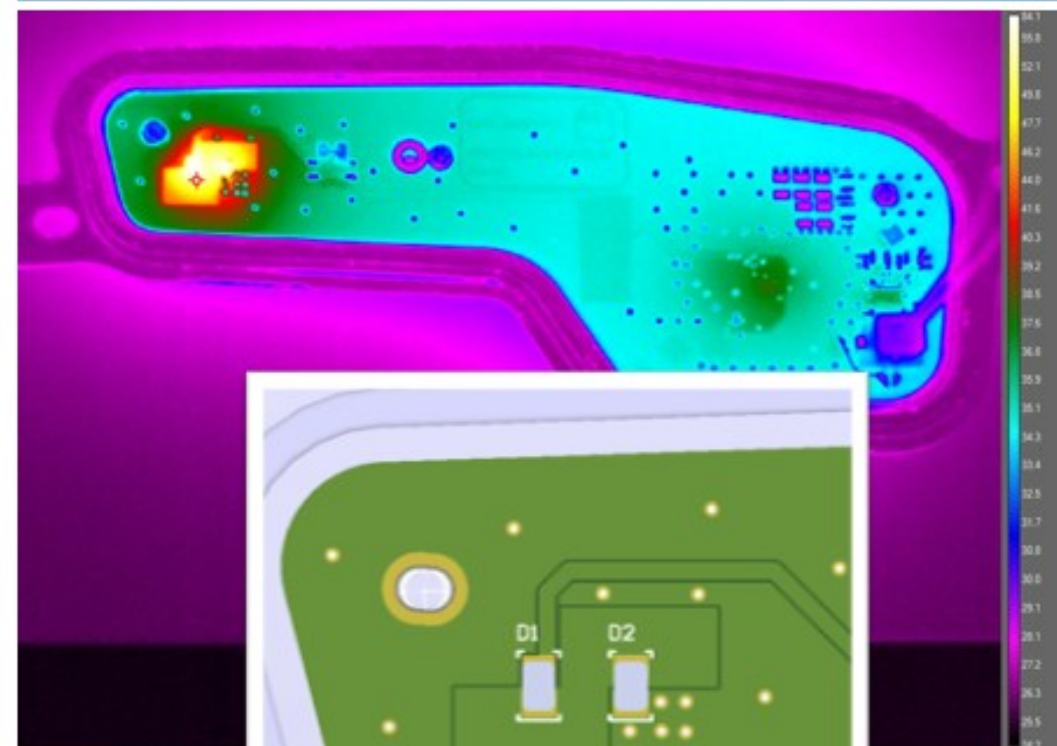


Izkoristek

U1 [V]	I1 [mA]	P1 [W]	U2 [V]	I2 [mA]	P2 [W]	Izkoristek
13.51	155	2.094	6.11	302	1.846	88

Temperaturna obremenitev:

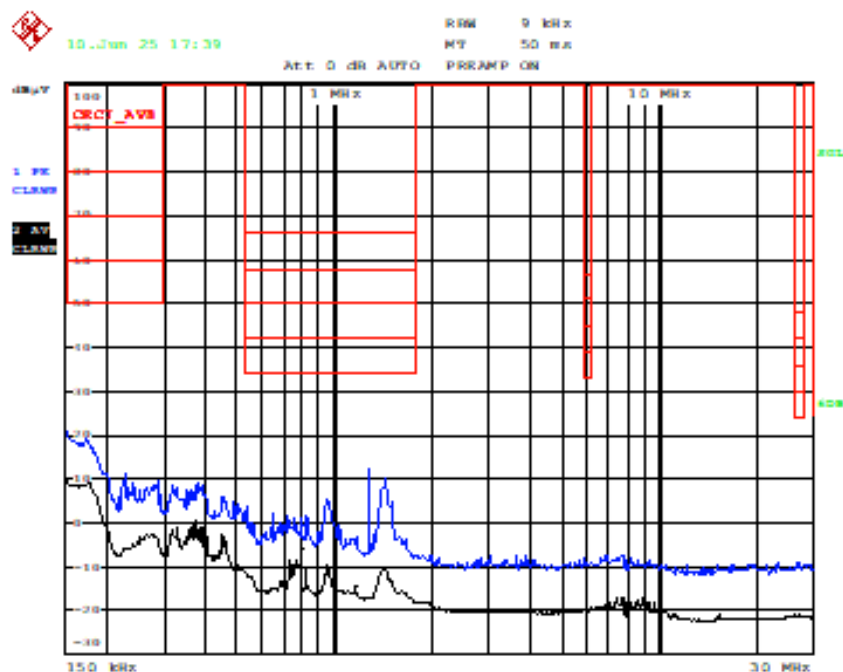
74.59 °C



Rezultati testov

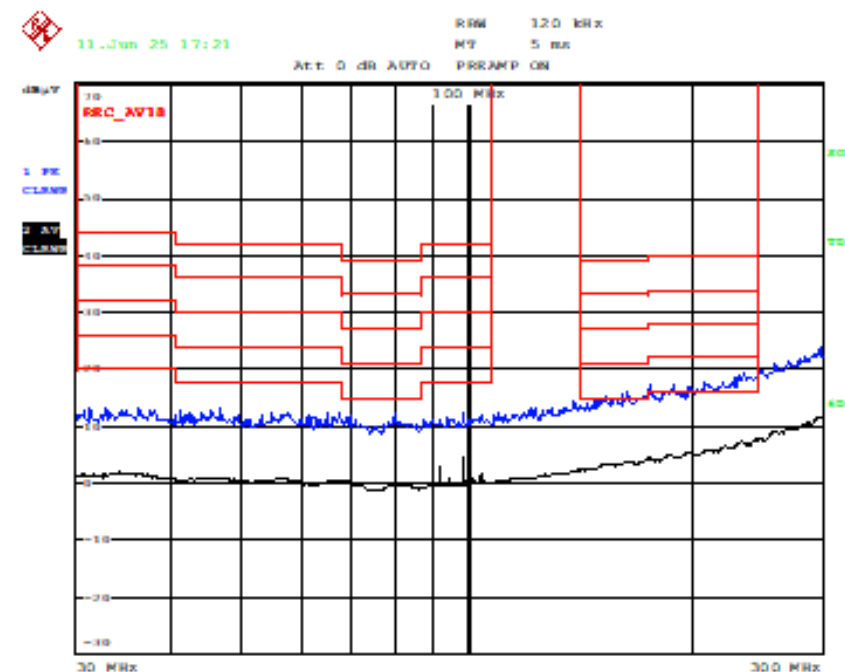
CE

5



RE

5



BCI

100 mA

A

RI

100 V/m H+V

A

Rezultati

Mes	Ime priimek	Funkc.	PWM	Napetost	Temperatura	Maks Temp	Reverse	Izkoristek	Delovanje	CE	RE	BCI	RI	EMC	Cena	Vsota točk
1	Luka Kavčič	20	30	30	30	10	10	10	140	40	40	40	40	160	-8.9	291.1
2	Žiga Pokovec, Jakob Zaplata	20	30	30	30	10	10	12	142	40	40	40	40	160	-13.9	288.1
3	Georgy Teleyukhin, Fran Zupet	20	30	30	30	10	10	8	138	40	40	40	40	160	-12.6	285.4
4	Jaša Vid Meh Peer	20	30	25	30	10	10	12	137	40	40	20	40	140	-12.6	264.4
5	Miha Peterle	0	30	30	30	10	10	2	112	40	40	40	40	160	-9.1	262.9
6	Sašo Domadenik	20	20	20	20	10	10	12	112	40	40	40	40	160	-9.9	262.1
7	Blaž Krajnik	20	30	30	30	10	10	6	136	40	40	40	40	160	-34.4	261.7
8	Aljaž Šturm	20	30	30	30	10	10	10	140	40	33	40	20	133	-13.8	259.2
9	Maj Pavlin	20	30	30	30	10	10	-24	106	40	40	40	40	160	-14.6	251.4
10	Jernej Leskovec	20	30	30	30	10	10	14	144	40	40	20	20	120	-14.6	249.4
11	Samo Debeljak	20	30	30	30	10	10	6	136	40	40	10	40	130	-17.8	248.2
12	Jože Papež	20	15	20	20	10	10	6	101	40	40	40	40	160	-17.3	243.7
13	Tilen Plahuta	20	20	20	20	10	10	8	108	40	40	40	40	160	-32.8	235.2
14	Simon Kaurin	0	30	30	30	10	10	4	114	40	40	10	40	130	-9.8	234.2
15	Jan Rakar	20	20	20	20	10	10	0	100	40	40	40	40	160	-33.3	226.7
16	Luka Peršolja	0	10	10	10	10	10	2	52	40	40	0	0	80	-22.3	109.7

Zmagovalec

Delovanje									EMC					
Funkc.	PWM	Napetost	Temperatura	Maks Temp	Reverse	Izkoristek	Delovanje	CE	RE	BCI	RI	EMC	Cena	
20	30	30	30	10	10	10	140	40	40	40	40	160	-8.9	



Vsota točk

291.1

Luka Kavčič – aka Grega



FE | Fakulteta za elektrotehniko



KOLEKTOR KOLEKTOR
KOLEKTOR KOLEKTOR KOLEKTOR
KOLEKTOR
KOLEKTOR

FOF A

AMITEH
Amiteh, merilni sistemi, d.o.o.

Jeta Vio Hreh Zavr
S. mesto

Sašo Dumadenik
S. mesto

Luka Kavčič
S. mesto
1500 € bruto
FORVIA

Žiga Polovšek
Jana Zupina
S. mesto

KOLEKTOR
600 EUR

Maj Pavlin
S. mesto
INSTRUMENTATION
TECHNOLOGIES

Načrtovanje elektronike za

$\epsilon =$ EMC²

študentska delavnica
in tekmovanje



FE

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za elektrotehniko



Laboratorij za fotovoltaike
in optoelektroniko



KC ČIP.SI
SLOVENSKI KOMPETENČNI
CENTER ZA ČIPE

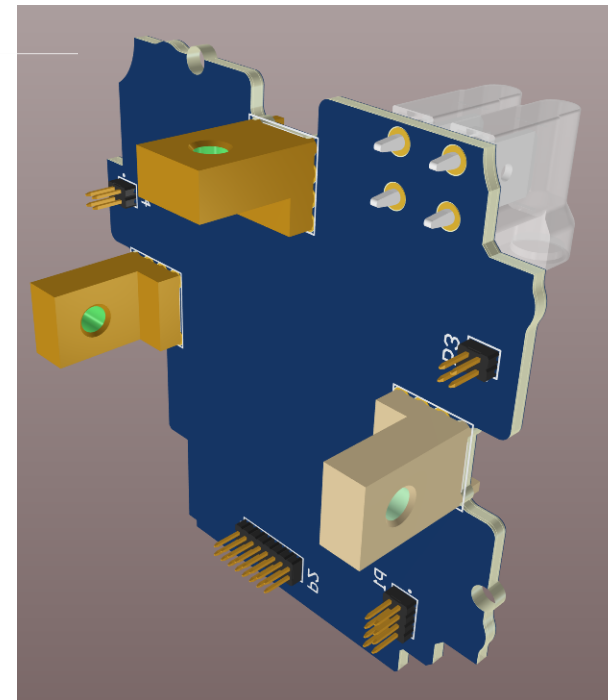
KOLEKTOR

Glavna nagrada 1500 €



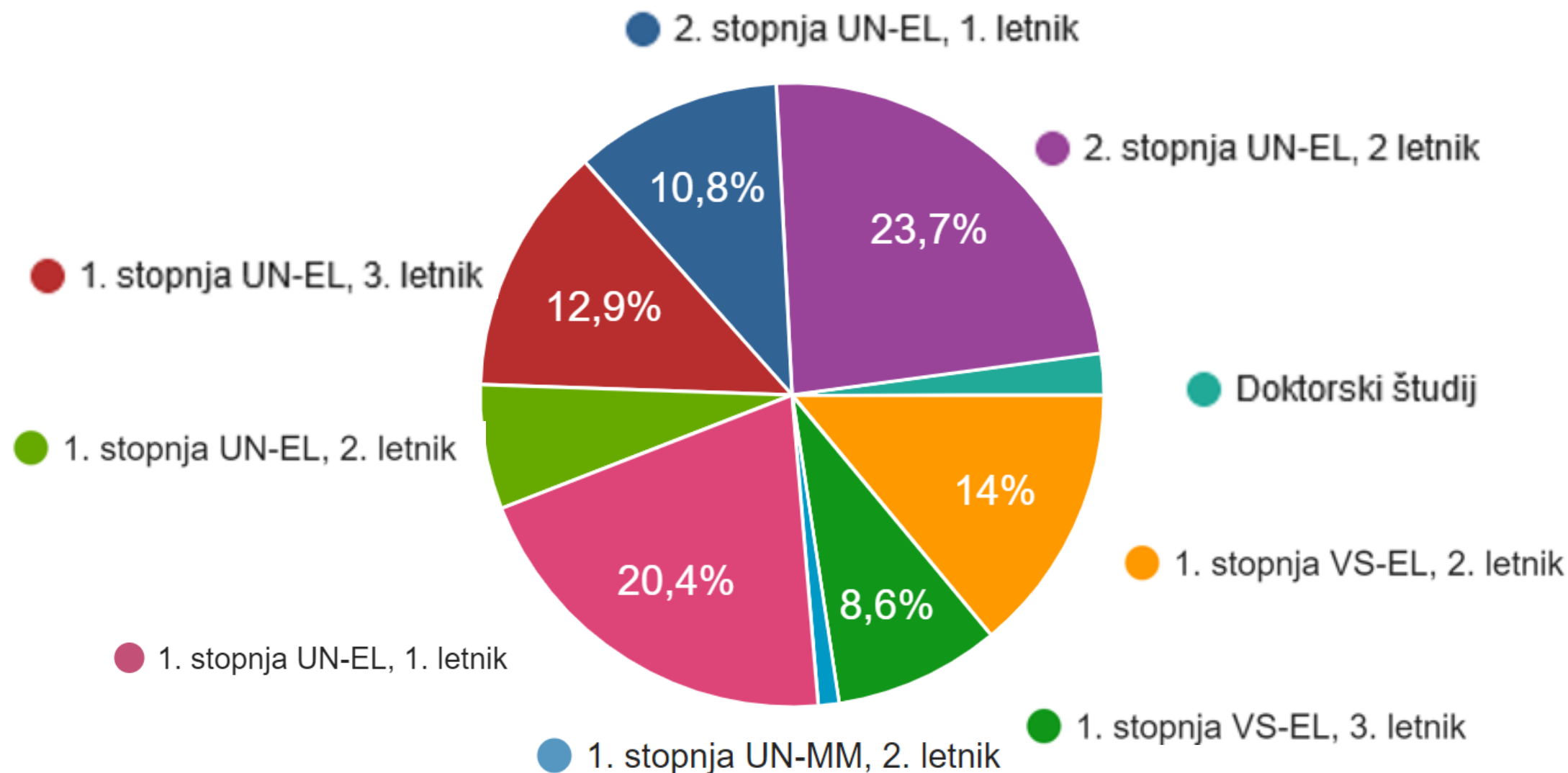
SELECT
CHANNEL
PARTNER

9. EMC delavnica 2026



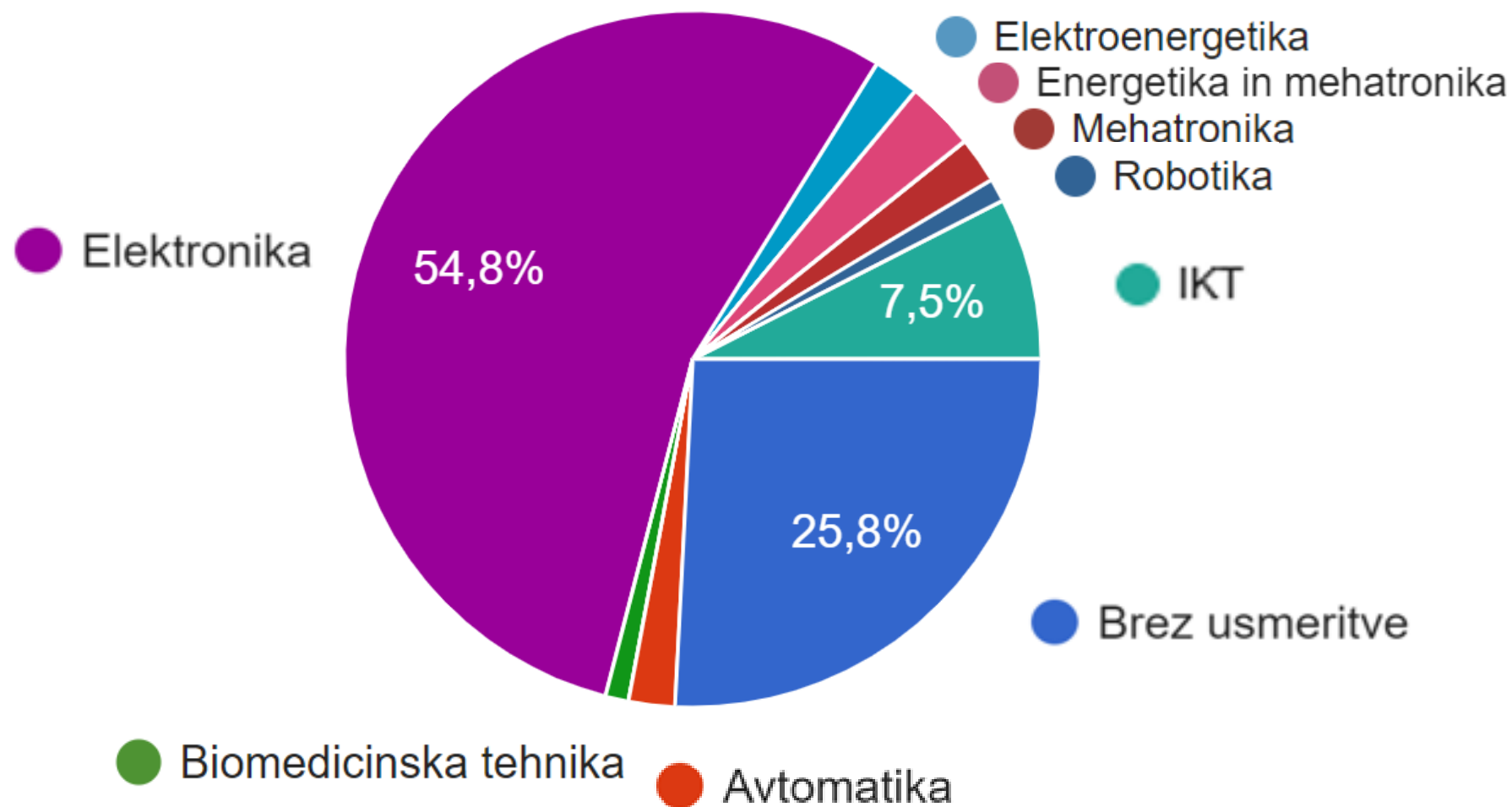
Študijski program

93 odgovorov



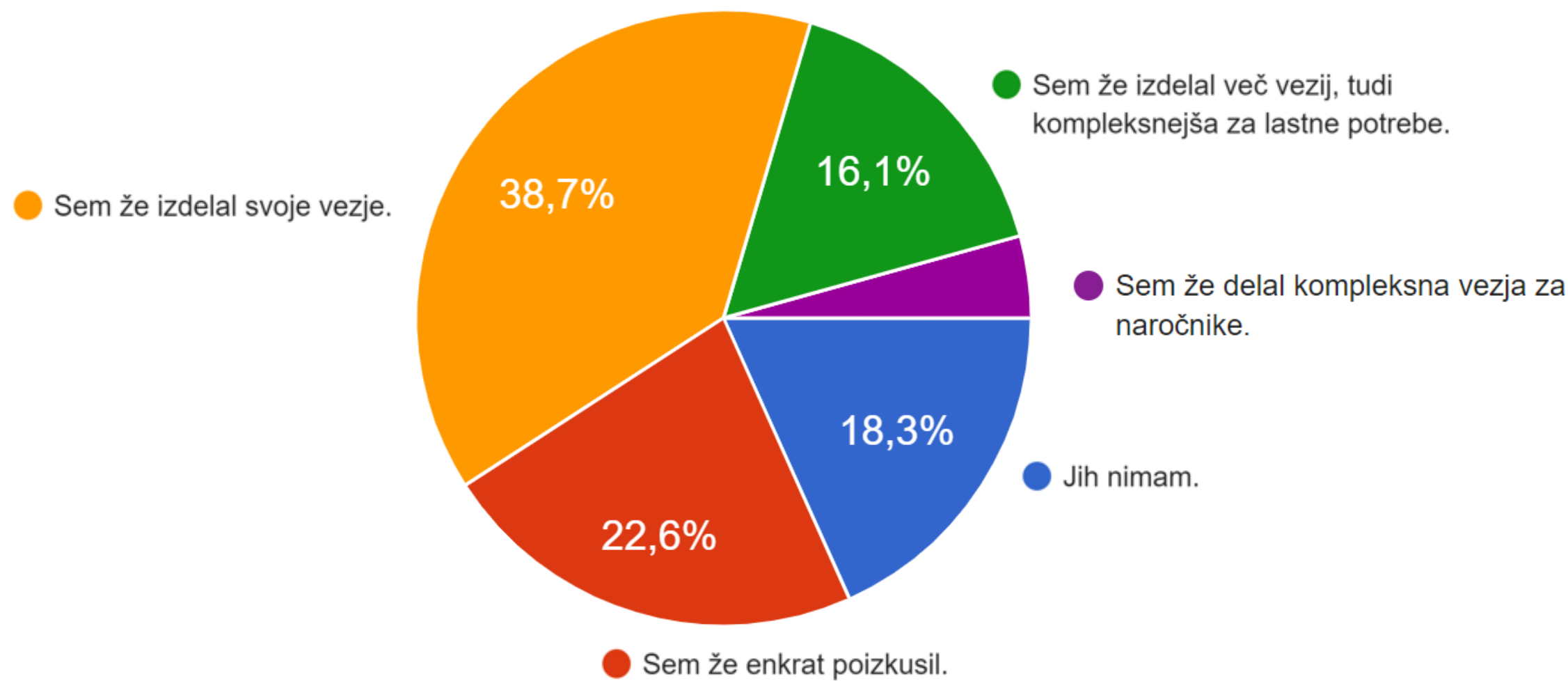
Smer študija

93 odgovorov



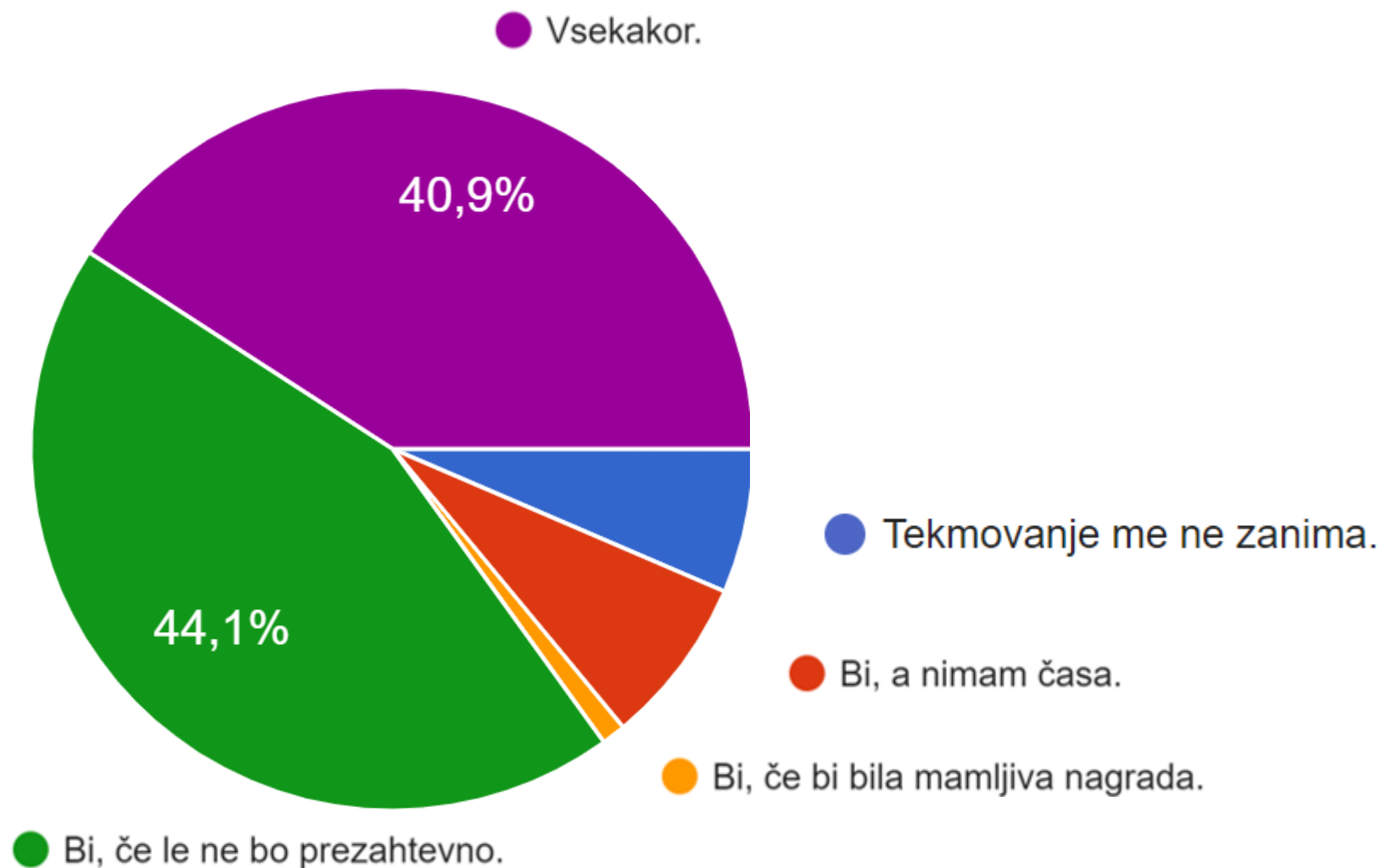
S koliko bi ocenili vaše izkušnje z načrtovanjem elektronskih vezij?

93 odgovorov

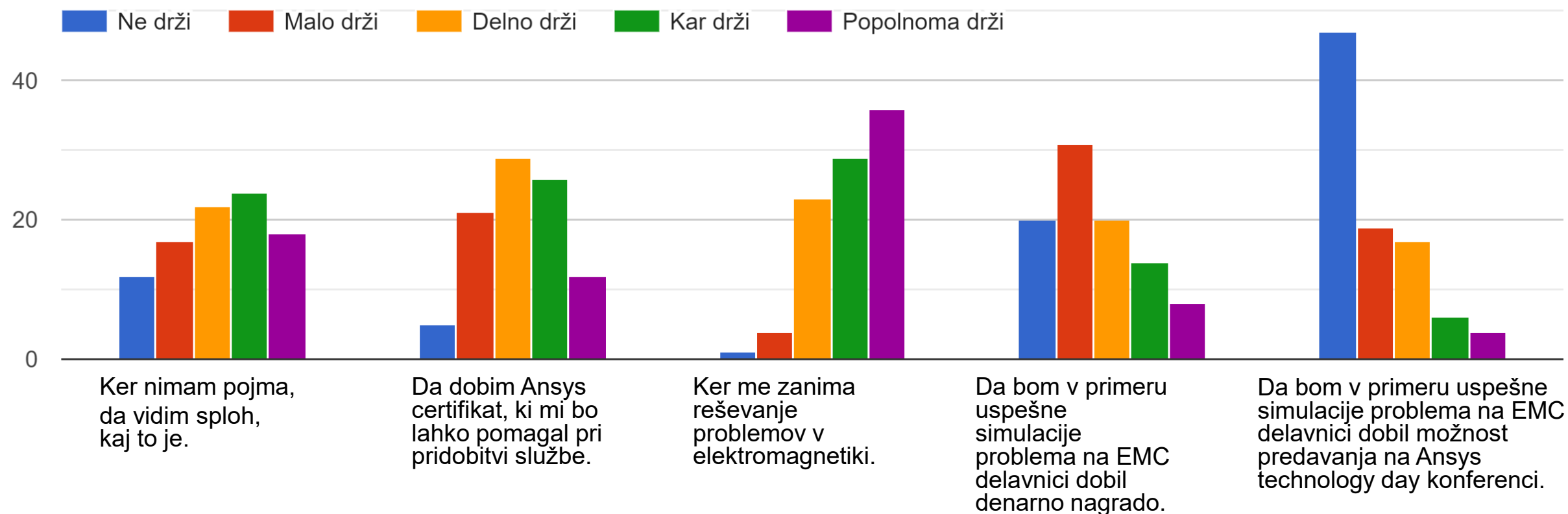


Ali bi sodelovali pri tekmovanju?

93 odgovorov



Čemu bi se aktivno udeležili 5-tedenskega (3 ure tedensko) online tečaja EMC simulacij s paketi Ansys?
Odgovore razvrsti po tem, koliko držijo, pri čemer izberi za...ceno. Torej 5 odgovorov in 5 različnih ocen, koliko držijo.



Komentar, predlogi.

5 odgovorov

Da bi preko delavnic dobili čim boljšo osnovo za dizajniranje vezji, ki so čim manj dovzetna za EM motnje...

Čim več predavanj, ki bi bila shranjena tudi za kasnejšen ogled.

Želel bi si, da bi bila delavnica primerna tudi za tiste, ki imamo nekoliko manj predznanja iz načrtovanja vezij (kljub temu pa lahko upoštevate, da je nekaj znanja iz osnov elektrotehnike še ostalo v glavi).

Sem bivši študent FE.

bil bi v paru z Matejem Knificem

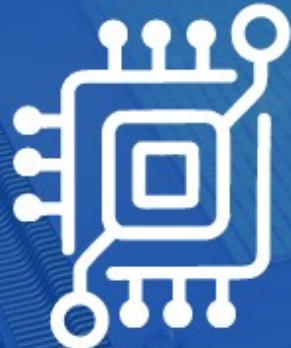
Nagrade

KOLEKTOR

Glavna nagrada 1500 €



SELECT
CHANNEL
PARTNER



KC ČIP.SI

SLOVENSKI KOMPETENČNI
CENTER ZA ČIPE

NAMEN

Kompetenčni center za čipe in polprevodniške tehnologije si prizadeva za krepitev **spretnosti**, vzpodbujati **razvoj** in **inovacije** na področju čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji.

UPORABNIKI

Podjetja, predvsem mala in srednje velika, zagonska podjetja, **raziskovalne ustanove in univerze** ter ostali zainteresirani deležniki na področju čipov in polprevodniških tehnologij.

STREBRI CENTRA

PROMOCIJA



SPRETNOSTI



TEHNOLOGIJE



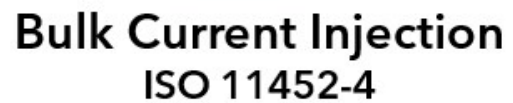
MREŽENJA



simtec

part of **Ansys**
SYNOPSYS®

SELECT
CHANNEL
PARTNER



Simulacije



ELECTRONICS

Basics of Electromagnetics

€330,00

🕒 1-2 HOURS

Ansys

[LOGIN TO CHECK AVAILABILITY ▶](#)

CERTIFICATION

COMPLETION
BADGE



[Login to Check Availability](#)

Predavanja/delavnice

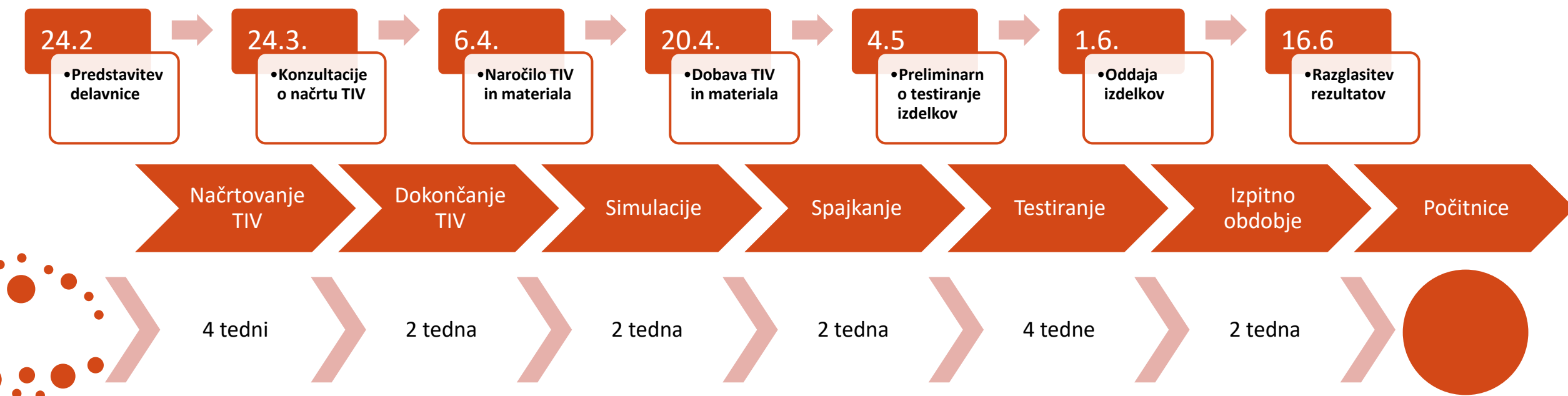
Datum	Aktivnost	Prostor
torek 24.2.	Predstavitev delavnice (Jankovec/Kavčič-Kolektor)	FE (P1)
torek 3.3.	Osnove EMC (Jankovec)	FE
torek 17.3.	Osnove elektromotorskih pogonov (Mandelj-GEM motors)	FE
torek 24.3.	Filtriranje (Jankovec)	FE
torek 31.3.	Merjenje EMC (Jankovec), uporaba Bode100 (Rus-Amiteh)	FE
torek 7.4.	Praktično načrtovanje filtrov (Jankovec/Koželjnik-WE)	FE

Ansys tečaj



Datum	Aktivnost	Prostor
četrtek 2.04.2026	Simtec in Ansys presentation EMC simulation workflow Installing Ansys and licence management	FE P1
četrtek 9.04.2026	Ansys HFSS training	Online
četrtek 16.04.2026	Ansys SiWave training	Online
četrtek 23.04.2026	Ansys EMC workflow	Online

Časovni plan tekmovanja



Informacije



web



Discord