
 <p>Univerza v Ljubljani Fakulteta za elektrotehniko</p>	Delavnica in tekmovanje Načrtovanje elektronike za EMC	Leto: 2024 Št.: 1.4 stran 1 of 19
<p>Predmet: Tekmovalni projekt</p> <p>Organizator: Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, Katedra za elektroniko, Laboratorij za Fotovoltaiko in optoelektroniko</p>		


Delavnica in tekmovanje

Načrtovanje elektronike za EMC 2024

 Univerza v Ljubljani Fakulteta za elektrotehniko	Načrtovanje elektronike za EMC	Leto: 2024
		Št.: 1.4
		stran 2 od 19

Verzija	Datum	Izdaja FE [Name/sign]	Odgovorna oseba [Name/sign]
1.0	05.04.2024	Prva verzija	P. Puhar
1.1	13.5.2024	Preureditev celotnega dokumenta	M. Jankovec
1.2	15.5.2024	Dopolnitev z detajli testiranja	L. Filipič, M. Jankovec
1.3	20.5.2024	Popravek meritve prevodnih motenj	M. Jankovec
1.4	3.7.2024	Popravek glede meritve porabe in regulacije UMBUS	M. Jankovec

1	Uvod	4
2	Načrtovalske zahteve izziva	5
	2.1 Funkcionalne zahteve	5
	2.2 Električne zahteve.....	6
	2.3 Izhodiščna shema	6
	2.4 Mehanske zahteve.....	7
3	Pogoji in potek tekmovanja	10
	3.1 Splošni pogoji.....	10
	3.2 Časovnica tekmovanja.....	10
	3.3 Shema naprave.....	11
	3.4 Tiskano vezje	11
	3.5 Funkcionalno testiranje naprave.....	11
	3.6 EMC testiranje odpornosti.....	12
	3.7 Varnostni testi	15
	3.8 EMC testiranje emisij.....	16
	3.9 Pregled BOM.....	18
	3.10 Ocenjevalni kriteriji.....	19

 Univerza v Ljubljani Fakulteta za elektrotehniko	Načrtovanje elektronike za EMC	Leto: 2024
		Št.: 1.4
		stran 4 od 19

1 Uvod

Elektromagnetna združljivost (EMC) je za vsakega razvijalca strojne in tudi programske opreme novega produkta pomemben izziv, s katerim se je treba spopasti v vseh fazah razvoja od prve ideje do končnega preizkušanja izdelka. Poleg teoretičnih osnov so zelo pomembne tudi praktične izkušnje, čemur je namenjen tudi izziv študentske delavnice in tekmovanja.

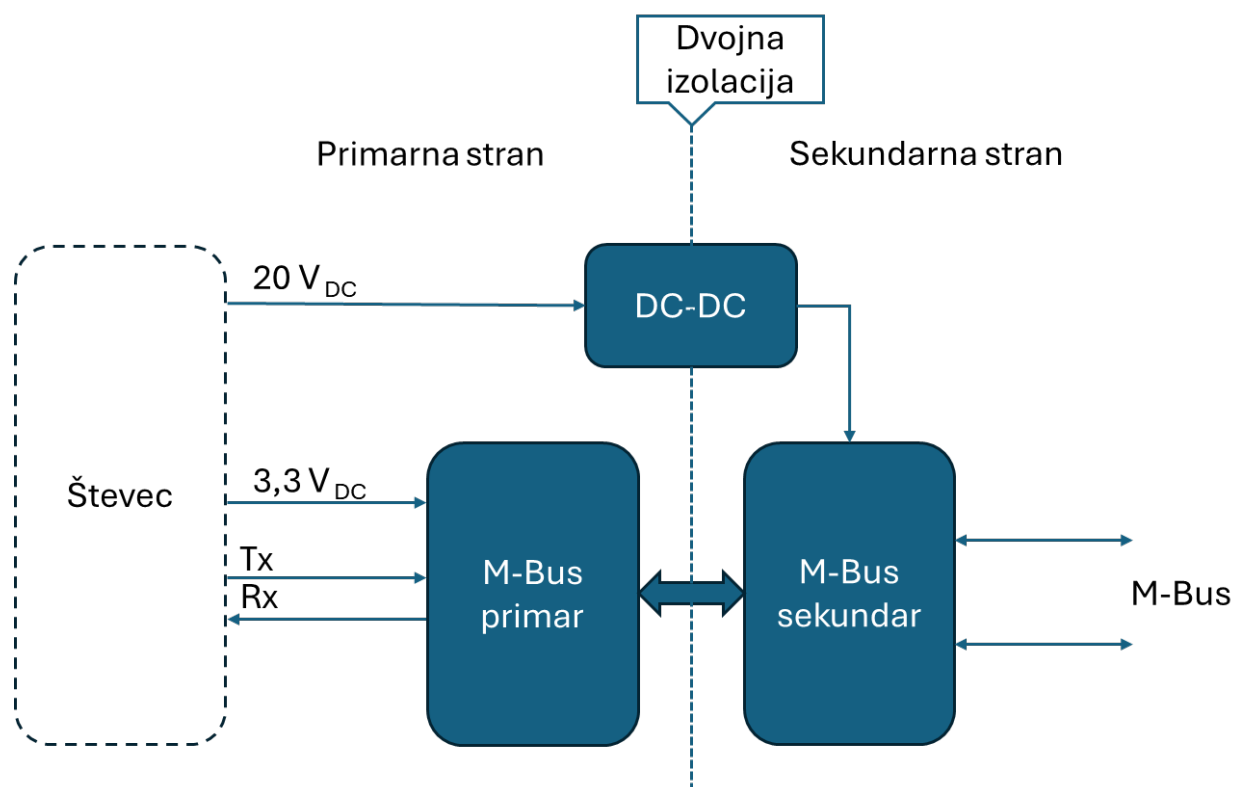
Dosedanji izzivi tekmovanja iz prejšnjih let so bili vsi iz področja močnostnih pretvornikov, kot so stikalni napajalniki in krmilniki za motorje. Vsem skupaj je bilo značilno to, da so bili v veliki meri potencialni viri elektromagnetnih motenj. Letošnji izziv pa je poleg načrtovanja tiskanega vezja stikalnega napajalnika (katerega shema in elementi so sicer že definirani) predvsem v načrtovanju M-Bus komunikacije (meter-bus, <https://m-bus.com/>), ki je v celoti prepuščeno tekmovalcu. Poudarek pri testiranju pa bo poleg funkcionalnosti in elektromagnetnih emisij predvsem imunost na zunanje elektromagnetne motnje.

Namen tega dokumenta je določiti nalogo projekta za študente UL FE, ki so se prijaviili na študentsko delavnico in tekmovanje "Načrtovanje elektronike za EMC 2024".

2 Načrtovalske zahteve izziva

Predmet tekmovanja je načrtovanje in izdelava žičnega M-Bus mini-master nadrejene naprave, prikazane na sliki spodaj. Izhod in vhod naprave morata biti med seboj **galvansko izolirana**. Napajalne napetosti primarne strani generira števec.

Vmesnik je potrebno načrtati glede na dano predlogo z upoštevanjem danih načrtovalskih zahtev. Uporabiti je potrebno predlagan napajalnik in druge predpisane komponente tako, kot je to podano v predlogi. Vsem, kar ni definirano od načina izvedbe, izbora komponent in ostalo se lahko izbira poljubno glede na lastno presojo. M-Bus predstavlja neoklopljen dvožilni kabel.



Slika 1: Blokovna shema predlagane M-Bus naprave

2.1 Funkcionalne zahteve

Končni produkt mora ustrezati standardu M-Bus za fizični nivo (<https://m-bus.com/>). Podpirati mora hitrost prenosa 2400 baud, **op**cijsko tudi in 9600 in nižje hitrosti do 300 baud, kar se dodatno točkuje. Produkt mora biti sposoben napajanja vsaj 4 podrejene naprave (Unit Load) po M-Bus specifikaciji.

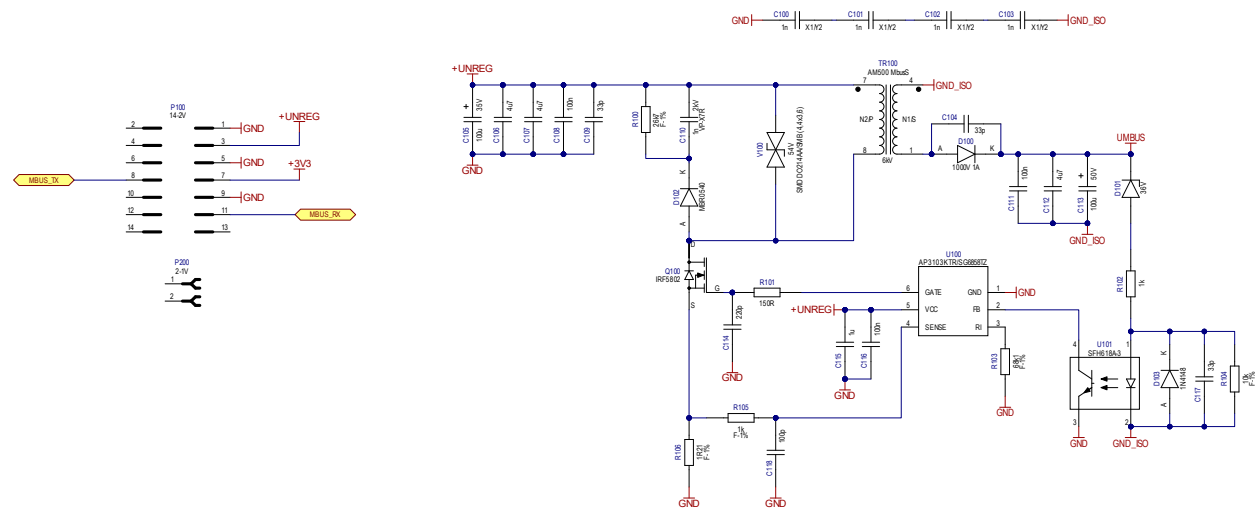
2.2 Električne zahteve

Lastnost	Vrednost	Opomba
UART	0 .. 3,3 V	Logični nivoju vmesnika UART; RX in TX (primarna stran)
UNREG	20 V +/- 1 V	Napajalna napetost naprave (primarna stran)
UMBUS	36 V +/- 1 V	Napajalna napetost na M-Bus vodilu (sekundarna stran)
3V3 DC	3,3 V +/- 0,1 V	Napajalna napetost za logiko (primarna stran)
M-Bus	Po standardu	M-Bus vmesnik (sekundarna stran)
Hitrost	2400-9600 baud	Če podpira še hitrosti do 300 baud, se točkuje dodatno.

Na voljo je osnovni Altium projekt, ki vsebuje izhodiščno shemo, mehanski načrt tiskanega vezja, pozicije izvrtin in priključkov ter ima definirana vse potrebna načrtovalska pravila.

2.3 Izhodiščna shema

Izhodiščna shema projekta je prikazana na sliki spodaj. V njej se nahaja kompletna shema stikalnega napajalnika, priključitev priključka za komunikacijo in napajanje s strani števcu (P100) in izhodne sponke za M-Bus (P200). Polariteto signala na sponkah za M-Bus lahko izberete poljubno, saj so naprave narejene tako, da polariteta ni pomembna.

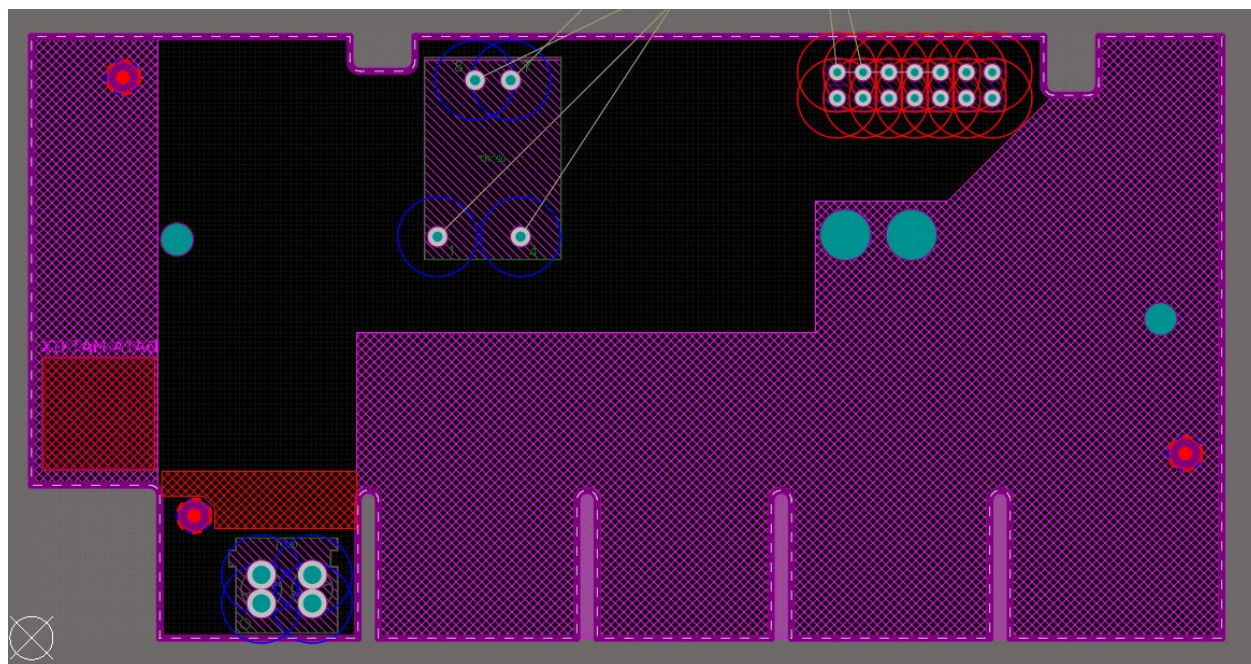


Slika 2: Izhodiščna shema projekta

2.4 Mehanske zahteve

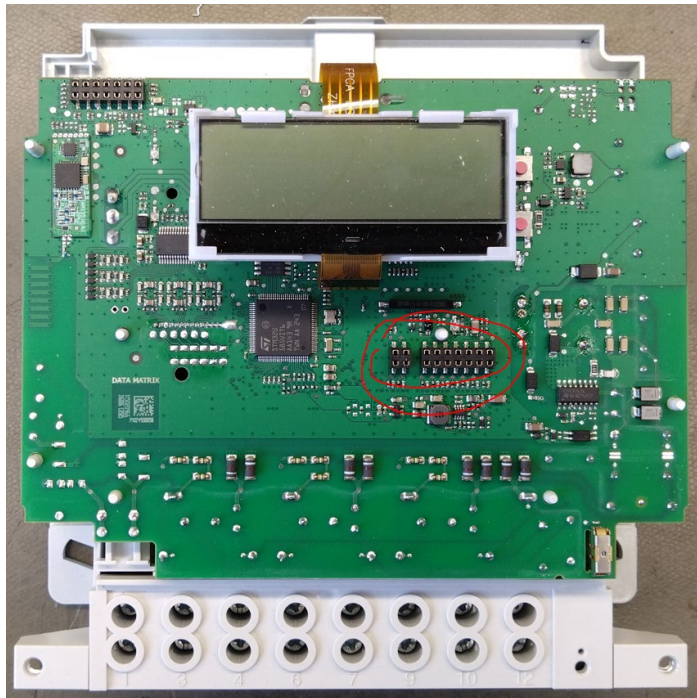
Vežje naj bo načrtano v skladu z danimi omejitvami tiskanega vezja (slika 3) z naslednjimi karakteristikami:

- **Tehnologija TIV:** dvoslojno vezje z vnaprej definirano obliko v Altium projektu
- **Vhodni konektor:** 2x7 letvica, raster 2,54 mm na definiranem mestu
- **Izhodne sponke:** 2-polne vijačne sponke, raster 5,08 mm na definiranem mestu
- **Keepout** - področje za vse M-BUS komponente in povezave
- **Proizvedljivost**
 - THT komponent samo zgoraj
 - SMD spodaj maksimalno 3 mm višine
 - SMD zgoraj neomejeno
- **Dizajn za proizvedljivost:**
 - SMD: Pretaljevalno spajkanje (reflow) brez lepljenja komponent
 - THT: Selektivno valno spajkanje z masko, brez ročnega spajkanja

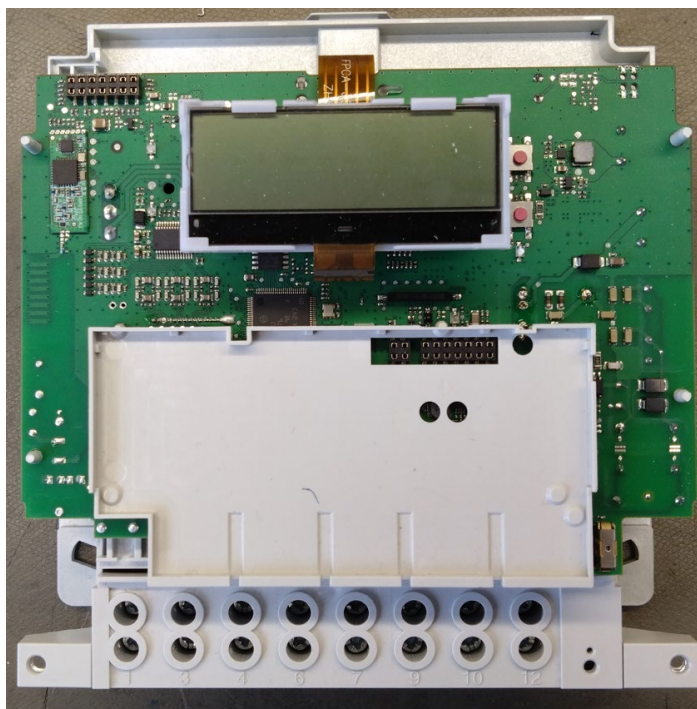


Slika 3: Izhodiščni načrt tiskanega vezja projekta

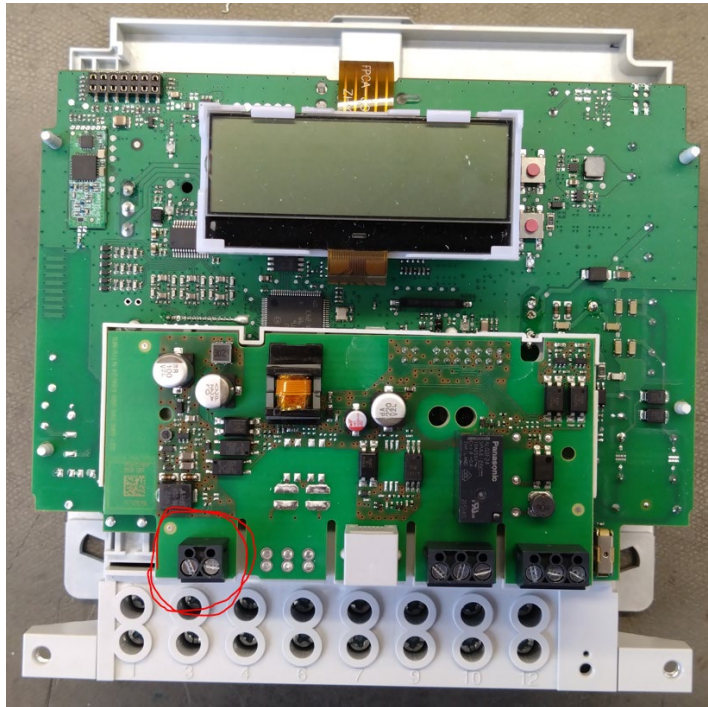
Ni dovoljeno premikati komponent, izvrtin in drugih objektov, vključno s keepout površinami, ki so že postavljene na načrtu tiskanega vezja in so zaklenjene. Tiskano vezje je namenjeno vgradnji v števec v vnaprej predvideno ležišče, ki se pokrije s plastičnim pokrovom, kot je prikazano na sledečih slikah.




Slika 4: Pogled na števec brez pokrova z označenim vhodnim konektorjem



Slika 5: Števec brez pokrova z nameščeno izolacijsko ploščo



Slika 6: Števec brez pokrova z nameščeno obstoječo IO ploščo in označenim konektorjem Mbus komunikacije

 Univerza v Ljubljani Fakulteta za elektrotehniko	Načrtovanje elektronike za EMC	Leto: 2024
		Št.: 1.4
		stran 10 od 19

3 Pogoji in potek tekmovanja


3.1 Splošni pogoji

- Udeleženci tekmovanja so študentje ali absolventi UL FE
- Posamezen študent ali ekipa dveh študentov prevzame celotno nalogo in jo izvede z minimalno podporo.
- Poseben poudarek projekta, ki je predmet tekmovanja, je na:
 - Izbiri ustreznih elektronskih komponent in izračunu njihovih vrednosti.
 - Simulaciji vezja in dopolnitvi osnovne sheme z vsemi potrebnimi komponentami.
 - Načrtovanju tiskanega vezja na osnovi dane predloge.
 - Izdelavi tiskanega vezja.
 - Testiranju naprave in implementaciji izboljšav.
- Potrebna oprema bo na voljo na UL FE ali v Iskraemeco po dogovoru.
- Prototipe tiskanin bo izdelalo podjetje Intectiv v obliki dvostranskega vezja na osnovi FR-4 laminata.
- Komponente bodo iz svojega nabora zalog nudili sponzorji tekmovanja, ostalo je na voljo v LPVO ali pa si jih kupi naroči vsaka tekmovalna ekipa sama.
- Ocenjuje se funkcionalnost, elektromagnetna skladnost in cena izdelka.
- Končna rešitev se preveri v gospodinjstvem pametnem električnem števcu zadnje generacije Iskraemeco IE.5-ED1.
- Ocenjevali bomo izdelke, oddane do roka oddaje, to je 2.9.2024
- Ob oddaji bo potrebno oddati tudi Altium Designer projekt z vsemi datotekami in seznam komponent (BOM) s vsemi podatki in cenami po predlogi
- Izdelke se bo ocenjevalo zgolj na podlagi merljivih rezultatov testiranja, navedenih v nadaljevanju tega poglavja

3.2 Časovnica tekmovanja

Časovni okvir dela je maj – oktober 2024. Delavnica sama je sestavljena iz nekaj specializiranih delavnic in predavanj v maju, potem pa sledijo časovni mejniki, kjer se bodo vršila preverjanja posameznih faz projekta:

- 10-13.6. Renesas: Pregled dizajna GreenPak.
- 2.7. Iskraemeco in FE: Pregled sheme
- 16.7. Iskraemeco in FE: Pregled PCB
- 22.7. Intectiv: Oddaja PCB za izdelavo
- 5.8. Intectiv: Dobava izdelanih PCB
- 20.8. Iskraemeco in FE: Preliminarno funkcionalno testiranje
- **2.9. FE: Oddaja izdelkov**

 Univerza v Ljubljani Fakulteta za elektrotehniko	Načrtovanje elektronike za EMC	Leto: 2024
		Št.: 1.4
		stran 11 od 19

- **3.10. MIDEM: EMC workshop, predstavitve projektov na popoldanski študentski sekciji, razglasitev rezultatov in podelitev nagrad.**

Doseganje časovnih mejnikov za samo tekmovanje ni obvezno, je pa priporočljivo, saj bodo takrat na voljo strokovnjaki za povratne informacije. Posamezna ekipa lahko sicer vodi projekt neodvisno s tem, da mora oddati končni projekt do roka, **to je 2.9.2024**, da bo na voljo dovolj časa za testiranje oddanih projektov in da bodo rezultati na voljo do zaključka **3.10.2024**

3.3 Shema naprave

Določiti je potrebno shemo M-Bus master naprave z določenimi vrednosti in tipi komponent glede na načrtovalske zahteve in dane mejne vrednosti EMC.

Pri načrtovanju sheme se je potrebno obvezno držati naslednjih zahtev, sicer projekt ne bo vključen v končno ocenjevanje:

1. Tip in razpored signalov na vhodnem in izhodnem priključku morajo ustrezati dani Altium predlogi
2. Shema in nabor komponent stikalnega napajalnika morajo ustrezati dani predlogi
3. Sama rešitev izvedbe M-Bus master vezja je prepuščena posamezni tekmovalni ekipi, dokler uporabijo na trgu dobavljive komponente. Posamezne sklope lahko izvedejo v analogni ali digitalni obliki, uporabijo lahko Renesas GreenPak, ni pa to pogoj, niti se sama izbira komponent posebej ne točkuje ali preferira kateregakoli proizvajalca komponent.

3.4 Tiskano vezje


Vaša naloga je načrtati tiskano vezje po predlogi. Pri tem se je potrebno obvezno držati naslednjih zahtev, sicer projekt ne bo vključen v končno ocenjevanje:

1. Vezje naj se sestoji iz ene dvostranske tiskanine, ki vključuje vhodni in izhodni priključek.
2. Oblika tiskanine, pozicije montažnih lukenj in priključkov so fiksne, kot je to definirano v Altium predlogi.
3. Vse komponente morajo biti znotraj področja, označenega na keepout plasti.
4. Potrebno se je držati načrtovalskih pravil, določenih v tem dokumentu in Altium predlogi.

3.5 Funkcionalno testiranje naprave

Za testiranje bodo tekmovalcem na voljo testne postavitve za funkcionalno testiranje naprav, sestavljene iz:

- M-Bus podrejene naprave z avtomatsko prilagoditvijo na hitrost komunikacije.
- Testni števec
- Software paket za komunikacijo

 Univerza v Ljubljani Fakulteta za elektrotehniko	Načrtovanje elektronike za EMC	Leto: 2024
		Št.: 1.4
		stran 12 od 19

Funkcionalno testiranje se bo izvajalo pri zgornji meji nazivne napajalne napetosti, to je 21V. Za uspešno opravljen test se šteje, če je število izgubljenih okvirjev sporočil manjše 20 ali manj od 1000 poslanih okvirjev, torej manj kot 2% izgubljeni okvirjev sporočil.

Zajemalo bo štiri scenarije:

1. Testiranje različnih hitrosti komunikacije, kjer bo na vmesnik priključena ena M-Bus podrejena naprava z avtomatsko prilagoditvijo na hitrost komunikacije.
2. Testiranje s štirimi priključenimi podrejenimi napravami pri fiksno določeni hitrosti komunikacije 2400 baud.
3. Merjenje porabe vezja na obeh vlohah 3,3V in 20V pri priključeni eni podrejeni M-Bus napravi med testno komunikacijo pri hitrosti 2400 baud in v stanju mirovanja. Poraba podrejene M-Bus naprave se bo odštela od rezultata. Končna poraba se bo izračunala kot povprečna poraba vezja pri predpostavki 1% delovnega cikla komunikacije.
4. Temperaturno testiranje delovanja naprave pri hitrosti 2400 baud pri -40°C in $+70^{\circ}\text{C}$ pri priključenih eni podrejeni M-Bus napravi.

3.6 EMC testiranje odpornosti

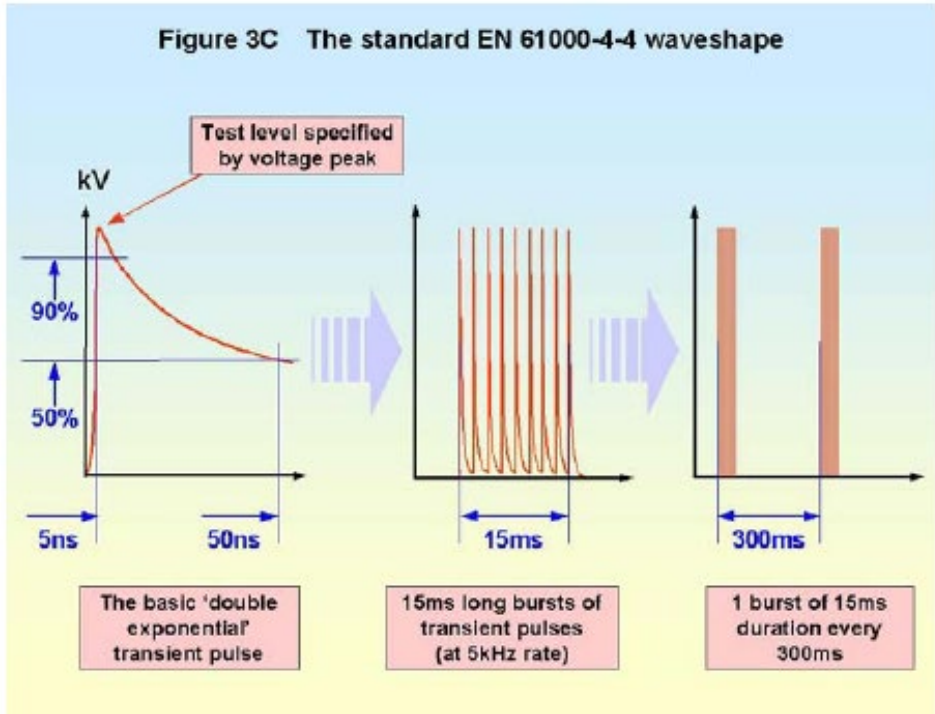
EMC testi odpornosti na zunanje motnje se bodo izvedli na Iskraemeco po naslednjih kriterijih:

- A) komunikacije deluje ves čas, tudi med motnjo
- B) komunikacija deluje pred in po motnji, med motnjo pa pade
- C) komunikacija deluje pred motnjo, po motnji pa se ne vzpostavi

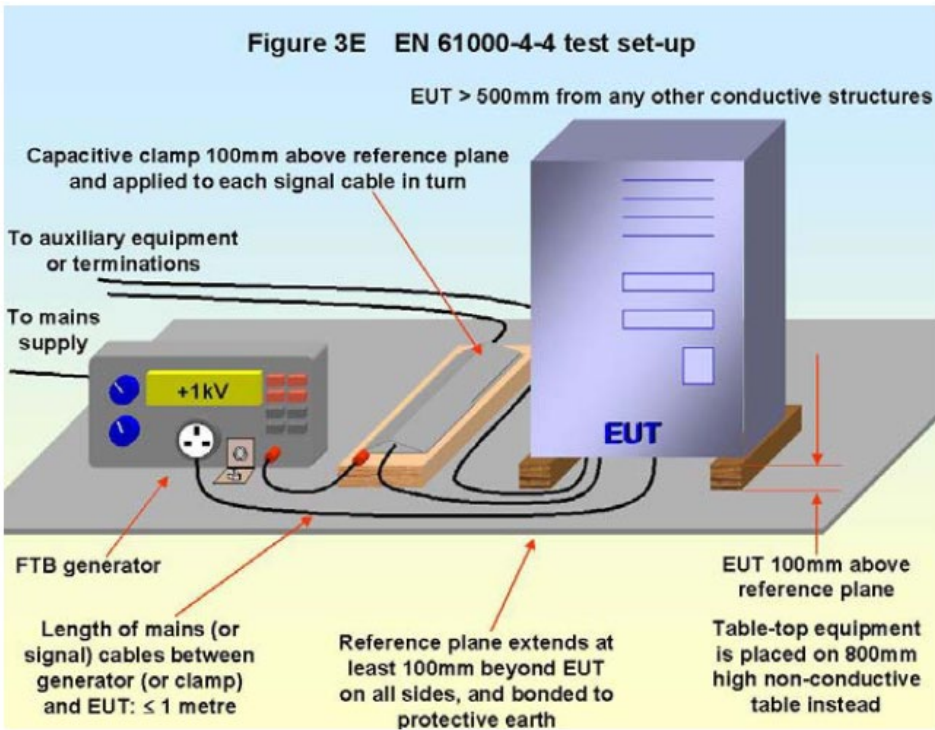
3.6.1 Burst test (FTB)

Test FTB – Fast transient bursts po standardu IEC 61000-4-4: 2012, kjer se preverja odpornost na hitre preklope močnostnih tokov med komunikacijo.

- Testira se s pomočjo burst generatorja in kapacitivnega sklopnika v M-Bus vodilo (kapacitivne sklopne klešče dolžine 1m)
- Nivo burst signala 1kV peak, kriterij delovanja B (nemoteno delovanje pred in po testu)



Slika 7: Oblika burst signala



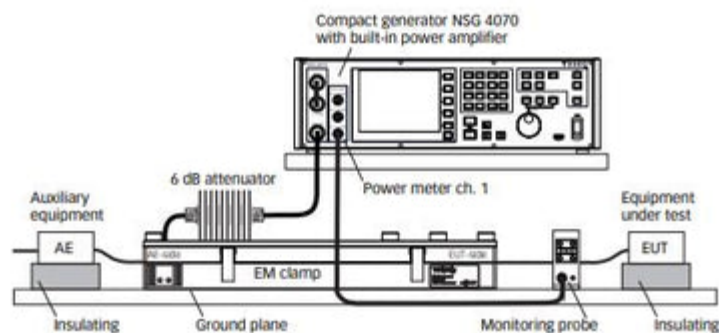
Slika 8: Testna postavitev

3.6.2 Test prevodnih motenj, vsiljenih prek RF magnetnega polja

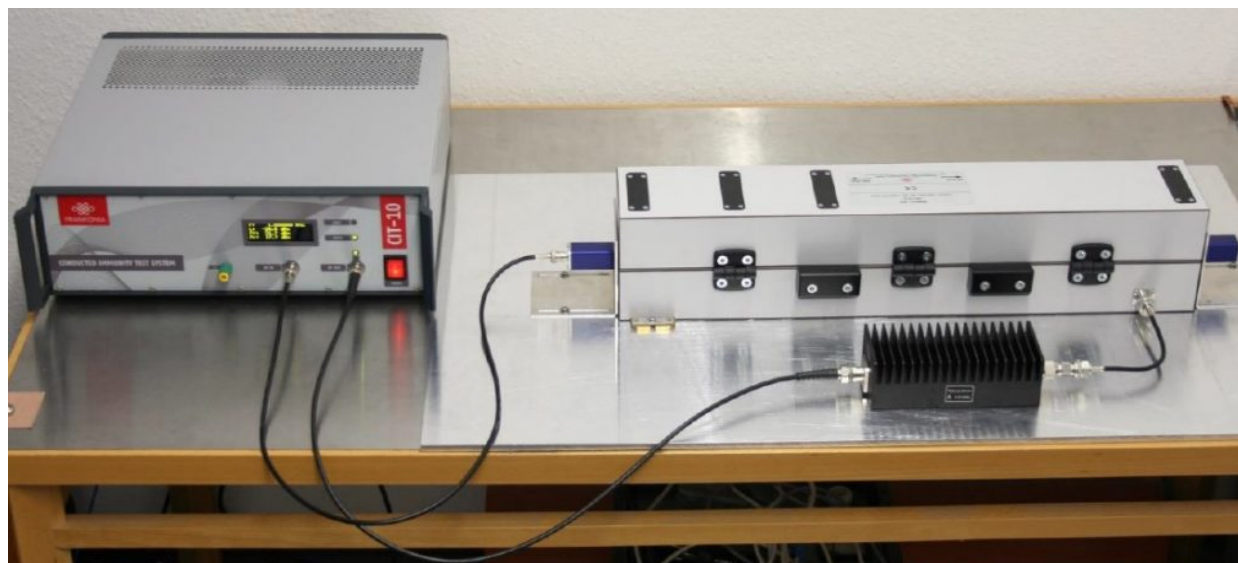
Test vsiljenih RF motenj po standardu IEC 61000-4-6: 2013, kjer se preverja odpornost na visoke frekvence ki se inducirajo v komunikacijski liniji med komunikacijo.

- Motnja se vsiljuje preko EM sklopnika, to je magnetni sklopnik preko katerega se vriva visokofrekvenčno magnetno polje motnje preko indukcije direktno v kabel
- Nivo motnje 10V, frekvenčni razpon motnje 150 kHz do 80 MHz
- Kriterij preverjanja A (delovanje med motnjo)

Application for IEC/EN 61000-4-6, EUT set-up with EM clamp or current injection probe and for example with use of a monitoring probe



Slika 9: Testna postavitve



Slika 10: Testna postavitve

3.6.3 Test naprave na odpornost na RF elektromagnetno polje

Test delovanja naprave v RF polju po IEC 61000-4-20: 2010. Meritev se izvaja na enakem merilnem sestavu kot se izvajajo meritve sevalnih motenj.

- Področje meritve je od 80 MHz do 1 GHz
- Meritev je izvedena v dveh nivojih 10 V/m, kriterij A (normalno delovanje)
- Meritev z nivojem 30 V/m, kriterij B (delovanje pred in po testu)

3.7 Varnostni testi

3.7.1 Impulse voltage test

Impulse voltage test po standardu IEC 61000-4-6: 2013

- S testom se preveri izolacijo med primarnim in sekundarnim delom vezja. Zahteva za to izolacijo je dvojna ali ojačana izolacija.
- Testira se signalom oblike 1,2/50us, vršne vrednosti 6kV, 6 impulzov/minuto, trajanje testa 1 minuta za pozitivno polariteto in 1 minuta za negativno polariteto. Med testom števec ne deluje. Vsi visokonapetostni tokokrogi so povezani skupaj, vsi nizkonapetostni tokokrog so povezani skupaj in ozemljeni. Test se izvaja med visokonapetostnim delom in zemljo.

3.7.2 Pregled varnostnih razdalj

Plazilne in zračne razdalje se pregleduje ročno ali s CAD programom. Razdalje morajo biti v skladu s standardom EN50470. Osnovni podatki za razdalje med tokokrogi števca in komunikacijskimi tokokrogi so podani v spodnji tabeli. Zahteve pomembne za to nalogo so označene.

Table 5 – Clearances and creepage distances for insulating encased meter of protective class II

Voltage phase to earth derived from rated system voltage V	Rated impulse voltage V	Minimum clearances		Minimum creepage distance	
		Indoor meter mm	Outdoor meter mm	Indoor meter mm	Outdoor meter mm
≤ 100	2 500	1,5	1,5	2,0	3,2
≤ 150	4 000	3,0	3,0	3,2	5,0
≤ 300	6 000	5,5	5,5	6,3	10,0
≤ 600	8 000	8,0	8,0	12,5	20,0

Slika 11: Varnostne razdalje

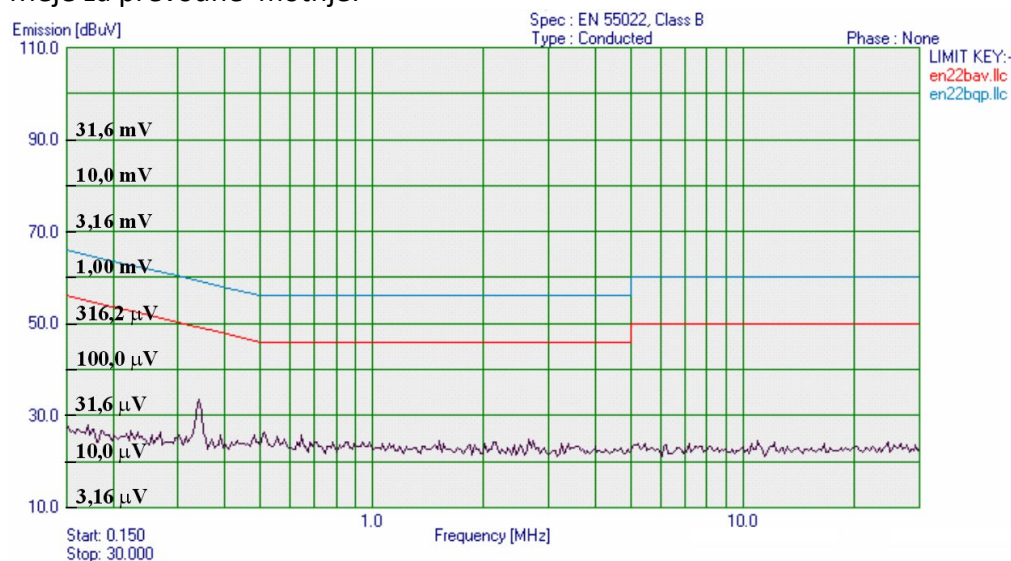
3.8 EMC testiranje emisij

3.8.1 Prevodne emisije

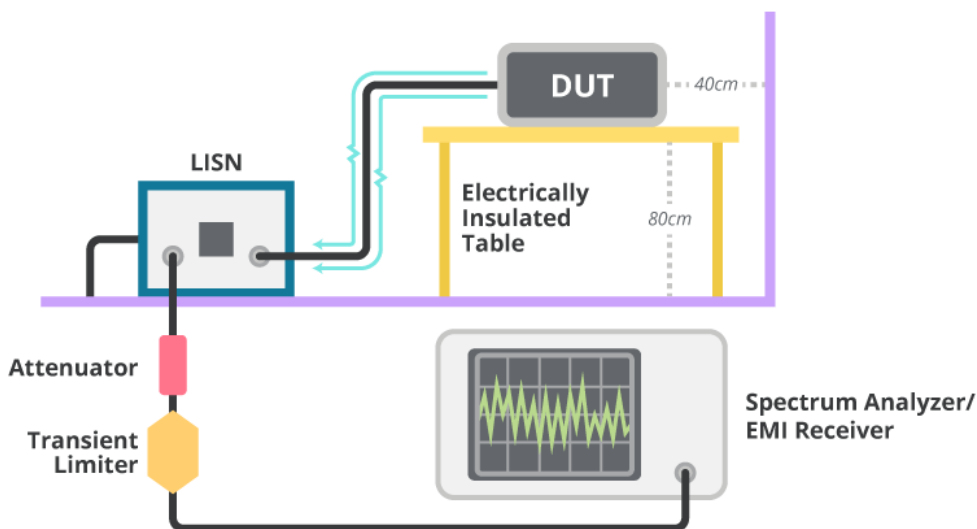
Test prevodnih emisij po standardu CISPR 32: 2015

- Meritev prevodnih motenj se izvaja na 230V napajalnih vodnikih števca.
- Preverila se bo razlika med nivojem z Mbus komunikacijo in brez nje. Nivo mora biti pod mejo ki je predstavljena na sliki
- Meritev se izvaja v frekvenčnem področju od 150 kHz do 30 MHz

Meje za prevodne motnje:



Slika 12: Meje nivoja prevodnih motenj

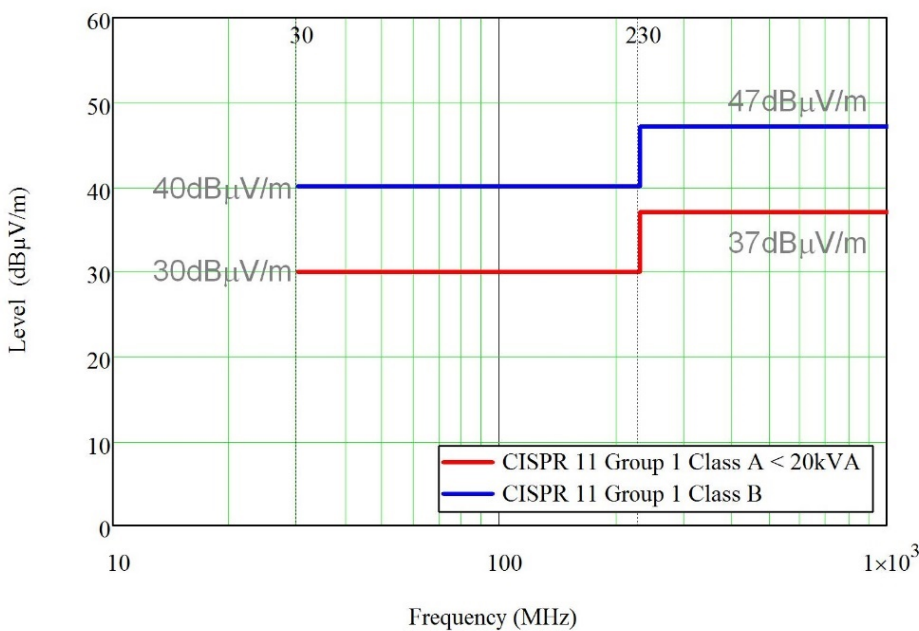


Slika 13: Shematski prikaz merilnega sestava za merjenje prevodnih motenj

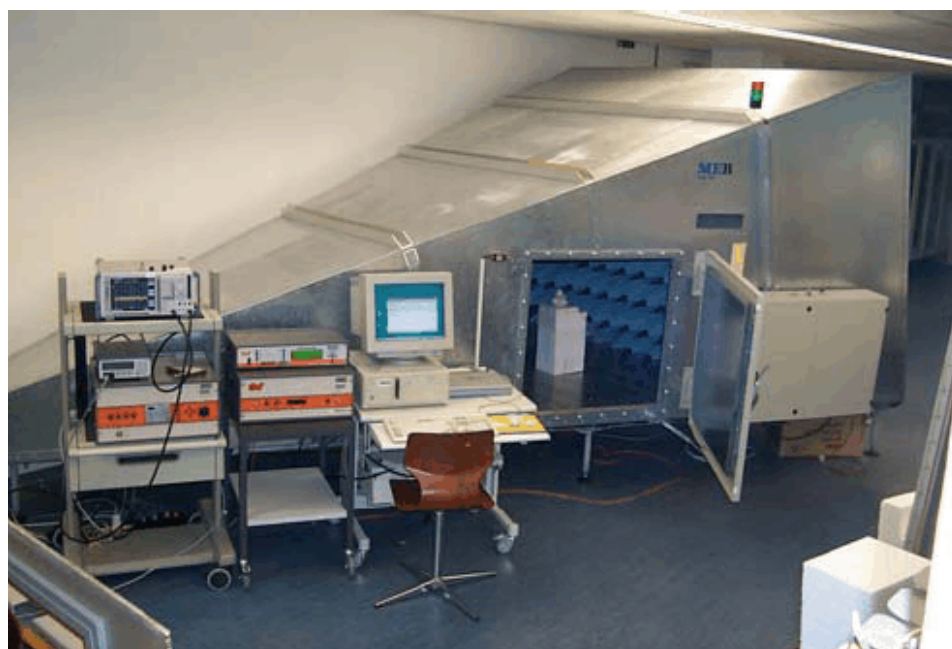
3.8.2 Sevalne emisije

Test sevalnih emisij na povezavi M-Bus po standardu CISPR 32: 2015


- Meritve se bodo izvajale v GTEM merilni celici
- Meritev se bo izvajala v frekvenčnem področju od 30 MHz do 1 GHz



Slika 14: Meje za sevalne motnje – Števec spada v opremo skupine A – rdeča meja



Slika 15: Meritev sevalnih motenj z GTEM celico

 Univerza v Ljubljani Fakulteta za elektrotehniko	Načrtovanje elektronike za EMC	Leto: 2024
		Št.: 1.4
		stran 18 od 19

3.9 Pregled BOM

Glede na oddane projekte in pripadajočo dokumentacijo se bo ocenil izbor komponent glede na:

- Cena komponent pri predpostavki 10.000 izdelanih kosov
- Strošek opremljanja vezja s fiksno ceno polaganja ene komponente 0,001 €/komponento
- Ustreznost izbranih komponent glede na napetostno in temperaturno območje

V izračun cene se upošteva zgolj cena komponent M-Bus vmesnika, brez cene tiskanega vezja, konektorjev in komponent stikalnega napajalnika.

Pri določanju cene komponente upoštevajte najnižjo ceno na octopart na dan oddaje projekta pod pogojem, da so pri tistem ponudniku komponente dobavljive pod običajnimi pogoji. Ceno lahko določite tudi na podlagi danega predračuna oz. uradne informacije od proizvajalca, če ta omogoča direktno prodajo končnim strankam. Ceno komponente lahko da tudi sponzor tekmovanja, če je komponenta njegova.

Za običajne SMD komponente, kot so SMD upori in multilayer keramični kondenzatorji 0402 ali 0603 s toleranco 1% privzemite nabavno ceno 0,0005 € na komponento. Torej strošek s polaganjem vred 0,0015 € na komponento.

3.10 Ocenjevalni kriteriji

Pred samim testiranjem se bo testirala osnovna funkcionalnost testa pri hitrosti 2400 baud, pri sobni temperaturi in nazivnih pogojih brez dodatnih vsiljenih motenj. Če je test uspešen, se izdelek kvalificira za vsa nadaljnja testiranja in točkoval po kriterijih, zbranih v sledeči tabeli:

Test	Opis	Komentar	Točkovanje
Funkcionalni testi			
	Test pri 300, 600, 1200, 2400, 9600 baud	Brez vsiljenih motenj, pri sobni temperaturi, ena priključena M-Bus podrejena naprava	3 točke za posamezno hitrost, kjer je komunikacija uspešna.
	Test pri 2400 baud	Brez vsiljenih motenj, pri sobni temperaturi, štiri priključene M-Bus podrejene naprave	5 točk, če je komunikacija uspešna.
	Test pri -40°C in + 70°C	Brez vsiljenih motenj, test pri 2400 baud	5 točk za posamezno temperaturo, pri kateri je komunikacija uspešna.
	Energijska poraba vezja	Metrika + referenca	- 0,1 točke na mW
EMC testi emisij			
	Prevodne motnje	Merjeno na 230V napajalnih vodnikih števca po standardu CISPR 32: 2015	10 točk za skladnost
	Sevalne motnje	Merjeno po standardu CISPR 32: 2015	10 točk za skladnost
EMC testi odpornosti			
	Vsiljene prevodne motnje inducirane preko RF	IEC 61000-4-6: 2013	A (10 točk), B (5 točk), C (0 točk)
	RF polje	IEC 61000-4-20: 2010	A (10 točk), B (5 točk), C (0 točk)
	Burst test	Po IEC 61000-4-4: 2012	A (10 točk), B (5 točk), C (0 točk)
Varnostni testi			
	Impulse voltage test	IEC 61000-4-6: 2013	5 točk za PASS
	Varnostne razdalje	Vizualni pregled	5 točk za PASS
Ocenjevanje BOM			
	Cena komponent	Metrika + referenca	- 0,1 točke na € cent
	Polaganje	Metrika + referenca	- 0,1 točke na € cent
	Ustreznost komponent	Napetostno in temperaturno območje	5 točk za PASS