

# IKTEM

## 3. konferenca

za informacijsko-komunikacijsko tehnologijo, elektroniko in mehatroniko

# zbornik

## Strokovna predavanja



konferenca

# IKT

# EM

18. junij 2020

<https://iktem.si>

# Zbornik tretje konference IKTEM

18. junija 2020

Urednik: Jurij Mikeln dipl. inž.

Tehnični urednik: Samo Gregorčič

Založnik: AX elektronika d.o.o., Ljubljana

Za založnika: Jurij Mikeln, dipl.inž.

Oblikovanje in grafična priprava: AX elektronika d.o.o. - grafični studio

Leto izida: 2020

PDF publikacija - PDF verzija

Način dostopa (URL) : <https://iktem.si>

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani  
COBISS.SI-ID=19735811

**ISBN 978-961-6680-18-9** (pdf)



# KAZALO

<i>Predgovor</i>	4
4..... <b>Drage kolegice in kolegi,</b> <i>AX elektronika d.o.o.</i> <i>Jurij Mikeln dipl. inž.</i>	
<i>Predavanja</i>	5
6..... <b>Arrow Electronics pomaga pri razvojnih projektih</b> <i>Arrow Slovenija</i> <i>Avtor: Simon Rusjan, Direktor Arrow Slovenija</i>	
8..... <b>Silicon Labs delivers a family of small, Low-Power Bluetooth 5.2 SoC optimized for high volume production</b> <i>Arrow Slovenija</i> <i>Avtor: Tin Vukadinovic</i>	
11..... <b>PRINCIPLES OF 5G5G-IoT, Applications and Use Cases</b> <i>Quectel Wireless</i>	
16..... <b>NB-IoT kot nadomestna tehnologija za GPRS</b> <i>A1 Slovenija d. d., Ljubljana</i> <i>Božo Mišović EIMV</i> <i>Marjana Senčar Srdič</i>	
20..... <b>NB-IoT as a replacement technology for GPRS</b> <i>A1 Slovenija d. d., Ljubljana</i> <i>Božo Mišović EIMV</i> <i>Marjana Senčar Srdič</i>	
23..... <b>Nov pristop k izdelavi medicinskih pripomočkov s tehnologijo HP Multi Jet Fusion</b> <i>CGS plus d.o.o.</i> <i>Po virih HP povzela: Edita Žugelj</i>	
28..... <b>Uporaba simulacij za verifikacijo delovanja hitrih povezav v telekomunikacijskih enotah</b> <i>Aviat d.o.o</i> <i>Avtort: Gregor Polanšek</i>	
32..... <b>Avtomatizacija industrijskih meritev z internetom stvari na dublinskem Kolidžu svete Trojice</b> <i>ADD ProS d.o.o.</i> <i>Avtor: Andrej Drozg</i>	
36..... <b>Probing Signals in High-Speed Digital Designs</b> <i>Amiteh</i> <i>Avtor: Mirko Ivančič</i>	
52..... <b>Umetna inteligenca na končnih napravah</b> <i>UM FERI</i> <i>asist. Grega Močnik, mag. inž. ele., FERI Maribor</i> <i>asist. Danilo Zimšek, uni. dipl. inž. tk., FERI Maribor</i>	
57..... <b>KICAD in FREECAD interoperabilnost</b> <i>Pistam d.o.o.</i> <i>Žiga Lausegger, prof. fizike in tehnike</i>	
74..... <b>3D natisnjena Peltonova hidroelektrarna za demonstracijo fizikalnih zakonitosti</b> <i>Laboratorij za energetiko UM FERI</i> <i>Avtorja: Matic Markovič, dr. Primož Sukič</i>	
76..... <b>Grozd Pametne tovarne</b> <i>Gospodarska zbornica Slovenije</i> <i>Zbornica za elektronsko in elektroindustrijo</i>	
<i>Sponzorji</i>	79

# Predgovor

## Drage kolegice in kolegi,

letošnja IKTEM konferenca je nekaj posebnega. Ne samo zaradi okrogle letnice (2020), pač pa - kot vsi veste, zaradi Covid-19 situacije, ki nam je preprečila izvedbo konference v klasični obliki s predavanji, praktičnimi delavnicami ter prijetnim druženjem.



Že v času karantene smo pogledovali številke okuženih za Covid-19, iz česar smo upali, da bomo konferenco v klasični obliki lahko organizirali. V začetku maja je bila situacija še precej negotova glede druženja večjih skupin ljudi in predvsem odpiranja turističnih lokacij. Ker je negotova situacija vztrajala, smo se s težkim srcem odločili, da IKTEM 2020 izpeljemo v obliki Zbornika predavanj, ki ga bodo prejeli vsi prijavljeni. Poleg tega bosta Zbornik predavanj IKTEM 2020 reviji Svet elektronike in Svet mehatronike razposlali vsaka po svoji bazi kontaktov.

Tudi letos smo, tako kot v preteklih letih, na enem mestu zbrali veliko zanimivih predavanj s področij IKT, elektronike in mehatronike.

Predavanja so v slovenskem in angleškem jeziku in obsegajo področja, ki so zanimiva tako za vodstveni kader, kot tudi za tiste, ki delate v razvoju, proizvodnji in vzdrževanju.

Na koncu uvodne besede bi se v imenu organizacijskega odbora IKTEM rad zahvalil avtorjem prispevkov ter seveda tudi sponzorjem, ki so IKTEM 2020 kljub težavni situaciji podprli!

*AX elektronika d.o.o.  
Jurij Mikeln dipl. inž.  
Trzin, 18. junij 2020*



# Predavanja



# Arrow Electronics pomaga pri razvojnih projektih

Arrow Slovenija  
Avtor: Simon Rusjan, Direktor Arrow Slovenija  
[simon.rusjan@arroweurope.com](mailto:simon.rusjan@arroweurope.com)  
[www.arrow.com](http://www.arrow.com)



*Verjetno mnogi od vas poznate [Arrow Electronics](#) (v nadaljevanju Arrow) zgolj kot distributerja elektronskih komponent, zato sem se odločil, da vam to globalno podjetje s 85-letno tradicijo in sedežem v Centennialu (Kolorado), prikažem tudi v drugi luči.*

Ne glede na to, da je Arrow največji svetovni distributer elektronskih komponent (to je bilo ravnokar ponovno objavljeno tudi na »Top 50 Electronic Component Distributors List«), se tudi mi zavedamo, da danes trg in kupci zahtevajo mnogo več, kot le dobiti zeleno komponento na traku ali v tubi pripravljeno za uporabo v nadaljnjih procesih sestave končnega produkta. V ta namen je Arrow v zadnjih letih bodisi odprl nove divizije ali pod svoje okrilje spravil veliko različnih podjetij, ki danes z 19.300 zaposlenimi v 90.-ih državah preko 336 lokacij oskrbujejo več kot 175.000 partnerjev in pri tem generirajo skoraj 30 milijard USD prometa.

Skratka, Arrow se želi danes identificirati kot Technology Solution provider in v naslednjih vrsticah bi vam rad predstavil podjetja ali oddelke, ki zagotavljajo, da lahko Arrow danes ponudi vse od komponente, do razvojnih modulov, softvera, programiranja, proizvodnje in sestave pa do kompletne povezave v t.i. rešitve v oblaku (Cloud Service). Prav tako smo omogočili, da te rešitve bodisi poiščete ali ponudite na naši novi spletni platformi ArrowPlus, o kateri si nekaj več lahko preberete v nadaljevanju.

[elinfochips](#) je znotraj Arrowa zadolženo za celovite rešitve na najvišji možni ravni. Že dejstvo, da nam zaupa veliko podjetij iz lestvice Fortune 500 govori v prid temu, da lahko 1.700 inženirjev pripravi za vas kompletno rešitev od idejne zasnove do končnega razvoja in organiziranja proizvodnje. S svojimi referencami se lahko pohvalijo praktično v vseh segmentih, vključujoč avtomobilsko, letalsko, medicinsko... industrijo, do novodobnih rešitev na področju pametnih hiš, zgradb, mest... Kratek predstavitveni video lahko najdete na tej povezavi: [https://www.youtube.com/watch?v=4DHkl-dy52w&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=4DHkl-dy52w&feature=emb_logo)



**ESC** – Engineering Services Center je oddelek, ki za vas vas pripravlja najnovejše razvojne module (development boards) skupaj z največjimi svetovnimi tehnološkimi giganti. Izbira le-teh vam omogoča predvsem veliko hitrejši »time to market«, saj ne izgubljate dragocenega časa s kompleksnim razvojem in pogosto dragim certificiranjem. Hkrati pa (podobno kot elinfochips, vendar na manjših projektih), lahko zagotovijo tudi kompletno razvoj HW-a (skupaj z optimiziranim BOM-om), SW-a, povezave v Cloud rešitve – skratka, so naš IoT oddelek na najvišjem nivoju, močno podprt tudi s sodelovanjem lokalnih Arrow Field Application Engineer-jev (FAE). Več na: <https://www.arrow.com/en/iot>

**ArrowPlus** – Powered by Freelancer - je platforma, ki je narejena s strani inženirjev in za inženirje. V kolikor iščete posebno znanje ali morda zaradi pomanjkanja kapacitet ne morete sami pravočasno zagotoviti razvoja, lahko pomoč poiščete na enem mestu, ki združuje znanje preko 500.000 ljudi iz celega sveta. Prav tako lahko svoje znanje ali razvojne zmogljivosti ponudite tudi sami. Postopek je preprost - predložite opis projekta, prejmite ponudbe, izberite inženirja in začnite z delom. Kako najti rešitev za svoj problem v 24.-ih urah ter povsem transparentno ter zaupanja vredno, si lahko ogledate na tem kratkem predstavitvenem videu: <https://vimeo.com/323866681>



**Arrow.com** je naš novodobni spletni prodajalec, ki je vse bolj stalnica v tem sodobnem svetu. Ekipa sodelavcev po celem svetu skrbi, da lahko vedno zagotovimo najugodnejšo ponudbo iskane komponente na svetu in vam jo odpremimo še isti dan po kliku na spletni prodajalni. Prav tako vam omogočimo, da lahko svoj BOM naložite direktno na splet in v nekaj minutah dobite stroškovno oceno za vaš izdelek, hkrati pa vam bo najzmogljivejšo orodje [SiliconExpert](#) v ozadju preverilo, ali ste izbrali prave komponente, ki bodo dobavljive tudi v naslednjih letih in vam hkrati priporoča alternative. Dodatno lahko svojo poizvedbo preverite na portalu [Verical](#), ki je največja svetovna platforma za iskanje elektronskih komponent po celem svetu. Še vedno pa velja, da je vsaka komponenta ne glede na njen izvor preverjena po najvišjih standardih Arrowa, ki tudi zagotavlja ustreznost.



Arrow's [Enterprise Computing Solutions Business](#) je oddelek, ki lahko za vas pripravi celovito ponudbo na področju IT infrastrukture, od enostavne računalniške opreme do kompleksnih strežniških rešitev, hkrati pa je tudi certificirano za izobraževanje o programih in uporabi različnih tehnoloških gigantov, kot so IBM, Citrix, Veeam, VMware in Java. Skratka, v kolikor potrebujete rešitve na ključ tudi na IKT področju, bodo kolegi iz oddelka z veseljem prisluhnili vašim zahtevam.

[Indiegogo](#) je pravi naslov za vse start-upe ali podjetja, ki želijo uresničiti svoj novi projekt preko te svetovne platforme. Bodisi, da rabite tehnološko pomoč ali želite poiskati finančne vlagatelje, je lahko ta Arrow certificirani program pravi naslov za vaš problem. V zadnjih letih smo preko tega programa uspešno zaključili veliko število projektov, prav tako smo s pomočjo naših inženirjev podprli prenekateri start-up projekt. Več v predstavitvenem videu: <https://vimeo.com/281871419>

Dejstvo je, da se današnji razvoj odvija z neprimerno večjo hitrostjo, kot je bilo to še pred nedavnim. Prav tako je neizpodbitno, da so pojmi kot so umetna inteligenca (AI) ter IoT vse večji del našega vsakdana in včasih tudi sami težko sledimo temu tempu oziroma v danem trenutku nimamo pri roki pravega znanja ali rešitve. Prav zato je Arrow vaš pravi partner tudi na projektih, ki vam bodo pomagali, da boste lažje premagovali tovrstne izzive in se hkrati fokusirali na svojo primarno dejavnost, kjer ste najmočnejši.

**Z veseljem vam vse podrobnosti o zgoraj opisanih programih predstavimo tudi podrobneje, zato kontaktirajte Arrow še danes.**



# Silicon Labs delivers a family of small, Low-Power Bluetooth 5.2 SoC optimized for high volume production



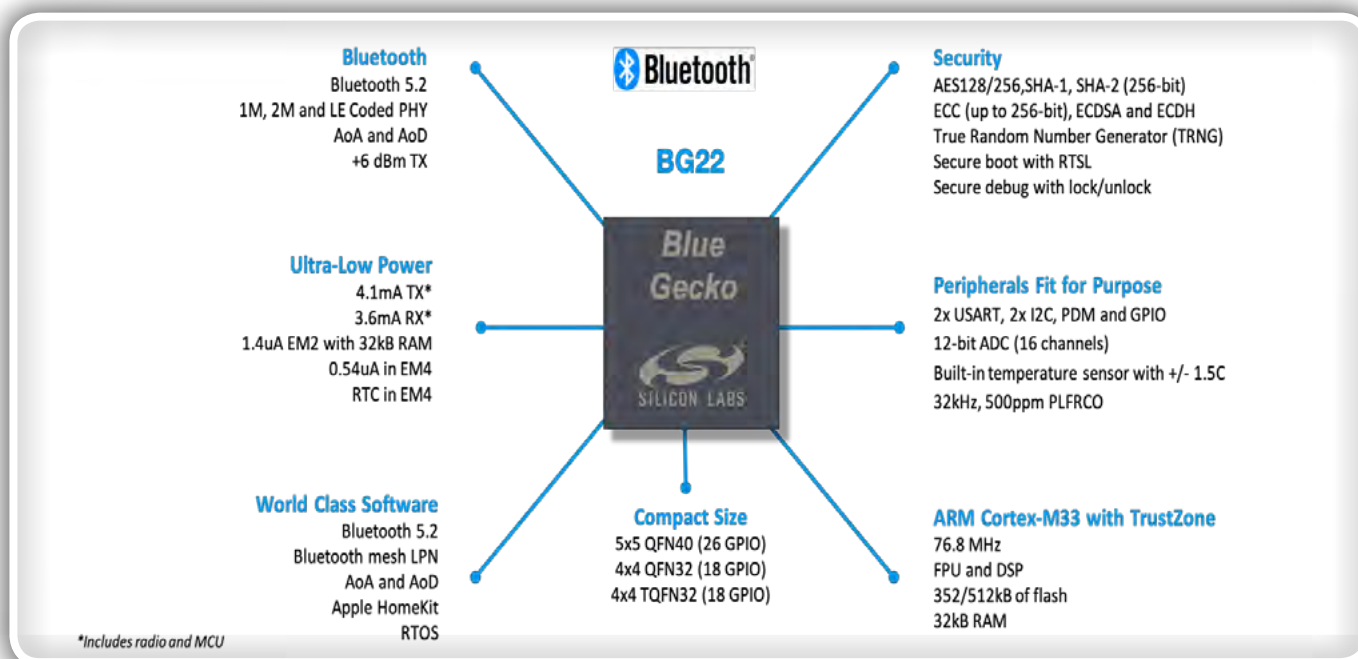
Arrow Slovenija  
Avtor: Tin Vukadinovic  
www.arrow.com  
www.silabs.com

*The EFR32BG22 (BG22) Wireless Gecko family of Bluetooth 5.2 SoC devices deliver the right combination of security features, processing power, wireless performance and software to meet the market demand for high-volume, battery powered IoT products.*

Based on Silicon Labs' secure, ultra-low-power Wireless Gecko Series 2 platform, BG22 SoCs provide developers with a versatile, scalable connectivity solution supporting the new Bluetooth 5.2 specification, Bluetooth mesh 1.0, angle-of-arrival.

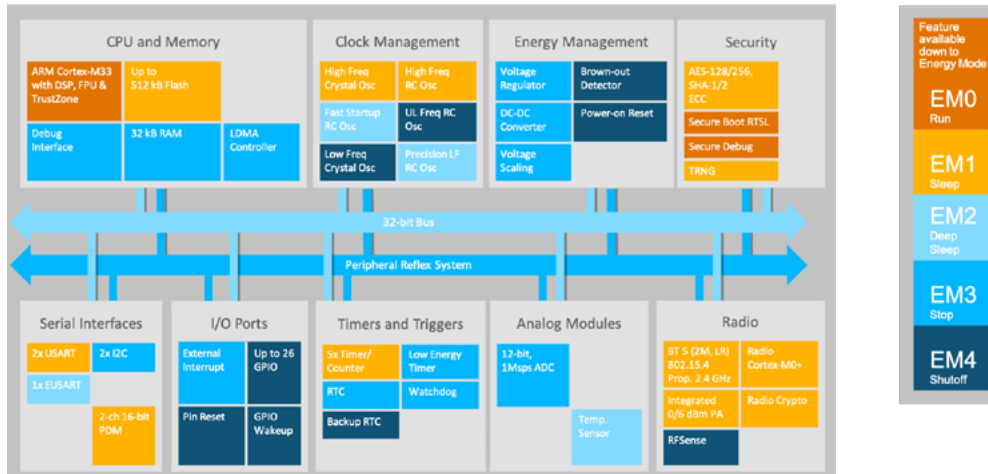
## Applications

- Asset tags and beacons
- Portable medical
- Bluetooth mesh low-power nodes
- Sports, fitness, and wellness devices
- Connected homes end devices
- Building automation and security
- Consumer electronics remote controls

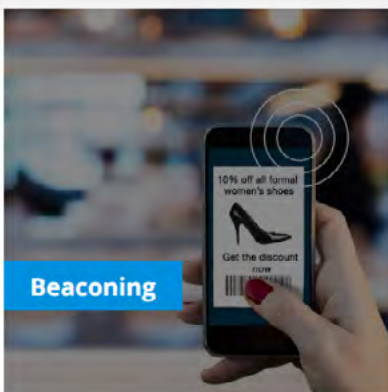


Supports Bluetooth 5.1, 5.2 & Bluetooth Mesh, Ideal for ultra-low-power battery-powered IoT devices with Security features  
<https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/low-cost-secure-bluetooth-socs>





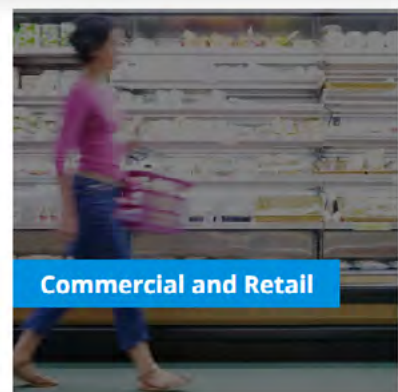
<https://www.arrow.com/en/research-and-events/videos/silicon-labs-thunderboard-efr32bg22>



Beaconing



Portable Medical



Commercial and Retail

For more information on Silicon Labs products (also demo boards and samples) please contact Arrow Slovenia ([tin.vukadinovic@arrow.com](mailto:tin.vukadinovic@arrow.com))



## Arrow electronics

---

- ✓ **Največji** distributer elektronskih komponent na svetu
- ✓ **Fortune 110** podjetje, 19.300 zaposlenih na 336 lokacijah po celem svetu
- ✓ **eInfochips** – 1.700 inženirjev pripravi za vas kompletno rešitev od idejne zasnove do končnega razvoja in organiziranja proizvodnje
- ✓ **Engineering Services Center (ESC)** – razvije za vas najnovejše razvojne module, pripravljene za integracijo v vaš produkt
- ✓ **SiliconExpert** – največja svetovna baza podatkov za elektronske komponente
- ✓ **ArrowPlus** – 500.000 inženirjev na enem mestu ponuja svoje storitve na vseh področjih
- ✓ **Arrow.com** – najugodnejši spletni ponudnik elektronskih komponent
- ✓ **Verical** – največji elektronski market za ponudbo in iskanje elektronskih komponent
- ✓ **Converge** – Avtorizirani Arrow partner, ki poskrbi za celovito dobavo komponent tudi po preteku življenjske dobele-teh
- ✓ **Transim** – orodje za “on-line” pomoč inženirjem pri načrtovanju elektronskih vezij in ostalih tehnoloških rešitev

# PRINCIPLES OF 5G

## Connect the Unconnected Things!

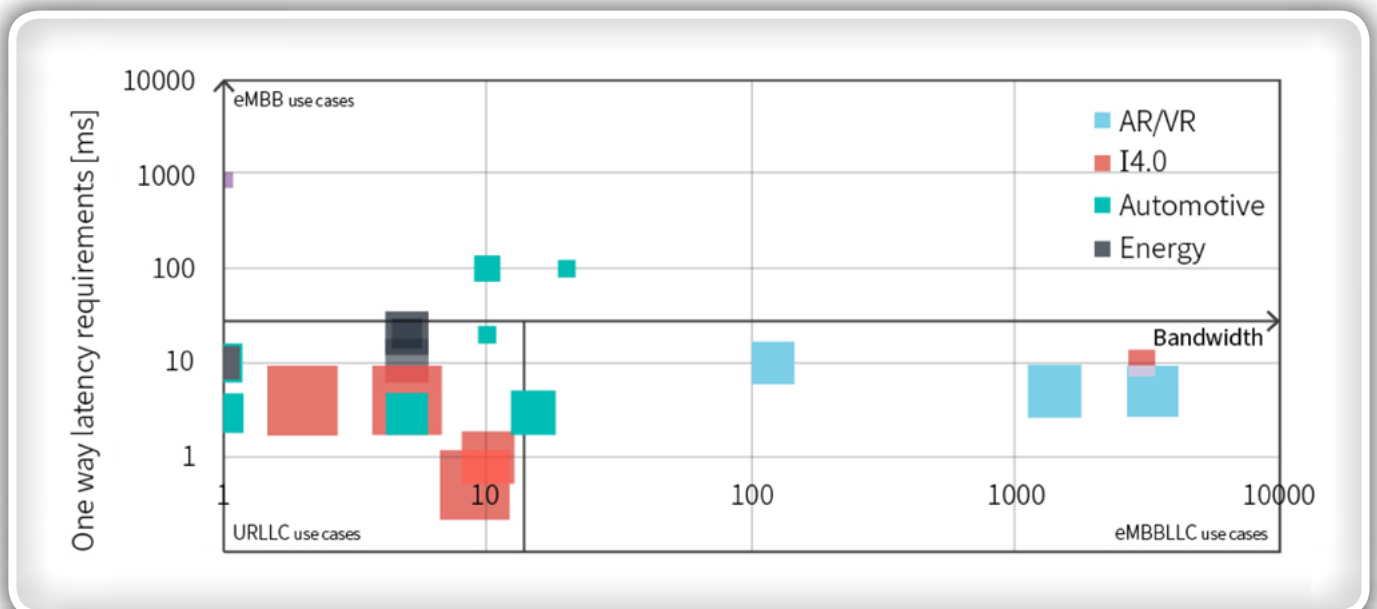
As we claimed in our booklet, 5G will have profound impact on the course of human civilization. Mobile subscribers would benefit from 5G in different ways which can be summarized as better User Experiences. However, the greater impact is on Machines, to make the world highly connected and ultra-smart. The foundation for such transformation will be 5G.

## 5G-IoT, Applications and Use Cases



*As we explained earlier, 5G mostly targets IoT as new market segment. Figure 14 divides 5G use cases into 3 areas, known as eMBB, URLLC and FWA use cases. For instance, AR/VR requires both high bandwidths and extremely low latency, while most of automotive use cases only require low latency and high reliability.*

Depending upon use cases, MNOs will define Service Level Agreement (SLA). It's quite evident that they will charge IoT customers based on adopted SLA. Hence it will be increasingly important for IoT solution providers to define their equipment into an appropriate circular.



Use Case Clustering in 5G (Source: GSMA)

### Fixed Wireless Access

A very real use case of 5G is to provide higher data bit rate to fixed subscribers. Mobile technology is considered as true murderer of fixed network, since 2G and LTE have been defeating landline and ADSL/VDSL respectively. It's now 5G's turn to omit the



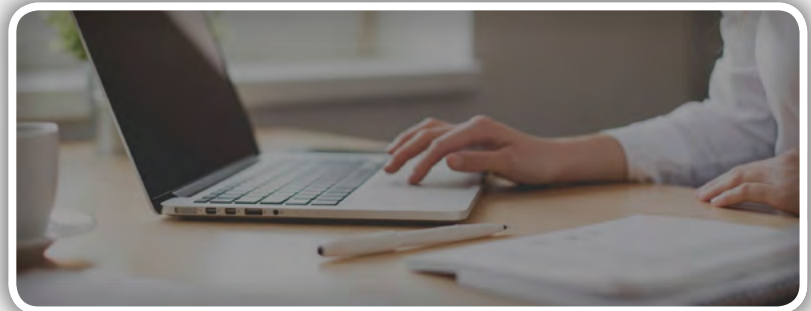
need for FTTH (Fiber to the Home) even before the industry gives birth to it. The trend is obvious: Home and Industrial Gateway and 5G Routers are among pioneering products to hit the market which consume bandwidth supposed to be provided by the Fiber.

## Consumer Laptop and Industrial Tablet

Always Connected PCs (ACPC) is getting popularity. This trend will be further strengthened by 5G. True virtual offices which allow people to conduct almost all office tasks remotely are becoming part of today's business habits. Offices will be gradually moving back to homes as they are supported with many other sophisticated features, just to name a few, 4K-Video conference call, document sharing, Cloud based ERP, real time translator assistance, robotics, etc. This makes life more joyful and decreases transport cost, traffic jam, fuel consumption and the need for bigger office space.



*Fixed Wireless Access, Gateway/Router/CPE*



*Connected PC*

## Augmented and Virtual Reality (AR/VR)

In the most advanced countries, today's digital consumers (using PCs and smartphones) will likely become tomorrow's augmented customers, adopting emerging technologies such as AI (via smart speakers) and immersive reality.



*Augmented and Virtual Reality*

Mobile users will enjoy the next generation of connected immersive experiences as AR/VR mainly target entertainment market segment. Nevertheless, AR/VR have also become an undoubted part of digital economy and are transforming, for instance, how engineers design new products. You may also imagine a team of doctors conduct a surgery collaboratively by controlling robots remotely using AR/VR.

## Drones

The Three-Dimensional Transportation (3DT) era will be coming within next decade. The human evolution had commenced with 1D transportation when mankind could stand up on his/her feet and start walking. The 2D transportation arena started with domestication of horses and continued by invention of trains and cars. Airplanes, copters and even spaceships cannot be considered as true 3D transport machines but rather 2.5D.



*Drone*

Drones are machines that can freely fly in three dimensions. However, in order to legally, technically and affordably become widely available, they need to address certain challenges. Drones are poised to be highly connected and intelligent for collision avoidance as well as prevention of entering restricted areas. Therefore, they should be equipped with ultra-sophisticated auto pilot system, which cannot be economically and commercially viable unless it's always connected to the cloud. 5G would be the excellent choice for its communication backbone to satisfy technical needs of the pipe in a cloud-based auto pilot system.

## C-V2X

Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X) is an obvious use case of 5G as always-connected car and autonomous vehicle need high



*C-V2X*



speed and low latency backbone to be realized. The new radio interface provides ability for higher level of predictability. C-V2X immediately offers a robust platform to provide the vehicle with enhanced situation awareness. In contrast, the older DSRC/IEEE 802.11p capability will rely on the deployment of new, dedicated DSRC-capable infrastructure along roadways, which has proven not to be easily scalable and even after 15 years of its invention is yet to become a main stream of ITS industry.

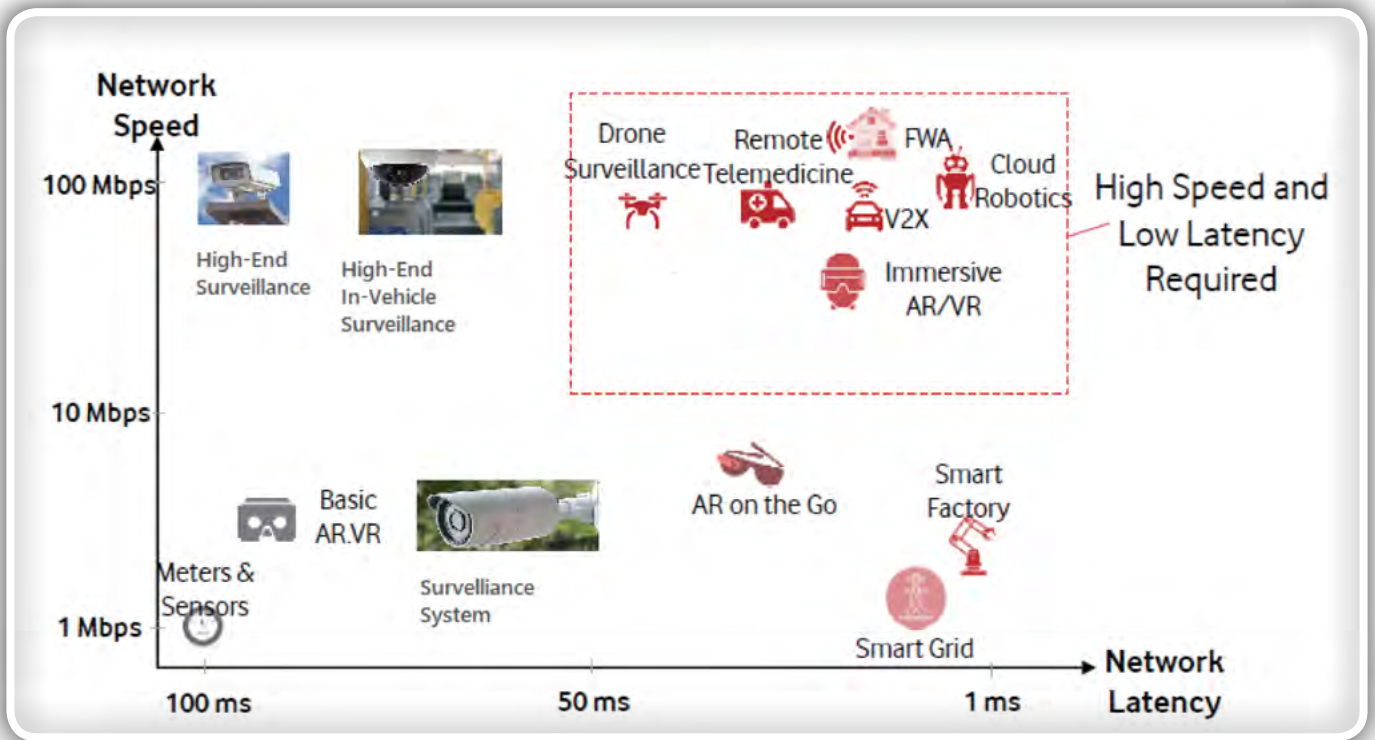
This is clear that due to advancements in autonomous driving and commercialization of its level-1 and level-2, the car OEMs are poised to accelerate C-V2X projects more aggressively. The competition to create the best driverless car has never been hotter and it will be further fueled by the 5G rollout.

Author predicates that by 2030 a connected/autonomous/AI driver can win formula-1 car race, if allowed to be a participant.

Needless to add that the 5G will be going to offer more facilities for the connected vehicles as it can provide in-vehicle entertainment, makes journey even more pleasant.

### Other Verticals/Use Cases

There might be countless new Use Case that can leverage 5G value proposition such as 5G-TV, setup box, robots, car sharing, a wider range of asset sharing, high-end surveillance systems, in-vehicle surveillance camera, smart factory, to name a few. Figure-24 depicts how high speed and low latency can enable new use cases.



5G Use Cases

# Leaders in

5G

**First to market with 5G IoT modules**  
**A market leading 5G module portfolio**  
**Over 200 global OEMs have chosen**  
**Quectel for their next-gen 5G designs**

For more information contact us on

**[www.quectel.com](http://www.quectel.com)**   

# NB-LoT kot nadomestna tehnologija za GPRS



A1 Slovenija d. d., Ljubljana  
Božo Mišović EIMV  
Marjana Senčar Srdič

*V članku je poudarek na konkretnih izkušnjah/meritvah posameznih LTE -M/LTE NB-LoT modernih naprav, posebej s stališča prevzema LTE NB-LoT, ki naj bi zamenjala stare GPRS industrijske komunikacijske vmesnike (pričakovana možna ukinitev v Sloveniji leta 2029).*

V podporo nadaljne širitve in razvoja Internet of Things/Interneta Stvari (IoT), je mobilna industrija razvila in standardizirala klase namenskih mobilnih-celičnih tehnologij. Takšna mobilna IoT omrežja podpirajo naprave, ki zahtevajo širokopasovno pokrivanje, dolgo življenjsko dobo baterij in nizke cene, s poudarkom na varnosti in povezljivosti tako za zunaj mestna, kot za mestna področja.

Glede na izkušnje 24 mobilnih operaterjev, ta povzetek opisuje kako so se LTE-M in NB-LoT omrežja začela uveljavljati po svetu, kaj so se mobilni operaterji in njihovi partnerji že morali naučiti in kaj načrtujejo v prihodnje. Pojasnjeno je tudi, kako so v mobilni IoT ovrednotili postavitev komercialnih parametrov, kot povzetek prvotnih planov ter razpoložljivosti modelov, »chipsetov« in drugih naprav.

V prispevku so podane značilnosti bodočih LTE-M in NB-LoT naprav, ki so že standardizirane v 3GPP-3rdGenerationPartnershipProject's za uporabo v licenčnih spektrih. Obe omenjeni tehnologijista omogočili mobilnim operaterjem, da so lahko pokrili široko paleto uporabniških primerov, z zagotavljanjem uporabniških zahtev za globalno podporo mobilnih IoT.

LTE-M je poenostavljen naziv za eMTC (enhanced Machine-Type Communication) LPWA (Low Power Wide Area) tehnologijo, ki je standardizirana v specifikaciji 3GPP, Release 13. Bolj natančno je specificirana kot LTE CatM1 tehnologija, ki je načrtovana za podporo IoT. LTE-M je široko-prostorna (LPWA) tehnologija majhnih moči, majhne kompleksnosti in podaljšanega pokrivanja, glede na LTE klasično pokrivanje, ki deluje na obstoječih LTE baznih postajah

## Long Term Evolution for Machines: LTE-M

Opisana tehnologija lahko omogoča delovanje naprav z življenjsko dobo baterij do 10 let v raznolikih primerih uporabe, ki ceno modema zmanjša do 20-25% glede na klasične EGPRS modeme. LTE-M lahko tudi podpira relativno hitre prenose, mobilnost, gostovanje (roaming) in VoIP/VoLTE storitve.

LTE Cat-M1, je hitrejši, sistem majhne porabe, ki omogoča prenos hitrosti v smeri prenosa »navzgor/«upload«, do 367Kbps, majhnih kasnitev, primeren za vsak primer IoT uporabe, vključno s smart meteringom/pametni števeci, kot tudi za prenos govora, mobilnosti in roaminga/potepanja, možnost nadzora, upravljanja voznega parka in varnosti na domu

LTE-M omrežja so podprta v večini mobilnih naprav; tovarniško podprti »chipseti« in moduli so podprti v 2G, 3G in 4G javnih mobilnih omrežjih. Tehnologija vsebuje ustrezne varnostne mehanizme ter lastnosti značilne za mobilna omrežja, kot so podpora zaupnosti uporabniške identitete, subjektivne avtentifikacije, integriteto podatkov in identifikacijo mobilnih naprav, uporabnih v javnih službah, prenosih in industriji. Komercialno naj bi bila LTE-M omrežja omogočena že v tem obdobju.



## Narrow Band – Internet of Things (NB-IoT)

"NarrowBand" IoT (NB-IoT) je standardiziran v 3GPP Gre za naprave majhnih moči, LPWA tehnologijo, ki omogoča široko razprostrto pokrivanje za nove IoT naprave in storitve. NB-IoT minimizira porabo povezanih naprav, povečuje sistemsko kapaciteto in spektralno učinkovitost, še posebej na lokacijah, ki omogočajo pokritost mobilnim celičnim tehnologijami.



NB-IoT povezljive naprave ohranjajo v širokem spektru uporabe življenjsko dobo baterij tudi več kot 10 let.

NB-IoT uporablja novi fizični nivo s signali in kanali, ki lahko demantirajo zahteve širokega pokrivanja ruralnih področji, ter globino pokrivanja znotraj objektov, z uporabo zelo majhne kompleksnosti naprav. Tehnološka kompleksnost naprav je veliko bolj enostavna, glede na obstoječe GSM/GPRS module, kar zelo zmanjša ceno NB-IoT modulov. Glede na povečan interes se cena hitro zmanjšuje.

NB-IoT Cat-NB1 ponuja povprečen hitrostni razred v smeri prenosa »navzgor«/upload«, med 20-65Kbps, v piku celo do 256Kbps. NB-IoT je limitiran na uporabo SMS, notranjega roaminga/potepanja in ne podpira govora.

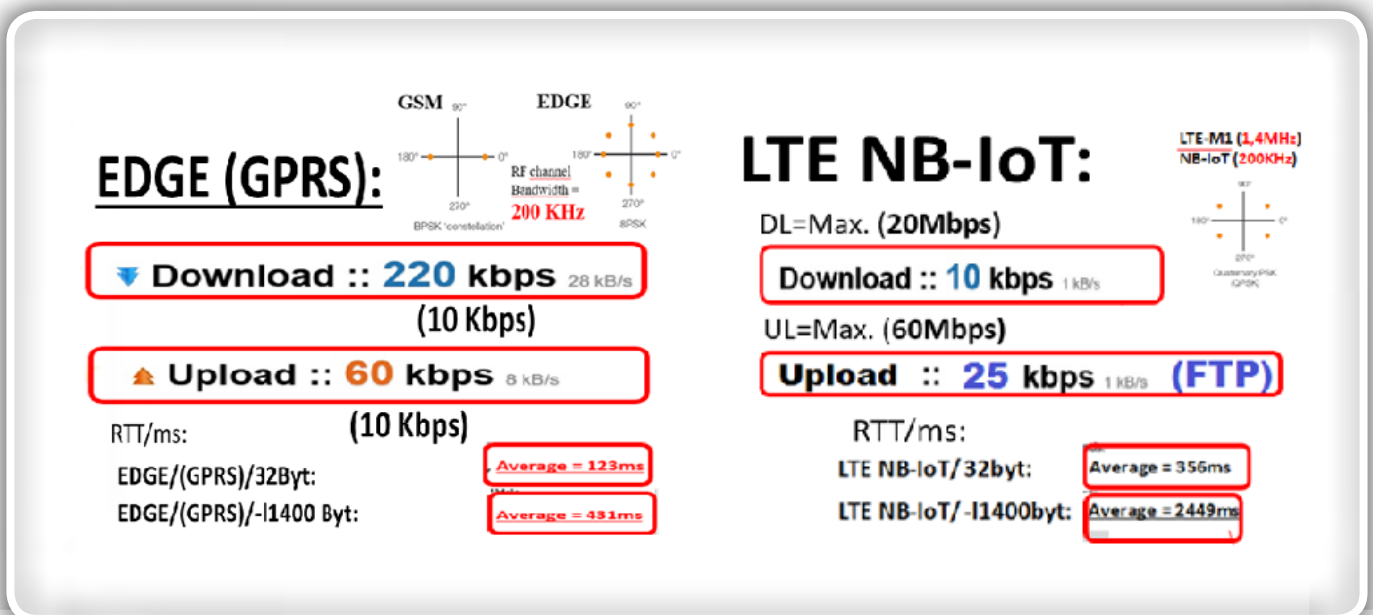
Tehnologija NB-IoT je podprta večinoma v vseh mobilnih napravah, ki podpirajo mobilna omrežja 2G, 3G in 4G, kot tudi bodoča 5G, s nadgradnjo v Rel 17 (po letu 2021). Podprta je z ustreznimi varnostnimi mehanizmi ter lastnostmi značilnimi za mobilna omrežja, kot so podpora zaupnosti uporabniške identitete, subjekte avtentifikacije, integriteta podatkov in identifikacija mobilnih naprav, uporabnih npr. v aplikacijah za »pametno« parkiranje, javnih službah, prenosih in industriji. Komercialno, so bila NB-IoT omrežja omogočena že v letu 2017/18.

	NB-IOT	LTE-M
Bandwidth	180 KHz 3GPP Licensed	1.4 MHz 3 GPP Licensed
Peak data rate	<100	384 Kbps
Uplink / Downlink speed	27.2 / 62.5 Kbps (DL / UL)	Up to 1 Mbps
Latency	1.5 - 10 sec.	50 - 100 ms.
Battery life	+ 10 years (depending on the use case)	10 years (depending on the use case)
Power consumption	Best at low data rates	Best at medium rates
Cost per module	5 - 10 dollars	10 - 15 dollars
Frequency deployment	Flexible	In LTE band
Penetration in indoors	Excellent	Good
Voice	No	Yes. VoLTE

Vsaka od tehnologij ima seveda svoje slabosti in prednosti. NB-IoT podpira nižje hitrosti podatkov, ter ni namenjena za podporo WEB aplikacij, PPP ali celo TSP načina izmenjave podatkov.

NB-IoT tehnologija je zamišljena za UDP potiskanje(push) podatkov iz smeri senzorjev proti strežnikom, za katero ni potrebe po konstantni komunikaciji (recimo PPP). Narejena je tudi, da varuje življenjsko dobo baterij (po potrebi občasna komunikacija/večinoma v »spanju«), sinhronizacija s omrežjem je reducirana, kar povzroča večje kasnitve.

NB-IoT je tehnologija, ki je dizajnirana za uspešno dostavo določenih manjših količin znakov (»bytes«), večkratnih ponovitev in



*Izmerjeni rezultati*



večkratnega pošiljanja, glede na vsaj 1 krat korektno zahtevo iz strežnika. Vsebuje prednosti pri dostavi podatkov dolgih razdaljah, v slabih pogojih sprejemnega signala, ter ponuja nižje propustnosti »navzdol«/download

### **LTE NB-IoT je ustrezno nadomestno brezžično komunikacijsko DATA omrežje, ki lahko nadomesti GPRS!**

*Ključnebesede – 2G/3G/4G/5G, eMTC(enhanced Machine-Type Communication), LPWA (Low Power Wide Area), Long Term Evolution for Machines: LTE-M, Narrow Band – Internet of Things (NB-IoT), 3GPP-3rd Generation Partnership Project's, 3GPP/Release 13 specifikacija*

---



#### **Božo Mišović**

***ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo, zunanji svetovalec***

Rojen v Ljubljani leta 1952. Fakulteto za elektrotehniko v Ljubljani, smer Telekomunikacije, je končal leta 1977. Prvo delovno razmerje je nastopil v ISKRA Elektrozveze, v letu 1976, na področju domače proizvodnje naprav za podatkovni prenos-modemi - za obdobje desetih letih. V času tržne transformacije podjetij, za čas dveh let, je pomagal pri ustanovitvi podjetja SMARTCOM, delal kot tehnični direktor in nadaljeval deset let v podjetju SRC.SI kot vodja programa za WAN komunikacije. Nato je delal v MOBITELU kot tehnični strokovnjak na uvajanju GPRS/UMTS/HSPA/LTE za končne uporabnike. 2015 je zaključil delo v Telekom. Sedaj dela kot zunanji svetovalec na EIMV. Božo je aktiven tudi kot predavatelj na številnih dogodkih s področja podatkovnih komunikacij.



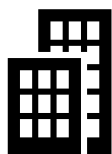
#### **Marjana Senčar Srdič**

***A1 SLOVENIJA d. d., Vodja tehnologij interneta stvari in inovacij***

Rojena v Celju leta 1976. Ekonomsko – poslovno fakulteto, smer Zunanja trgovina je zaključila leta 2001. Študij je nadaljevala na podiplomski stopnji in v letu 2016 zaključila magistrski študij managementa. Od leta 2001 je pridobivala delovne izkušnje na področju informacijsko telekomunikacijskih tehnologij, tako v manjših, kot velikih, mednarodnih podjetjih (nekdanji Hermes SoftLab, Hewlett Packard). V okviru A1 Slovenija je že nekaj let vključena v raziskovalno – inovacijske projekte in uvajanje novih tehnologij (NB-IoT, LTE-M, 5G in povezane rešitve in storitve). Je registrirana raziskovalka pri Agenciji za raziskovalno dejavnost RS (ARRS), aktivna v raziskovalni organizaciji, vodi vertikalno Mobilnost, transport in logistika v okviru SRIP Pmis.



# Rešitev A1 Pametno mesto. Na voljo že danes za boljšo prihodnost slovenskih mest.



Z rešitvijo pomagamo izboljšati kakovost bivanja prebivalcev, spodbujamo trajnostni razvoj, znižujemo obratovalne stroške ter učinkovito obvladujemo vplive na okolje.

- **Spremljanje okolja** z nadzornimi postajami, ki merijo specifične koncentracije plina in delcev.
  - **Pametni promet** z video viri v realnem času analizira promet in šteje vozila v prometnih tokovih.
  - **Upravljanje z odpadki** s senzorji, ki merijo raven napolnjenosti zabojnikov za odpadke.
  - **Pametna razsvetljava** z radarskim senzorjem najbolj optimalno razsvetljuje javne površine.
  - **Pametno parkiranje** s senzorji, ki ugotavljajo zasedenost posameznih parkirnih mest.
- Ter številne druge rešitve za boljše mesto in zadovoljne prebivalce.

Za več informacij o rešitvi **A1 Pametno mesto** pokličite na **040 440 329** ali nam pošljite povpraševanje na: **dti@A1.si**.



# NB-IoT as a replacement technology for GPRS



A1 Slovenija d. d., Ljubljana  
Božo Mišović EIMV  
Marjana Senčar Srdič

*Following text will introduce concrete measurement experiences at individual new cases of LTE technologies as LTE-M1 and NB-IoT, where actually NB-IoT, should be, considered as proper candidate, to replace existing older GPRS public wireless technology in near future (probably switch off in Slovenia will be carried out in year 2029).*

To support the further expansion and evolution of the Internet of Things (IoT), the mobile industry has developed and standardized a class of dedicated cellular technologies. These mobile IoT networks support devices requiring broad coverage, a long battery life and low cost, yet secure, connectivity across both rural and urban locations.

Drawing on interviews with 24 mobile operators, this report outlines how LTE-M and NB-IoT networks are being rolled out around the world, what operators and their partners have learnt so far and what they plan to do next. It explains how the Mobile IoT is creating value in commercial settings, while outlining initial tariff plans and the availability of modules, chipsets and other equipment.

The article also provides an overview of the features of LTE-M and NB-IoT, which have been standardized by the 3rd Generation Partnership Project's (3GPP) for use in licensed spectrum. Together, these technologies are enabling mobile operators to address a very wide range of potential use cases, ensuring customer choice and helping the IoT to flourish globally.



LTE-M is the simplified industry term for the eMTC LPWA technology, which was standardized by 3GPP in the Release 13 specification. It specifically refers to LTE CatM1, which is designed to support the IoT. LTE-M is a low power wide area (LPWA) technology, providing low device complexity and extended coverage, while allowing the reuse of existing LTE base stations.

## Long Term Evolution for Machines: LTE-M

The technology can allow connected devices to have a battery lifetime of at least 10 years for a wide range of use cases, with the modem costs reduced to 20-25% of the current EGPRS modems. LTE-M also supports relatively fast data throughput, mobility, roaming and potentially voice services.



Supported by all major mobile equipment, chipset and module manufacturers, LTE-M networks will co-exist with 2G, 3G, and 4G mobile networks and benefit from all the security and privacy features of mobile networks, such as support for user identity confidentiality, entity authentication, data integrity, and mobile equipment identification. Commercial launches of LTE-M networks are now underway.

## NarrowBand – Internet of Things (NB-IoT)

NarrowBand-Internet of Things (NB-IoT) is a standards-based low power wide area (LPWA) technology developed to enable a wide range of new IoT devices and services. NB-IoT significantly improves the power consumption of user devices, system capacity and spectrum efficiency, especially in deep coverage. Battery life of more than 10 years can be supported for a wide range of use cases.



New physical layer signals and channels are designed to meet the demanding requirement of extended coverage – rural and deep indoors – and ultra-low device complexity. Initial cost of the NB-IoT modules is expected to be comparable to GSM/GPRS. The underlying technology is however much simpler than today's GSM/GPRS and its cost is expected to decrease rapidly as demand increases.

Supported by all major mobile equipment, chipset and module manufacturers, NB-IoT can co-exist with 2G, 3G, and 4G mobile networks. It also benefits from all the security and privacy features of mobile networks, such as support for user identity confidentiality, entity authentication, confidentiality, data integrity, and mobile equipment identification. The first NB-IoT commercial launches have been completed and global roll followed in 2017/18.

	NB-IOT	LTE-M
Bandwidth	180 KHz 3GPP Licensed	1.4 MHz 3 GPP Licensed
Peak data rate	<100	384 Kbps
Uplink / Downlink speed	27.2 / 62.5 Kbps (DL/ UL)	Up to 1 Mbps
Latency	1.5 - 10 sec.	50 - 100 ms.
Battery life	+ 10 years (depending on the use case)	10 years (depending on the use case)
Power consumption	Best at low data rates	Best at medium rates
Cost per module	5 - 10 dollars	10 - 15 dollars
Frequency deployment	Flexible	In LTE band
Penetration in indoors	Excellent	Good
Voice	No	Yes. VoLTE

Each technology has its advantages and disadvantages. NB-IoT has lower data rate, it's not meant for web browsing, PPP or not even for TCP.

NB-IoT is meant for UDP data push from sensor to server, with no permanent connection (like PPP) and to save battery life, sync with network is reduced, so the bigger latency.

NB-IoT is designed to successfully deliver couple of bytes of useful data, repeating and re-transmitting it many times so at least 1 request is received by the server correctly, having advantage of longer reach in bad signal conditions and downside of lower throughput.

### EDGE (GPRS):

**Download :: 220 kbps** 28 kB/s  
(10 Kbps)

**Upload :: 60 kbps** 8 kB/s  
(10 Kbps)

RTT/ms:

EDGE/(GPRS)/32Byt: **Average = 123ms**

EDGE/(GPRS)/-11400 Byt: **Average = 431ms**

### LTE NB-IoT:

DL=Max. (20Mbps)

**Download :: 10 kbps** 1 kB/s

UL=Max. (60Mbps)

**Upload :: 25 kbps** 1 kB/s (FTP)

RTT/ms:

LTE NB-IoT/32byt: **Average = 356ms**

LTE NB-IoT/-11400byt: **Average = 2449ms**

**Measured results**

Many factors impact the network coverage e.g. where is the cell/cell quality level etc. Based on the research and simulation result, NB-IoT coverage will be 4 times of GSM/LTE, and Cat-M1 will 3 times.

Therefore 3GPP developed CatNB (NB-IoT) and LTE M (CatM1) can to replace GPRS.

Keywords – 2G/3G/4G/5G, eMTC(enhanced Machine-Type Communication), LPWA (Low Power Wide Area), Long Term Evolution for Machines: LTE-M, Narrow Band – Internet of Things (NB-IoT), 3GPP-3rd Generation Partnership Project's, 3GPP/Release 13 specification.



### **Božo Mišović**

***ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR Institute of Electrical Engineering and Electrical Industry, external consultant***

Božo Misovic, was born in Ljubljana in 1952. He graduated in 1977, from the Ljubljana University, Slovenia – Faculty of Electrical Engineering in the field of Telecommunications. He started first job at the electronic manufacturing company ISKRA Elektrozeve in 1976, working on data modems productions and customer supports! After 10-years he establish new electronic company SMARTCOM, representing Motorola, RAD, TADIRAN and others communications companies where he worked as technical director! In the year 1992, he started working in company SRC.SI as WAN support manager using Novel, Microsoft and Cisco environment! In the year 2001 Božo started working in the mobile operator MOBITEL at GPRS/UMTS/HSPA/LTE support! Last employment was at Telekom Slovenija. After retirement in 2015 he has joined EIMV research institute as External Associate for Mobile Networks. As lecturer he has been giving many presentations in and out of Slovenia!



### **Marjana Senčar Srdič**

***A1 SLOVENIJA d. d., Head of Internet of Things and Innovation Technologies***

Born in Celje in 1976. She graduated from the Faculty of Economics and Business, majoring in Foreign Trade in 2001. She continued her studies at the post graduate level and in 2016 completed a master's degree in management. Since 2001, she has gained work experience in the field of information and telecommunications technologies, in both small and large, international companies (former Hermes SoftLab, Hewlett Packard). Within A1 Slovenia, she has been involved in research and innovation projects and roll-out of new technologies for several years (NB-IoT, LTE-M, 5G and related solutions and services). She is a registered researcher at the Research Agency of the Republic of Slovenia (ARRS), active in a research organization and leads the Mobility, Transport and Logistics vertical within SRIP Pmis.

# Nov pristop k izdelavi medicinskih pripomočkov s tehnologijo HP Multi Jet Fusion



CGS plus d.o.o.

Po virih HP povzela: Edita Žugelj

<https://www.cgsplus.si>

*HP je prvi 3D-tiskalnik, ki deluje s tehnologijo Multi Jet Fusion, predstavil leta 2017. Edinstvena HP-jeva tehnologija za razliko od drugih, ki uporabljajo postopke s počasnim ustvarjanjem točk, enote obdela s hitrimi prehodi čez celotno tiskalno območje in s tem doseže veliko proizvodno hitrost.*

Podjetje CGS plus je edini slovenski ponudnik in serviser za 3D-tiskalnike HP Multi Jet Fusion. V študiji vam predstavljamo, kako so v italijanskem podjetju Everex nekatere obstoječe proizvodne procese nadomestili s tehnologijo HP Multi Jet Fusion, rezultat pa so medicinski pripomočki z manj komponentami, ki izpolnjujejo zahteve kupcev po manjši teži in nižjih stroških izdelave.

Everex je visokotehnoško podjetje s sedežem v italijanskem mestu Sesto Fiorentino, ki je zadnjih 30 let posvetilo ustvarjanju edinstvenih in tehnično naprednih izdelkov za potrebe svojih kupcev v zdravstvenem sektorju. Specializirano je za proizvodnjo instrumentov za in-vitro diagnostične preiskave (IVD) po konceptih in zasnovah, ki jih pripravijo kupci. Kupci sicer imajo svoje zamisli, pogosto pa jim manjka potrebnih notranjih virov za njihovo realizacijo. Zato se zanašajo na Everex kot na partnerja, ki lahko pregleda in oceni predloge, razvije prototipe ter končno organizira in vodi proizvodnjo.

Pri Everexu so v 3D-tiskanju prepoznali jedro tehnologijo za svoje nove izdelke, še posebej na področju diagnostičnih instrumentov.

## Študija primera:

- **Industrija**
  - ◊ Zdravstvo
- **Sektor**
  - ◊ Medicinski pripomočki
- **Cilj**
  - ◊ Zamenjava tradicionalnih proizvodnih postopkov s tehnologijo HP Multi Jet Fusion pri izdelavi prototipov novih zasnov in združevanju sestavnih delov.
- **Pristop**
  - ◊ Everexovi inženirji so na osnovi tehnologije HP Multi Jet Fusion in rešitev za 3D-tisk HP Jet Fusion oblikovali nove načine za konstruiranje medicinskih pripomočkov z manj deli, s tem pa se je zmanjša-



Fotografije: Everex s.r.l.



*la teža izdelkov, znižali so se proizvodni stroški in zmanjšala se je zasedenost skladišča.*

- **Tehnologija | Rešitev**
  - ◊ Rešitve za 3D-tisk HP Jet Fusion, tehnologija HP Multi Jet Fusion
- **Material**
  - ◊ HP 3D High Reusability (HR) PA 12 z visoko stopnjo recikliranja.

Rešitve za 3D-tisk HP Jet Fusion, ki uporabljajo material HP 3D HR PA 12 z visoko stopnjo recikliranja, zagotavljajo do 80-odstotno stopnjo recikliranja prahu in proizvajajo funkcionalne izdelke od serije do serije. Material je med testiranjem staran v realnih delovnih pogojih in zagotovljeno je sledenje prahu po generacijah (najmanj ugoden scenarij pri recikliranju). Iz vsake generacije prahu naredijo izdelke, ki jih nato preizkusijo glede mehanskih lastnosti in natančnosti.

## Izziv

Everex in njegovi kupci ne proizvajajo izdelkov v velikih serijah, zato brizganje ni primeren izdelovalni postopek. Ko osvajajo nove trge, Everexovi kupci pogosto naročajo tudi prilagoditve delov določenih instrumentov. Da bi se lahko še naprej odzivali na želje in potrebe svojih kupcev, so pri Everexu začeli raziskovati možnosti uporabe tehnologije 3D-tiska.

S tehnologijo HP Multi Jet Fusion (MJF) so se prvič seznanili julija 2017 na predstavitvi programske opreme za CAD. Predstavnika podjetja Everex je zanimalo, kakšen potencial bi imela tehnologija MJF pri prehodu od izdelave prototipov na serijsko proizvodnjo s ciljem skrajšanja časa prihoda izdelkov na trg ter možnosti samostojne izdelave specifičnih delov.

Ena od Everexovih naprav je tudi Hemo One, analizator krvnih vzorcev v klinični kemiji, ki lahko odkrije različne anomalije krvi. Vse sestavne dele naprave Hemo One so prej izdelovali s tradicionalnimi postopki kot so rezkanje, struženje in upogibanje pločevine. »Želeli smo zasnovati nov tip inštrumenta, ki ga bo lažje sestaviti, ki bo narejen iz manj delov in končno tudi cenejši,« je povedal Massimiliano Ramalli, izkušeni inženir strojništva pri Everexu. »V tehnologiji HP MJF smo prepoznali priložnost za doseganje teh ciljev,« doda Ramalli. Pri Everexu so uspeli na novo konstruirati oz. predelati štiri dele naprave Hemo One: roko vzorčevalnika, dva pladnja za reagente in nosilec za elektroniko.

## Rešitev

Podsestav roke vzorčevalnika je pritrjen na roko, ki skrbi za odmerjanje točne količine vzorca krvi za analizo in vseh potrebnih reagentov za različne teste. Roka vzorčevalnika, izdelana na tradicionalni način, je sestavljena iz več delov, skrbi pa za to, da so senzorji, vodilo igle in zunanji pokrov vedno v pravi legi. Inženirjem pri Everexu je uspelo s tehnologijo HP MJF zmanjšati število delov tega podsestava z od 10 do 12 na zgolj dva. Z zmanjšanjem števila delov so se poenostavili proizvodni procesi, povečala se je produktivnost in skrajšal se je pretočni čas v proizvodnji.

Drugi primer bistvenega zmanjšanja števila sestavnih delov s tehnologijo HP MJF, ki je nato privedlo tudi do zmanjšanja proizvodnih stroškov in skrajšanja pretočnih časov, je Everexov pladenj za reagente. Gre za komponento z več prekati, ki nosi različne vzorce. Čeprav mora imeti pladenj za točnost meritev določeno kovinsko maso, so pri Everexu v upanju, da to ne bo vplivalo na točnost meritev, preizkusili možnost zamenjave kovinskega dela z delom, ki je narejen po postopku HP MJF in nato metaliziran.



Fotografije: Everex s.r.l.



Tako jim je uspelo izdelati ploščo, ki je za 50 % lažja in uspešno opravlja svojo funkcijo pri meritvah. Število različnih sestavnih delov pladnja se je zmanjšalo s 26 na samo dva.

Predelali so tudi drugi pladenj za reagente, ki je bil prej narejen iz kovinskih delov, zdaj pa ga sestavljajo samo 3D-natisnjeni deli, narejeni po postopku HP MJF. Everexovi inženirji so najprej začeli izdelovati prototipe različnih detajlov na krožnem pladnju z namero ohraniti nekatere kovinske komponente. Po koncu faze izdelave prototipov pa se je izkazalo, da je postopek HP MJF primeren tudi za izdelavo celega sestava. Predelani pladenj za reagente je zdaj sestavljen iz dveh koncentričnih koles. Na zunanjo površino notranjega dela pladnja so dodali še 24 črtnih kod za identifikacijo mest za vzorce.

Zadnji del, ki so ga pri Everexu prilagodili za izdelavo po postopku HP MJF, je bila nosilna konstrukcija za elektroniko in mehanske elemente naprave Hemo One. Prej so jo izdelovali z upogibanjem pločevine in je bila sestavljena iz šestih različnih elementov. Ko jim je uspelo izdelati nosilni sestav po postopku HP MJF, so inženirji lahko prilagodili konstrukcijo komponent in zmanjšali število delov na dva. Končna dela sta lažja in zato cenejša.

## Rezultat

Odkar so se v podjetju Everex opremili s tehnologijo HP MJF, lahko razvijajo prototipe in končne izdelke z manj komponentami, razvoj pa poteka hitreje in z nižjimi stroški.

Konstruiranje modela zunanjega pokrova je prej trajalo tudi do dva meseca, s tehnologijo HP MJF pa se je ta čas skrajšal na samo pet dni. Obenem se je skrajšal tudi pretočni čas v proizvodnji, saj so se pri Everexu usposobili za izvedbo vseh korakov proizvodnega procesa in tako odpravili čakanje na dobavitelje delov.

Z uporabo tehnologije HP MJF v proizvodnji so se znatno znižali stroški, saj za izdelavo kompleksnih delov niso več potrebna posebna orodja, stroški izdelave pa so primerljivi tistim pri obdelavi z odrezavanjem. Zmanjšalo se je tudi skupno število delov različnih sestavov, saj tehnologija HP MJF močno olajša integracijo posameznih delov.

Ko se je število delov podsestava roke vzorčevalnika zmanjšalo z od 10 do 12 na samo dva, se je teža podsestava zmanjšala za 40 %, proizvodni stroški pa kar za 65 %.

Zamenjava kovinskega dela v pladnju z reagenti za vzorce s komponento, izdelano po postopku HP MJF, je pomenila zmanjšanje števila delov s 26 na dva, strošek izdelave sestava pa se je znižal s 350 € na 200 €, oziroma za kar 43 %. Pri drugem predelanem pladnju za reagente je prehod s kovinske komponente na del, ki je v celoti izdelan po postopku HP MJF, prinesel 28,5-odstotni prihranek pri stroških (ti so se zmanjšali s 350 € na 250 € na izdelek), kar pri letni proizvodnji 300 enot pomeni prihranek v višini skoraj 60.000 €.

Na kosovnici nosilne konstrukcije za elektroniko in mehanske elemente naprave Hemo One sta zdaj samo še dva dela (prej 6), stroški pa so se zmanjšali s 25 € na 6 € na sestav, oziroma za 76 %.

»Danes lahko zahvaljujoč tehnologiji HP MJF projektiramo in izdelujemo končne izdelke z nekaterimi komponentami, ki jih preprosto ne bi bilo mogoče narediti na strojih za obdelavo z odrezavanjem,« je povedal Ramalli.

»V prihodnjih mesecih nameravamo nadaljevati z optimizacijo drugih delov, ki jih proizvajamo s tradicionalnimi tehnologijami. Tako bomo še dodatno zmanjšali število sestavov, prihranili prostor v skladišču ter zmanjšali stroške in količino odpadkov,« je



povedal Lorenzo Balli, izvršni direktor družbe Everex. »Prepričani smo, da bomo lahko tudi pri novih izdelkih skrajšali razvojni čas in zmanjšali število sestavnih delov instrumentov za nižje skupne stroške. Na osnovi HP-jeve tehnologije in znanja, ki smo ga pridobili v našem podjetju, nadaljujemo pomembno razvojnoraziskovalno delo na instrumentih za analize IVD. Za naslednji dve leti tako načrtujemo več kot 30-odstotno povečanje prometa v segmentu IVD.«

## **Tehnologija 3D-tiskanja HP Multi Jet Fusion tudi pri nas**

Podjetje CGS plus ima na sedežu na Brnčičevi ulici 13 v Ljubljani predstavitveni salon 3D-tiskalnikov HP, v katerem si lahko tiskalnika MJF 4200 in MJF 580 Color ogledate v živo. Izkušena ekipa certificiranih strokovnjakov vas bo vodila skozi postopek priprave in odgovorila na vsa vprašanja, ki vas zanimajo v zvezi s 3D-tiskanjem. Pomagamo vam tudi pri projektih razvoja novih izdelkov ali optimizaciji obstoječih. Za vse, ki želijo načrtovati izdelke za tehnologijo MJF, imamo na voljo tudi brezplačen priročnik z napotki.

## SPECIALIZIRANA IZOBRAŽEVANJA AUTODESK



V podjetju CGS plus organiziramo izobraževanja za programsko opremo **Inventor** in **Fusion360**. Vabljeni, da se nam pridružite!

**Osnovni tečaj Inventor:** 22. - 24. junij  
**Izdelki iz pločevine v Autodesk Inventorju:**  
29. junij - 1. julij 2020

**Fusion360 - Od skice do kosa:** 6.- 8. julij 2020  
**Fusion360 - Sestav in risba:** 13. in 14. julij 2020



### FUSION 360

je programsko okolje z inovativnim, preglednim in uporabniku prijaznim delovnim okoljem, ki povezuje **CAD, CAM in CAE\*** rešitve v zaključeno celoto. Omogoča povezan in neprekinjen proces oblikovanja izdelkov od zamisli, preverjanja njihovih fizikalnih lastnosti do priprave tehnoloških postopkov za obdelavo materialov na sodobnih strojih. Pomaga skrajšati čas, potreben za načrtovanje in omogoča računalniško podprto izdelavo inženirsko preverjenih izdelkov. Več na: [www.cgsplus.si/izobrazevanja/](http://www.cgsplus.si/izobrazevanja/)



# Uporaba simulacij za verifikacijo delovanja hitrih povezav v telekomunikacijskih enotah



Aviat Networks  
Aviat d.o.o  
Avtort: Gregor Polanšek  
gregor.polansek@aviatnet.com

*Članek v uvodnem delu pojasni razloge za uporabo simulacij pri načrtovanju telekomunikacijskih enot s hitrimi povezavami. Nato opiše katere vrste povezav v podjetju Aviat simuliramo na naših enotah in kaj so vzroki za to. Sledi del kjer bolj podrobno opišemo izvajanje simulacij hitrih povezav. Na koncu pa so predstavljeni izzivi, ki nas v zvezi s hitrimi povezavami čakajo v prihodnosti na Aviat telekomunikacijskih enotah.*

» In the article introduction reasons for high speed signal simulations during telecommunication board design are presented. Later in article type of high-speed signals, which are simulated on Aviat boards are presented and what are the reasons for that. Further on detailed descriptions of high-speed signal simulations are described. In article conclusion future challenges related to the high-speed signal simulations on Aviat boards are presented. «

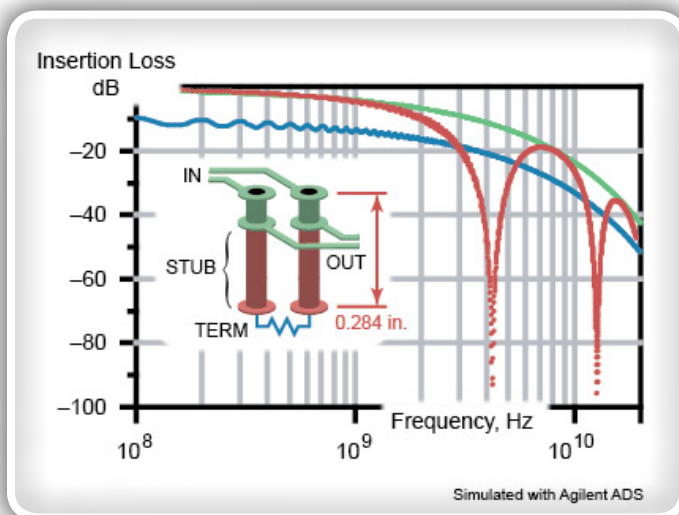
Aviat Networks na svojih digitalnih enotah, ki sestavljajo omrežno opremo, uporablja hitrosti signalov do 10Gb/s. Pri teh hitrostih oziroma frekvencah se na enotah pojavijo stranski (parazitni) učinki, ki vplivajo na integriteto povezav oziroma signalov. Digitalne signale je potrebno začeti obravnavati kot analogne, digitalni inženirji morajo tako poznati kar nekaj analognih lastnosti zelo hitrih povezav. Ukvarjajo se na primer s slabljenjem preko linije (insertion loss) in odboji na linijah (return loss) preko nekega frekvenčnega območja. Pri simulacijah hitrih signalov se zelo pogosto uporabljajo S-parametri signalov, ki nam dajo zelo dobro sliko frekvenčnega odziva določenega signala.

Izvajanje simulacij ima dva namena. Prvi in najpomembnejši namen je, da se preveri, če izvedena končna geometrija vezja (layout) izpolnjuje zahteve za prenos hitrega signala. S tem se zagotovi, da bo enota že v prvem poskusu delovala in izpolnila zahteve glede zmogljivosti. Ta korak posredno omogoča, da se v najkrajšem možnem času zaključi razvoj same enote v smislu strojne opreme in da tudi druge ekipe, ki razvijajo programsko opremo, načrtujejo FPGA vezja itd., lahko čimprej štartajo z razvojem in ga posledično prej zaključijo. Zgoraj naštetu pripomore k hitrejšemu nastopu na trgu (time to market), kar omogoča višje dohodke firme in posledično več možnosti za dodatna vlaganja v razvoj.

Drug namen je spoznavanje samih signalov in sklopov enote. Simulacija da zelo dober vpogled v delovanje določenih sklopov enote. V primeru da nek sklop ne deluje oziroma ne dosega zahtevanih zmogljivosti, dobro poznavanje delovanja določenega sklopa, pridobljeno tekom izvajanja simulacij, omogoča, da hitreje ugotovimo napako v njegovem delovanju ali hitreje izboljšamo delovanje oziroma zmogljivosti tega sklopa. Vrste hitrih povezav v simulacijah

Simulacije hitrih povezav najbolj tipično uporabljamo pri hitrih Ethernet vmesnikih na serijskih diferencialnih paricah, pri DDRx pomnilnikih, pri občutljivih analognih signalih, pri hitrih urah in napajalnih plasteh za napajanje analognih sklopov.

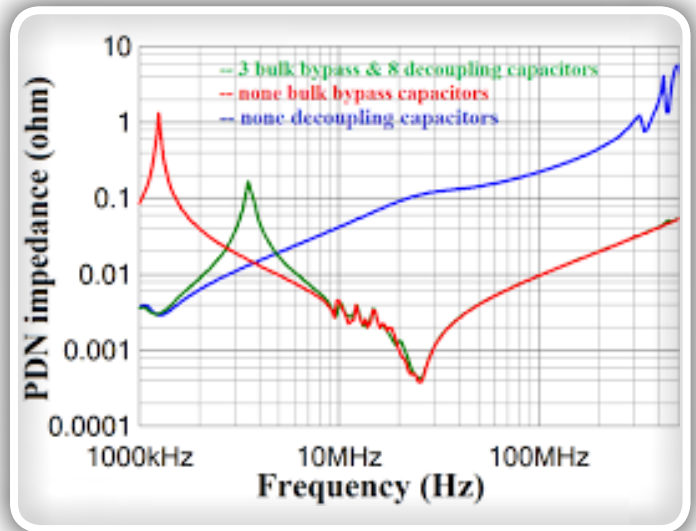
Ethernet vmesniki na diferencialnih paricah pri nas nastopajo s hitrostmi do 10Gb/s, tako da se pri teh signalih že pojavijo vplivi parazitnih elementov. Največji vpliv na degradacijo diferencialnih paric imajo PCB skožniki. Skožniki predstavljajo dodatno



Slika 1: Vpliv štrclja skožnika na prenosno karakteristiko signala

induktivnost in kapacitivnost na linijah, ki upočasnijo signale in s tem prispeva k zapiranju očesnega diagrama signala. Še večji vpliv pa ima štrcelj, ki ga lahko predstavlja del skoznika, ki ni v poti signala. Štrcelj povzroči odboj zakasnjene del signala, ki lahko močno degradira signal, kar se zelo lepo vidi na prenosni karakteristiki linije (slika 1).

DDRx pomnilniki se na Aviat enotah uporabljajo tako za glavni pomnilnik procesorja kot za začasno shranjevanje Ethernet paketov, ki ga uporablja Ethernet stikalo oziroma usmerjevalnik. Pri DDRx pomnilnik se simulirajo oblike posameznih signalov, zakasnitve signalov po enoti in zakasnitve signalov proti uri. Hitrosti signalov gredo z DDR4 pomnilniki preko 3Gb/s, z napajalno napetostjo 1,2V in referenčno napetostjo 0,6V pa se napetostni nivoji, ki predstavljajo logični nivo nič in ena zelo zblizujejo. Hitrost delovanja in ožji napetostni nivoji zahtevajo bolj skrbno načrtovanje DDRx vmesnikov z namenom, da se izognemo napakam pri delovanju DDRx vmesnikov.



Slika 2: Frekvenčni odziv napajalne plasti

Hitrosti urinih signalov na Aviatovih enotah so do 156,25MHz (za potrebe 10G Ethernet), napetostni nivoji pa tipično LVPECL. Pri teh simulacijah nas najbolj zanima, da na prehodih ure iz nič v ena in obratno ni kakšnega odboja signala oziroma prevoja, ki bi utegnil povzročiti dodaten impulz ure na sprejemniku. S simulacijo tudi najlažje določimo serijske in paralelne terminacije, ki jih potrebujejo LVPECL ure. Proces iskanja optimalne zaključitve signala je precej lažji v simulaciji, kot pa na sami enoti, kjer je fizično potrebno spreminjati elemente in za vsako spremembo ponovno izvajati meritve signalov.

Pri analognih signalih, preko katerih se prenaša 4096QAM modulacija ali višja je potrebno zagotoviti zadostno izolacijo med posameznimi analognimi signali (oddajni proti sprejemnemu, I proti Q itd.). Izolacija oziroma presluh med analognimi signali je v rangu -70dB. Simulacija nam pokaže ali je izolacija med različnimi signali zadostna.

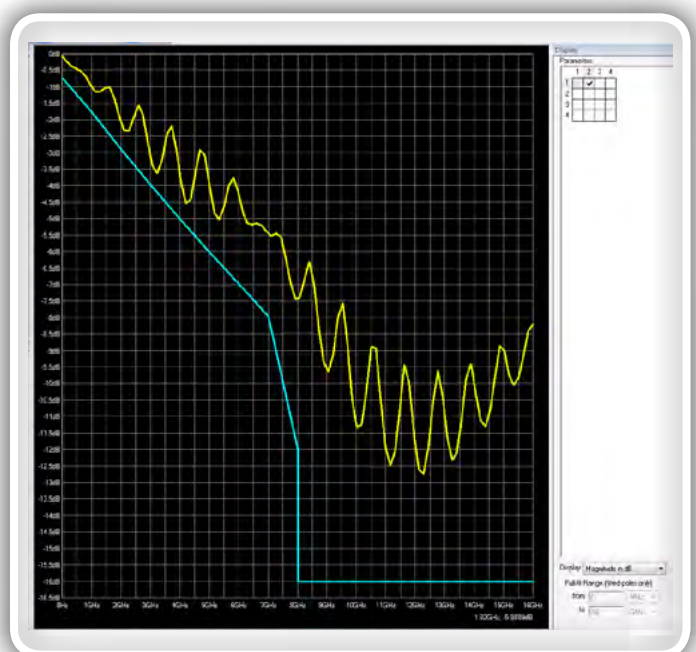
Danes imajo določena digitalna vezja zahtevo da napajalna napetost za jedro vezja ne odstopa za več kot 3% navzgor ali navzdol od nominalne vrednosti. Pri tokovih nekaj deset amperov je težko zagotoviti, da pri distribuciji napajanja ne pride do prevelikih padcev napajalne napetosti za to vezje. Zato izvajamo tudi simulacijo padcev napajalnih napetosti preko tiskanine, da zagotovimo, da imajo vezja ves čas delovanja (od vklopa napetosti do stanja maksimalne obremenitve) napajalno napetost v okviru zahtev.

Pri analognih vezjih se zahteva zelo stabilno napajanje s čim manj izmenične komponente v napajalni napetosti (nekatera analoga vezja zahtevajo le 1mV izmenične komponente). Včasih poleg samega napetostnega pretvornika, filtriranja z induktivnostmi in kapacitivnostmi, na izmenično komponento v napajalni napetosti vpliva tudi frekvenčni odziv napajalne plasti oziroma distribucije napajanja iz pretvornika do vezja, ki to napajanje uporablja (PDN – power delivery network). Če ima napajalna plast ravno pri frekvenci, s katero deluje vezje, ki ga ta napajalna napetost napaja, največjo impedanco, to pomeni, da prihaja do velikega padca napetosti na napajalni plasti in posledično do visokega nivoja izmenične komponente na napajalni napetosti (slika 2). Če frekvenčne simulacije odkrijejo prevelike impedance v določenem frekvenčnem področju, se razišče predvsem, kako se napajalni pini vezja in blokirni kondenzatorji povezujejo v napajalne plasti (poskuša se zmanjšati induktivnost teh povezav), alternativno pa se na obravnavano napajalno napetost doda kapacitivnosti z nizko parazitno upornostjo in induktivnostjo.

## Izvajanje simulacij

Pri hitrih serijskih vmesnikih se za preverjanje delovanja določenega vmesnika uporablja frekvenčni odziv linije (insertion loss) ali pa simulacija očesnega diagrama pri sprejemniku signala.

Če se ukvarjamo s standardnim vmesnikom, kot je na primer Ethernet 10Gbase-X vmesnik, je slabljenje kanala definirano v standardu za ta Ethernet vmesnik. Pri simulacijah takšnega



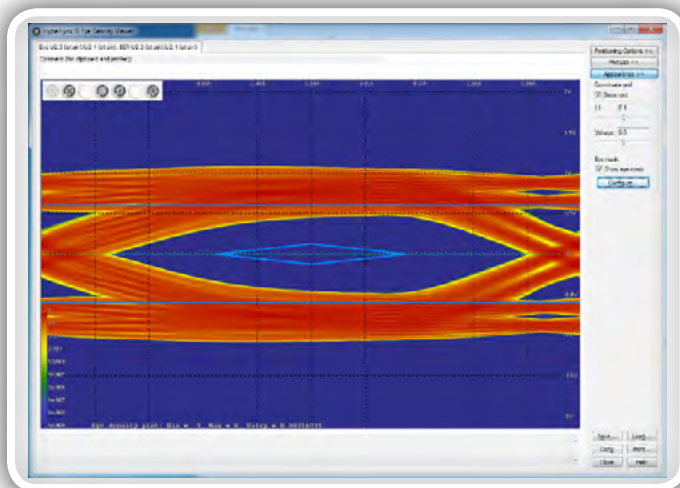
Slika 3: Frekvenčni odziv 10GBase-X linije



vmesnika je zadosti opazovati frekvenčni odziv linije in ga primerjati z maksimalnim slabljenjem, ki ga definira standard za določen vmesnik (slika 3, rumena barva predstavlja slabljenje signala, modra barva pa maksimalno dovoljeno slabljenje signala).

Pri nestandardnih vmesnikih pa s simulacijo pridobimo očesni diagram (slika 4) pri sprejemniku signala in preverimo, če je odprtost očesnega diagrama zadostna za sprejemnik, ki ga uporabljamo. Pri tem se opiramo na nivo signala, definiranega v tehnični dokumentaciji sprejemnika, ki ga sprejemnik zahteva za zanesljivo detekcijo nivoja vhodnega signala.

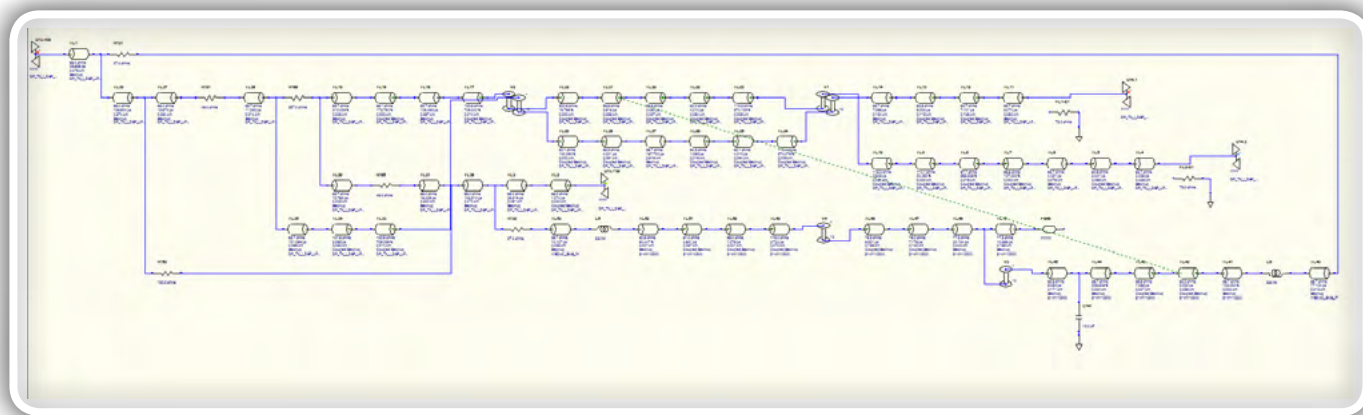
V primeru, ko frekvenčni odziv oziroma očesni diagram ni v skladu z zahtevami, je potrebno analizirati, kaj se lahko izboljša pri vodenju signala po tiskanini, da bi dosegli manjše slabljenje oziroma bolj odprt očesni diagram.



**Slika 4: Simulacija očesnega diagrama**

Včasih za to analizo zadostuje že pregled vodenja signala po tiskanini, pri katerem ugotovimo kakšne od bolj očitnih pomanjkljivosti vodenja signala. Pri hitrih signalih na povečanje slabljenja najbolj vplivajo štrclji, ki jih predstavljajo skozniki, ki potekajo preko celotne debeline plošče (slika 1). Za izboljšavo slabljenja je le te potrebno zamenjati s skozniki, ki potekajo samo med dvema plastema tiskanine (slabost teh skoznikov pa je višja cena tiskanine, saj ti skozniki pomenijo dodaten korak pri proizvodnji tiskanine) ali pa povrtati del skoznika, ki predstavlja štrcelj.

Pri bolj zahtevnih signalih ali bolj skritih pomanjkljivostih na signalih pa danes orodja omogočajo, da se določeno linijo izvozi v električno shemo (slika 5). Iz fizične linije tako dobimo shemo, ki vključuje prenosne linije z njihovimi kapacitivnostmi, induktivnostmi, upornostmi in zakasnitvami, pasivne elemente, konektorje podane z S-parametri ali Spice modeli. V tej shemi so tudi vključeni električni modeli skoznikov. Možno je spreminjati določene komponente ali dele sheme in tako ugotoviti kaj najbolj vpliva na slabljenje hitrega signala. Ko v električnem modelu linije ugotovimo, kaj izboljša karakteristiko, je to potrebno prenesti nazaj v fizični svet oziroma v vodenje linije preko tiskanine. Sledi ponovna simulacija izboljšane linije hitrega signala. V enem ali več iteracijah tako pridemo do zahtevane karakteristike hitrega signala.



**Slika 5: Električna shema dela signala na tiskanini**

Za vsako enoto, na kateri so vezja z večjo porabo, opravimo tudi simulacijo padcev napetosti preko napajalnih plasti. Želimo namreč izvedeti, kakšen je padec napetosti na določeni enoti preko same tiskanine in preko induktivnosti za glajenje napajalne napetosti. Na sliki 6 je prikazan padec napetosti preko plasti mase v tiskanini.

Iz grafičnega prikaza zgoraj se vidi, da je padec napetosti preko masne plasti precej enakomeren, napetost počasi pada od napajalnika na levi strani plošče proti porabnikom na desni strani plošče. Razlogi za večji padec napajalne napetosti po plasti so lahko zožitve napajalne ali masne plasti ali množica skoznikov, ki zmanjša površino za distribucijo napajalne napetosti. V primeru, da se s simulacijo odkrije prevelike padce napetosti, je potrebno spremeniti tiskaino (običajno se razširi napajalne plasti in bolj enakomerno razporedi skoznike), da se zagotovi boljšo distribucijo napajanja preko plošče oziroma manjši padec napajalne napetosti. Izzivi na področju simulacij hitrih signalov

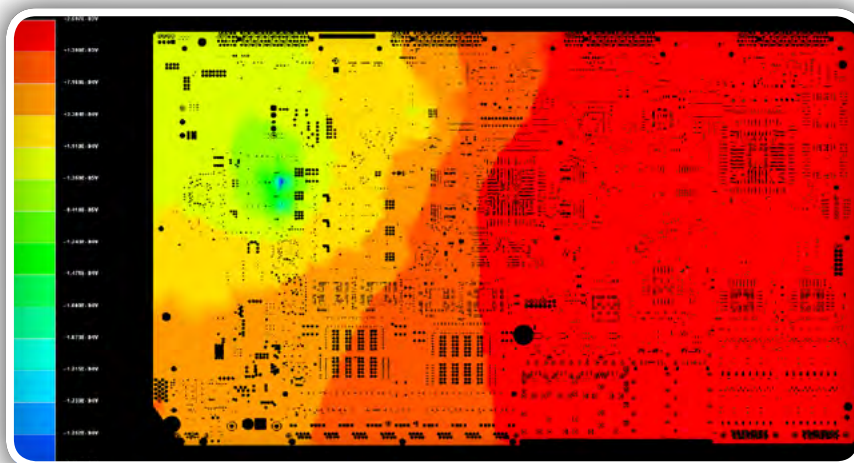
V prihodnosti pričakujemo dvig najvišje hitrosti signalov na digitalnih Aviat enotah iz 10Gb/s na 25Gb/s. Občutno povečanje

hitrosti signalov bo občutno povečalo tudi zahtevnost pri načrtovanju tiskanine enote in izvajanju samih simulacij.

Vsi parazitni elementi pri hitrosti 25Gb/s dobijo večji pomen, kar pomeni, da bolj vplivajo na degradacijo hitrega signala.

Materiali za tiskanine, ki jih trenutno uporabljamo, verjetno ne bodo primerni za 25Gb/s hitrosti. Potrebno bo uporabiti materiale namenjene uporabi za še hitrejša signala (Megtron 6/7, Rogers).

Vodenje signala po tiskanini bo potrebno izvesti še bolj skrbno. Število skoznikov, preko katerih gre hitri signal, bo treba še zmanjšati.



**Slika 6: Padec napetosti preko plasti mase v tiskanini**

Pri simulacijah se bo povečal čas za analizo frekvenčnega odziva linij. Zaradi zahtev po slabljenju, ki gredo do 25GHz, bo več neželenih učinkov parazitnih elementov, ki jih bo potrebno s pomočjo simulacije odpraviti. Vsekakor bo več časa potrebnega za izvajanje simulacij in analize rezultatov simulacij.

Izziv vidim tudi pri pridobivanju kvalitetnih električnih modelov za konektorje in pasivne elemente, kot so kondenzatorji. Pridobiti bo potrebno bolj natančen električni model od današnjega, saj se določene parazitne vrednosti pojavijo oziroma pridejo do izraza šele pri visokih frekvencah. V primeru, da modeli ne bodo na voljo do frekvenc 25GHz in več, bo s pomočjo 3D orodij potrebno narediti 3D model na primer konektorja in ga s pomočjo specialnega orodja pretvoriti v natančen električni model za simulacijo.

Trenutno pridobljeno znanje bo potrebno še nadgraditi in ga uporabiti pri načrtovanju novih enot s še hitrejšimi signali, ki bodo v prihodnosti potovali preko naših enot.

# Avtomatizacija industrijskih meritev z internetom stvari na dublinskem Kolidžu svete Trojice



ADD ProS d.o.o.  
Avtor: Andrej Drozg  
[www.add-pros.com](http://www.add-pros.com)  
[www.ni.com](http://www.ni.com)

*Globalno vodilni ponudnik infrardeče ogrevalne tehnike in storitev Ceramicx Ireland se je nedavno soočil z zahtevnim izzivom pri preskušanju svoje obširne palete izdelkov, ki obsega več kot 150 različnih vrst delov. Vse meritve morajo potekati hitro, dosledno in natančno. V reševanje tega večrazsežnostnega problema se je vključila tudi akademska sfera, rešitev pa izkorišča moč industrije 4.0 in vizijo pametnih tovarn prihodnosti.*

## Rešitev

V okviru projekta CIRCLE, pri katerem so sodelovali raziskovalci podjetja Ceramicx in dublinskega Kolidža svete Trojice (TCD), je bil razvit popolnoma avtomatiziran in prilagodljiv sistem za preskušanje in validacijo izdelkov. Preizkušanci (DUT) so keramični in kvarčni grelni elementi raznih velikosti in oblik ter z različnimi mehanskimi in električnimi lastnostmi. Projekt CIRCLE osvetljuje pomen infrastrukture na osnovi industrijskega interneta stvari (IIOT) pri decentralizaciji procesov testiranja z namenskimi testnimi postajami, v katerih so vgrajeni krmilniki NI CompactRIO za vodenje v realnem času. Vsaka testna postaja je opremljena s svojimi merilnimi napravami in aktuatorji, npr. z visokonapetostnimi testerji, infrardečimi kamerami in motornimi pogoni.





## Ustvarjanje decentralizirane arhitekture IIoT

Decentralizirana arhitektura zahteva uporabo nadzornika v megli ali oblaku, ki vodi postaje pri izpolnjevanju enotnega cilja. Nadzornik v projektu CIRCLE je komunikacijsko vozlišče, ki nadzoruje, konfigurira in upravlja testne postaje prek omrežja. Tim raziskovalcev na TCD je program nadzornika razvil v okolju LabVIEW in izdal v obliki izvršljive datoteke za operacijski sistem Windows. Nadzornik identificira program, ki se mora izvajati za DUT na posameznih testnih postajah (vozliščih na robu omrežja). Pri tem uporablja programski portal-vtičnik, ki omogoča tudi ostalim razvijalcem iz akademskih krogov in industrije integracijo programskih aplikacij in podatkovnih storitev po meri.

»Z razvojem novih testnih postaj bomo tako lahko brez težav vključevali nove teste. Spremembe posameznih testnih postaj ne vplivajo na delovanje ostalih testnih postaj,« poroča dr. Jeff Morgan s TCD. »Krmilnik CompactRIO vsake povezane testne postaje lahko komunicira z ostalimi krmilniki CompactRIO in s sistemskim nadzornikom s pomočjo programske opreme, ki smo jo razvili v okolju LabVIEW. Tako smo ustvarili popolnoma povezan in interoperabilen sistem, ki je zmožen prave vzporedne obdelave z decentraliziranimi procesorji.«

## Definiranje najnaprednejše tehnologije

Industrija 4.0 bo mogoča le s konvergenco visokozmogljivega in nizkocenovnega računalništva in komunikacije. Proizvajalci, ki želijo ostati konkurenčni, morajo biti prilagodljivi za hitro odzivanje na nenehno spreminjajoče se zahteve trga. Raziskovalci v projektu CIRCLE verjamejo, da decentralizirano upravljanje in sodelovanje uspešno izpolnjujeta zahteve progresivnih proizvodnih podjetij. Arhitekturna osnova za to je platforma za pametno izvajanje testov z možnostjo preoblikovanja SR-TEX (Smart Reconfigurable Test EXecution). Gre za univerzalno in decentralizirano platformo za spremljanje, nadzor in upravljanje, ki jo je mogoče uporabiti na vsaki avtomatizirani liniji za vzporedno preskušanje in validacijo izdelkov.

## S partnerstvi do sredstev

Močna partnerstva, kot je CIRCLE, lahko nastanejo le, ko se akademska sfera poveže z industrijo pri doseganju skupnih ciljev. Obstaja večja verjetnost, da bodo inovativne raziskave spremenile svet, če jih podprejo globalne avtoritete iz akademskih krogov in vrhunski strokovnjaki iz industrije, ki so tehnologijo sposobni pripeljati na trg.

Tradicionalna izjava o podpori raziskovalnemu predlogu je le en prispevek, s katerim lahko industrijski partner pripomore k uspehu akademskih raziskav. Pravi partner iz industrije lahko raziskovalcem pomaga pridobiti dostop do znanja, vpogleda v problematiko,



tehnologije in veščin, ki močno prispevajo h kredibilnosti raziskovalnega načrta. Pristop z osredotočenjem na izdelavo prototipov v smeri tehnološke pripravljenosti in razvoja novih izdelkov, ki sta ga za svojo rešitev uporabila kolidž TCD in CeramicX, lahko koristi razvoju danes ključnih raziskovalnih področij, kot je industrija 4.0.

*Celotna študija primera je na voljo na naslovu [ni.com/academic/research](https://ni.com/academic/research).*



### **Beseda podpredsednika NI raziskovalcem**

Raziskovalci vsak dan uporabljajo platformo NI za premikanje meja odkrivanja. Vodijo jih veliki izzivi, s katerimi se sooča človeštvo ter gospodarski in tehnični trendi, ki spreminjajo brezžične komunikacije, prevoz in energijo. Ideje, teorije in prototipi, ki se začnejo v laboratorijih za akademske raziskave, segajo v vse bolj zapletene aplikacije in sčasoma vplivajo na življenja vseh v obliki komercialne tehnologije.

Tako raznoliki, kot je morda področje njihovih raziskovalnih središč, se akademiki soočajo s podobnimi izzivi, ne glede na področje. Cilj NI je bil vedno pomagati znanstvenikom in inženirjem, da preživijo svoj čas na nečem novem in inovativnem, tako da ponudi natančnost, ponovljivost in prilagodljivost skozi platformo, ki jih potrebujejo za potrditev in prototip raziskav.



Prispevek je del priročnika, ki nam služi kot prostor za izmenjavo spoznanj in najboljših praks svetovne raziskovalne skupnosti skozi predstavitev novih raziskav, izvedenih s pomočjo platforme NI.

*David Wilson, Podpredsetnik  
za trženje izdelkov program-  
ska oprem, akademiki in izo-  
braževaje strank*

[ni.com/academic/research](https://ni.com/academic/research)



**ADD ProS d.o.o.** • +386 3 4250 800 • [info@add-pros.com](mailto:info@add-pros.com) • [www.add-pros.com](http://www.add-pros.com)

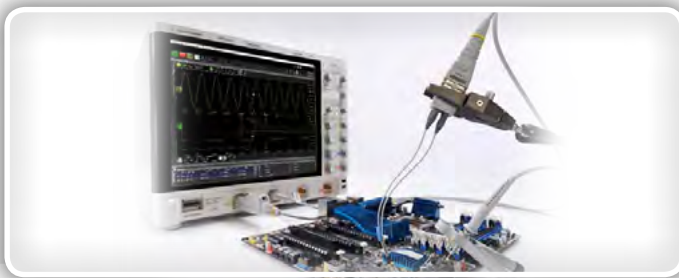
# Probing Signals in High-Speed Digital Designs



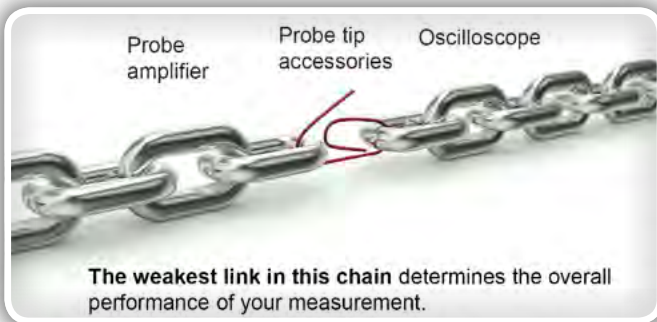
Amiteh  
Autor: Mirko Ivančič

*V predavanju želimo predstaviti, kaj je treba upoštevati pri povezovanju digitalnih signalov visokih hitrosti kot npr. DDR, MIPI, USB, HDMI na merilnike, npr. osciloscope.*

## Beware of uncontrolled input leads

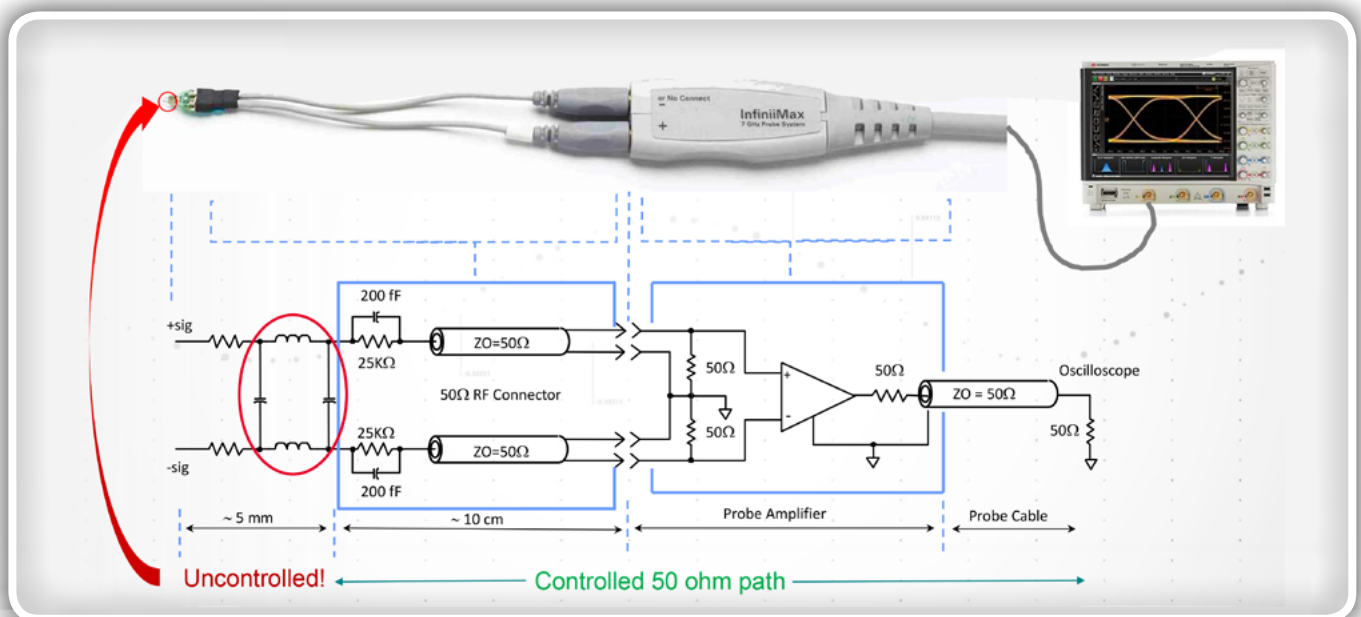


### What's the weakest link in the chain?



### InfiniiMax I/II probe architecture

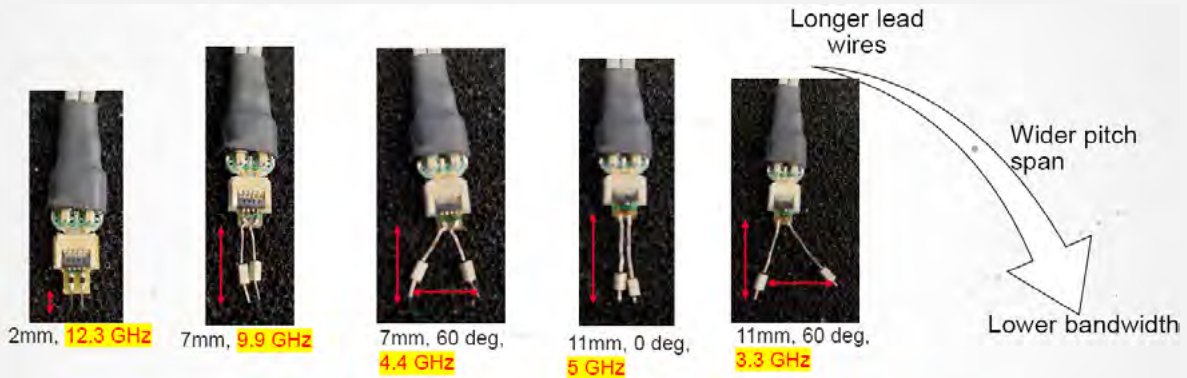
This uncontrolled ~4 mm tip leads may have a huge effect on the performance of your probe and the entire measurement system.





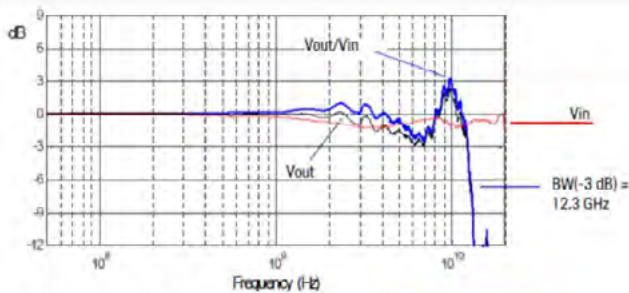
**Varying lead length/span affects probe bandwidth**

InfiniiMax II N5425B ZIF head + N5426A ZIF tips or N5451A Long-wire ZIF tips.

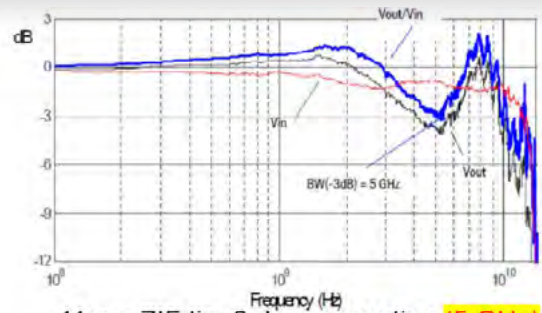


Bandwidth is reduced with increased lead wire length and loop area created by two input leads. **Keep it short and a small loop area.**

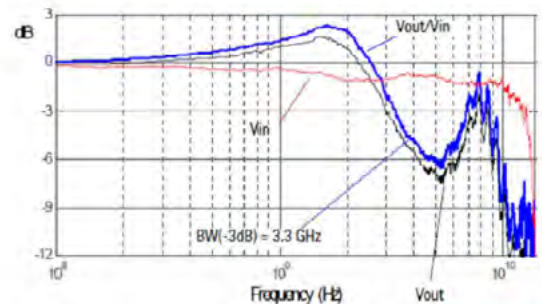
**Varying lead length/span can greatly affect the flatness of the frequency response**



2mm ZIF tip, 0 deg separation (12.3 GHz)



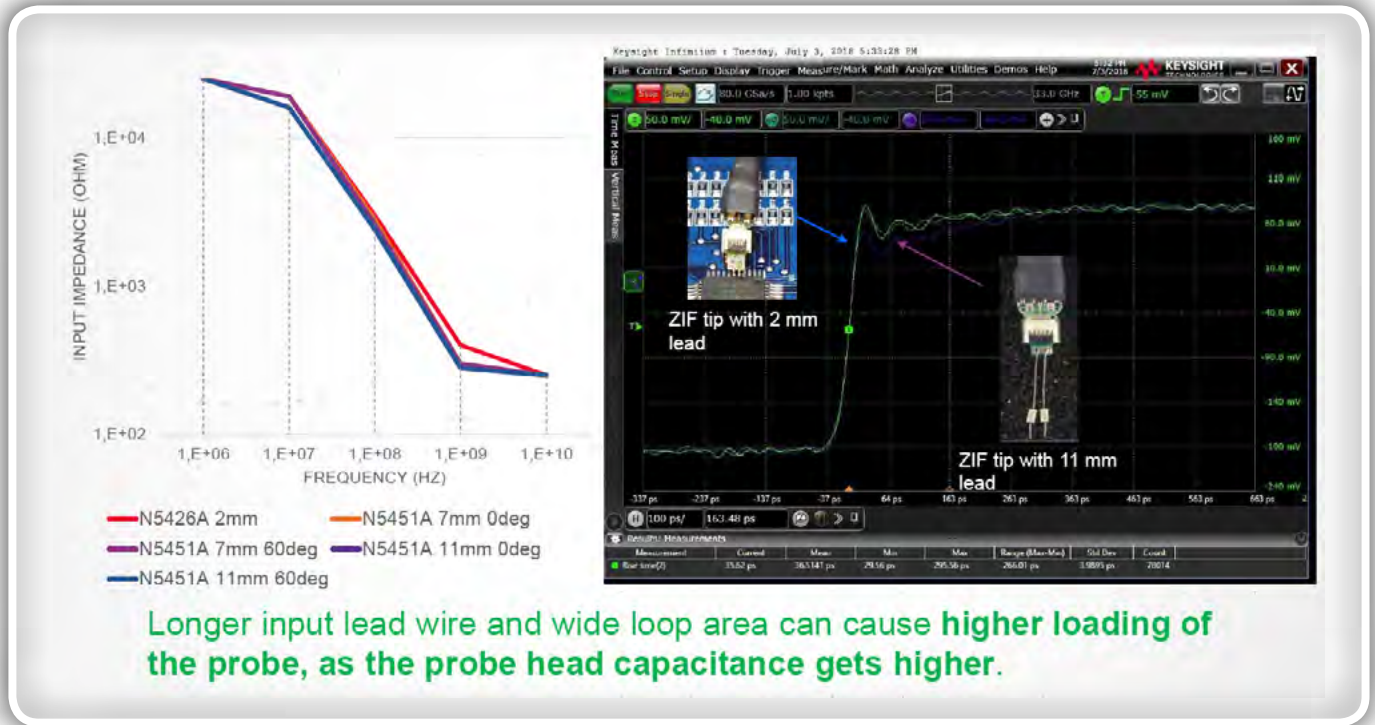
11mm ZIF tip, 0 deg separation (5 GHz)



11mm ZIF tip, 60 deg separation (3.3 GHz)

Longer input lead wire and wide loop area can cause **non-flat frequency response.**

Varying lead length/span can affect the probe loading too



Summary – beware uncontrolled input leads

- Probe accessories can greatly affect the overall bandwidth, frequency response and loading characteristics.
- Keep it short!
- Keep the loop area of the tips as small as possible.

Probe loading considerations  
Probe loading in a nutshell

This child's body temperature drops as his mom places her hand. It changes his body temperature as his mom takes away the temperature.

Probe loading is just like this. Connecting a probe to the DUT can change the circuit behavior (amplitude, rise/fall time, offset, time delay etc).



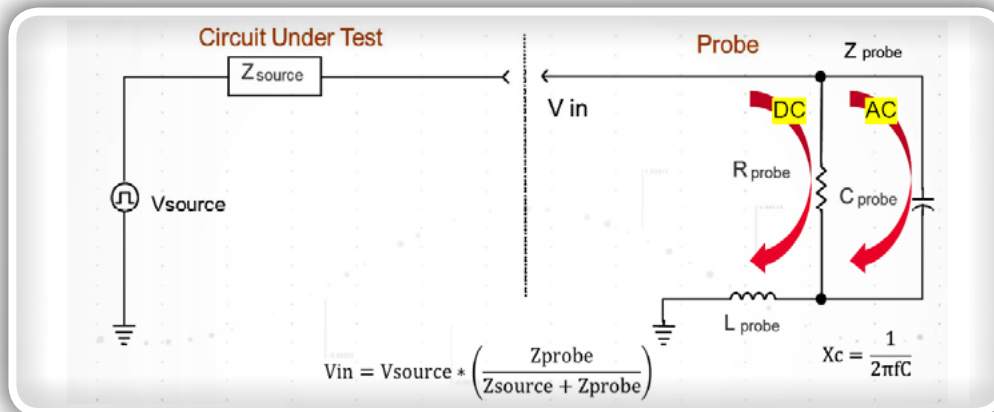
Why probe loading matters

- As mom's hand is placed the boy's temperature drops to 37.8 degC.
- One may estimate it might have been 38 degC, but in reality, the temp is no longer 38 degC. It is 37.8 degC.
- A probe with poor loading characteristics may change your circuit behavior, regardless of the waveform the scope shows you.
- Keysight InfiniiMax probes are designed to show you the signal at the tip as loaded by probe.

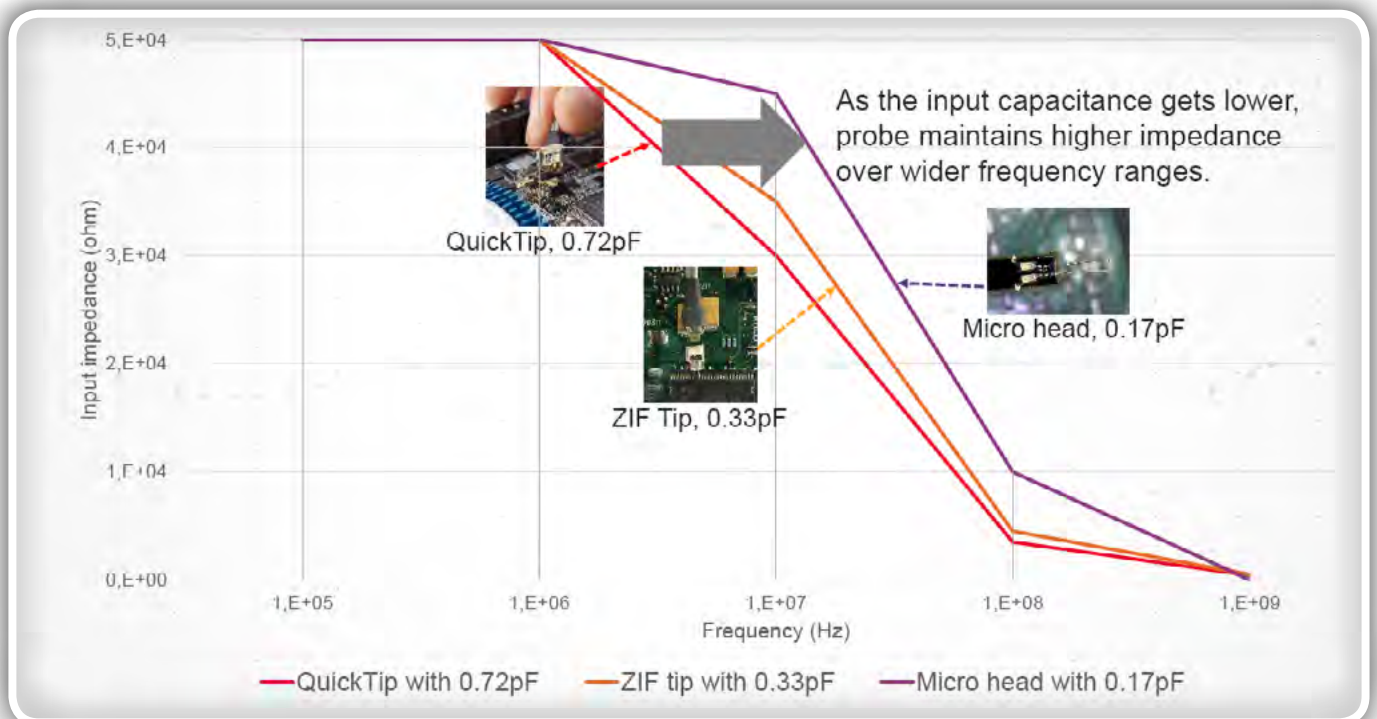


### Probe loading – a circuit level view

- Probe becomes an additional load driven by the signal source and can change the operation of the DUT.
- Resistive, capacitive and inductive loading effects must be considered.
- Pay careful attention to capacitive loading as your system bandwidth gets higher.

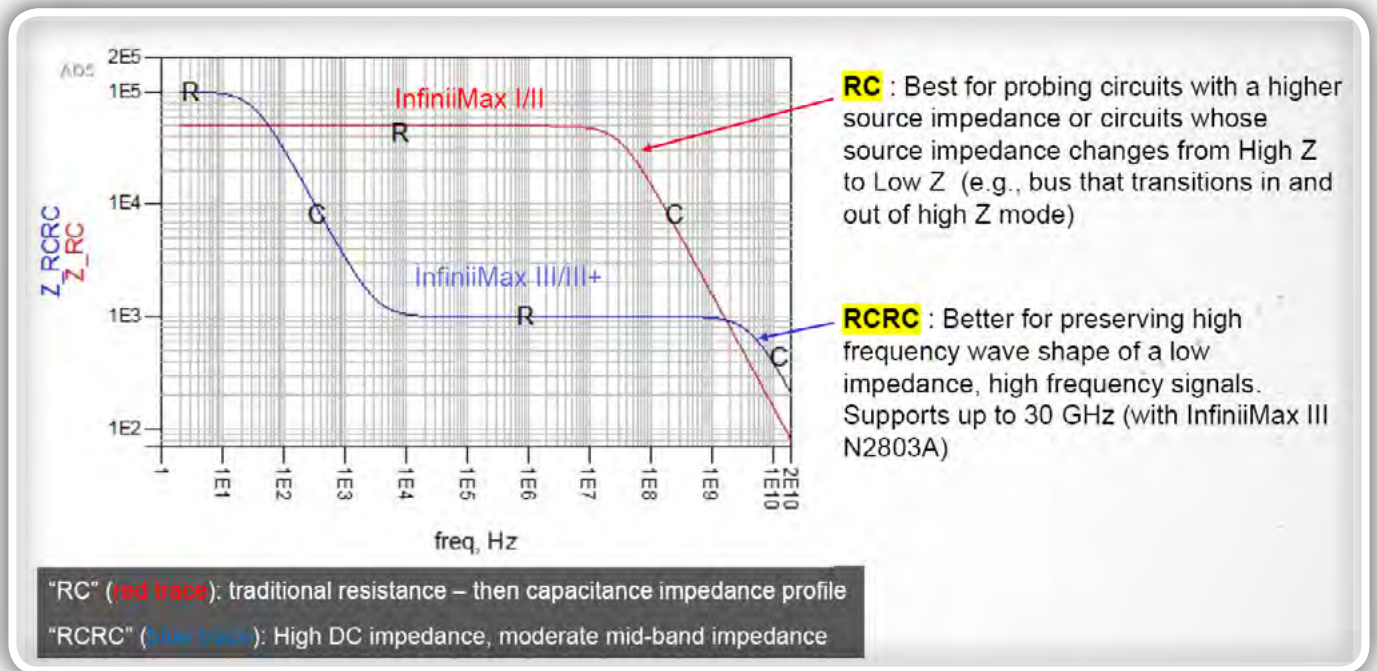


### Lower capacitance lets you use higher impedance over wider frequency ranges



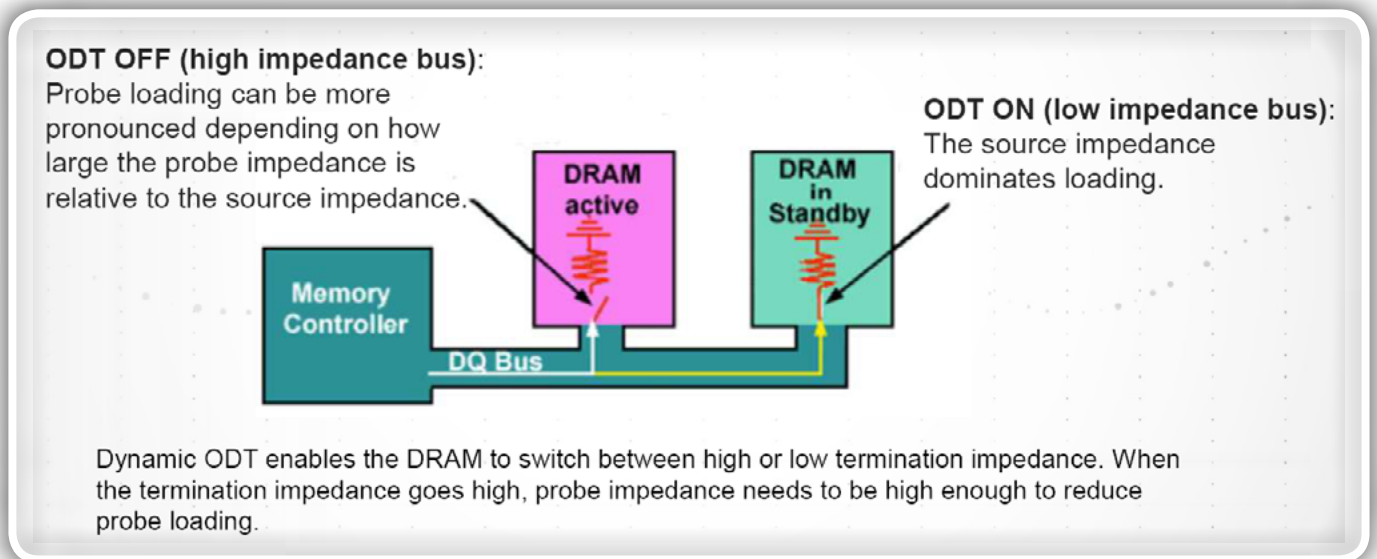


### Two common probe impedance profiles



### DDR memory dynamic on-die termination (ODT) modes

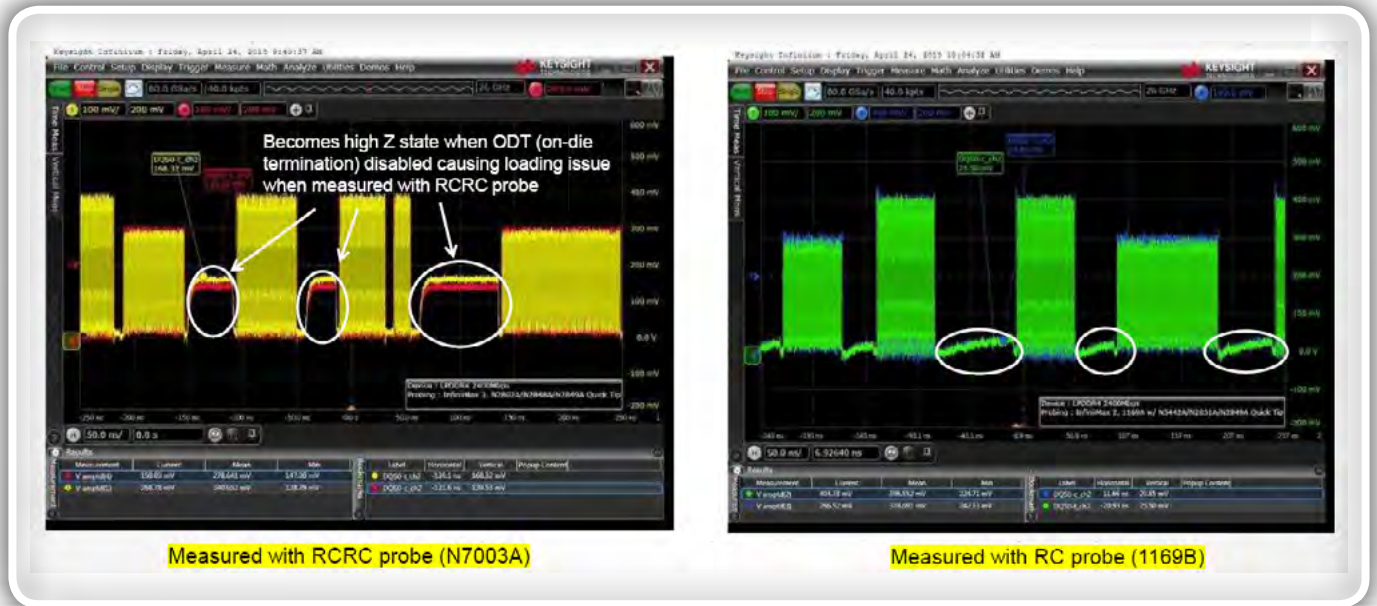
How large is your probe input impedance relative to the source impedance?





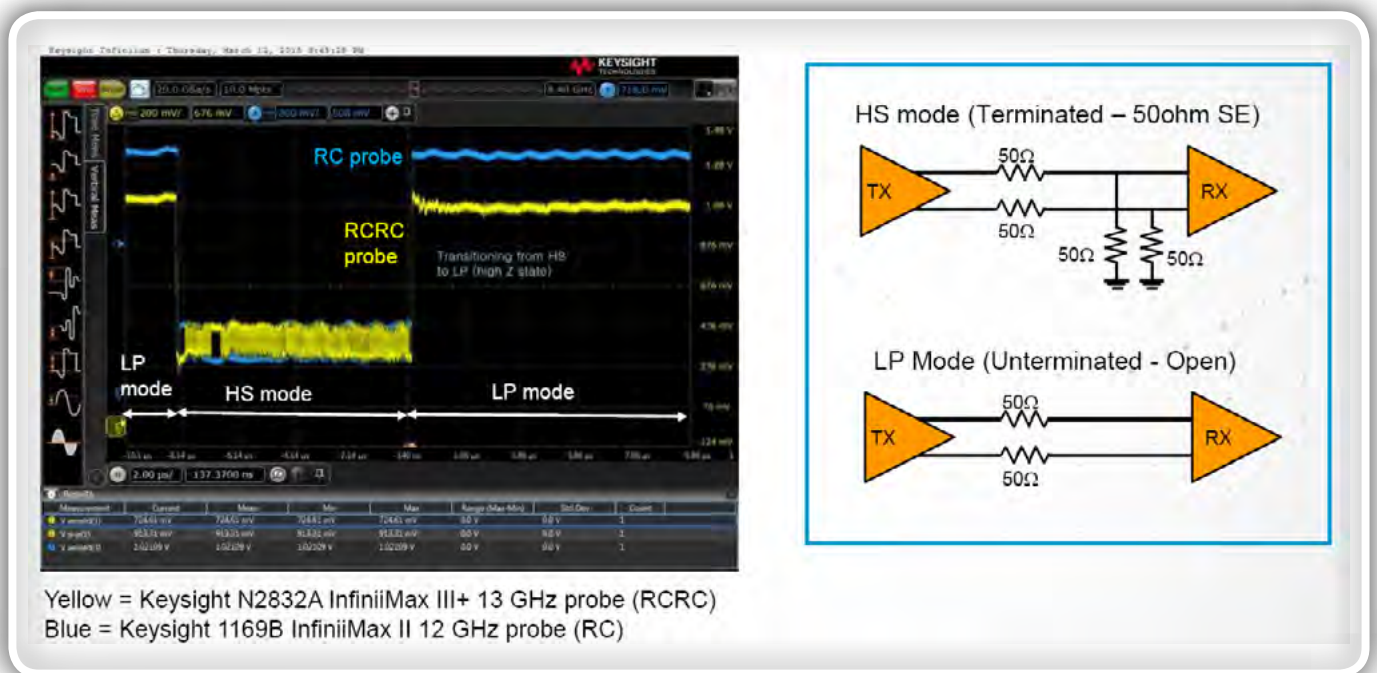
### Probing a LPDDR4 memory bus with switching impedance

- Probe loading effect makes difference in two waveforms.
- RC probe is a better choice when probing buses that transition to a "high Z" state or when dealing with signal with high impedance.



### Probe loading effect in measuring MIPI D-phy

For D-PHY HS mode, signals are terminated into 50-ohm single-ended to ground. For LP mode, the signals are unterminated or open to minimize current flow to save power.



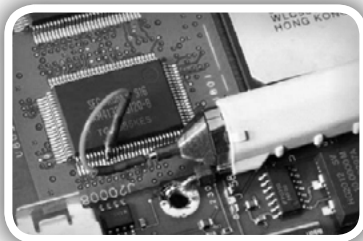
## Summary – Probe loading

- Pay careful attention to capacitive loading as your system bandwidth gets higher.
- As the input capacitance gets lower, probe maintains higher impedance for wider frequency ranges.
- There are two types of loading characteristics for probes – RC vs RCRC profiles where RC probes being for more general purpose and RCRC probes for high BW, low impedance target.
- For InfiniiMax probes, probe input impedance is the function of probe head, not probe amp.
- Beware using the RCRC probe for the target with high input impedance or the source impedance switching between high and low values.

## Probe response corrections

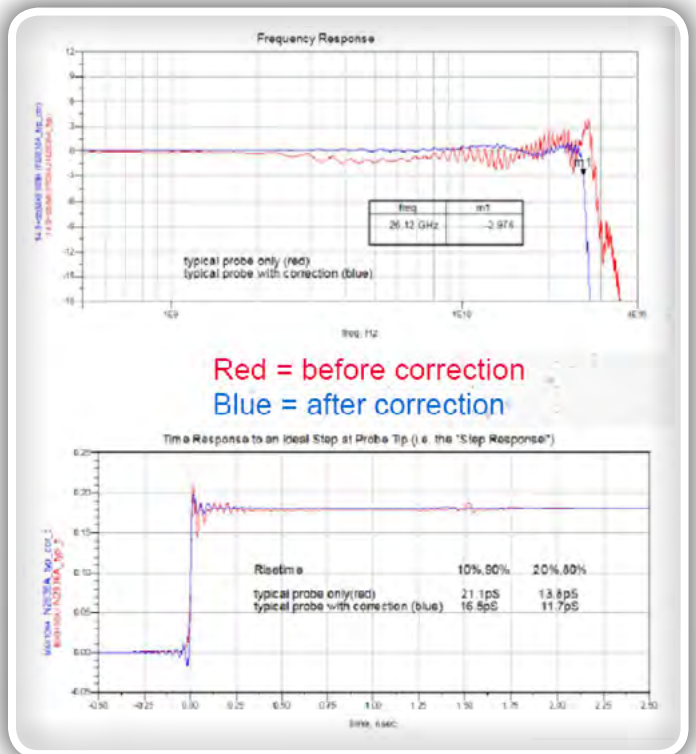
### Your probe... yesterday and today

- In the old days, the bandwidth and accuracy of the high-end probe relies on their inherent hardware response.
- It was typically enough for the performance levels needed at that time.
- However, as newer generation probes with higher bandwidth came along, the need for higher and more consistent accuracy has been growing to minimize the probe variation effect.



### Enhanced probe response with DSP correction

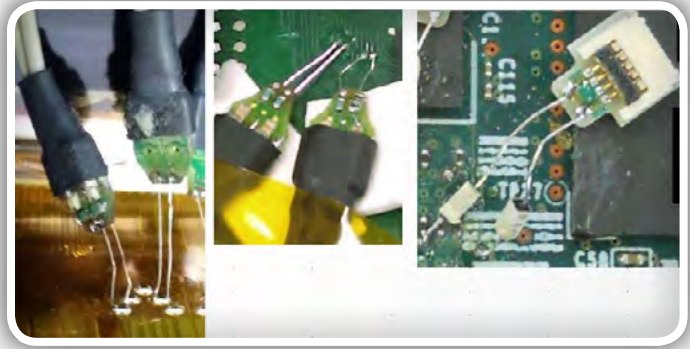
- To address the need for better performance and increased accuracy, high performance probes started utilizing measured response of the probe system to DSP correct and enhance the hardware response.
- Currently, Keysight InfiniiMax II, III and III+ probe systems use S parameter for correcting probe responses. No correction for InfiniiMax I.
- On the probe menu of the Infiniium software, you can choose the S parameter of a probe head in the probe head selection menu. It is combined with the S parameter of the probe amp to correct the response of the whole probe system.



**Important variation factor to keep in mind..**

Keysight provides S parameter correction filters for all these components based on standard tip configuration. However, other factors such as the variation in probe tip configuration such as

- tip length,
- tip span,
- arrangement of wires,
- partial damage, and
- probe orientation to DUT can still affect probe response.



Keysight provides S parameter correction filters for all these components based on standard tip configuration.

**AC response calibration options**

**Automatic Probe Correction:** uses factory generated S parameters for InfiniiMax probe amp and head. It is important to choose the right probe head and accessories in the probe head menu to get appropriate probe head correction.

**PrecisionProbe/PrecisionCable:** uses the measured probe/cable response obtained from the PrecisionProbe cal. PP cal takes care of AC correction from the probe amp to the tip end.



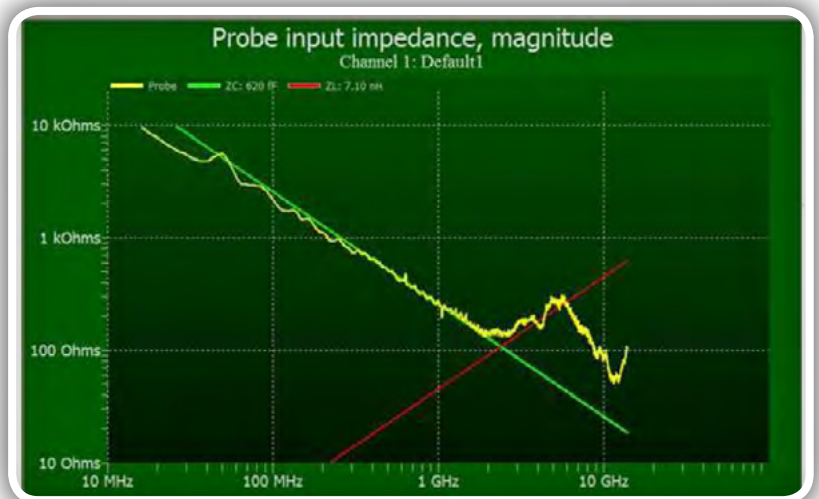
### Advanced probe correction method using PrecisionProbe

- The ideal way to ensure the best accuracy for a probe is to perform a calibration of its response in the configuration that it will be used before critical measurements are made.
- The PrecisionProbe application uses the fast calibration step signal and a high quality probe fixture with cables to accurately measure and correct for the response of any probe.



### Capacitive and inductive loading plot

- Another very useful result furnished by the Precision Probe application is a plot of the measured input impedance of the probe and adjustable measurement lines to determine the capacitive and inductive loading of the probe.
- Note that the PrecisionProbe may be able to show you the signal the way you want, but probe loading is still there impacting the target signals. **Always!**



### PrecisionProbe vs InfiniiSim

	PrecisionProbe	InfiniiSim
What it does	Characterize cable or probe quickly/easily and remove unwanted cable loss or probe loading with a scope	De-embedding and waveform transformation toolset providing means to render waveform anywhere in the system link
Use model	For simple characterization and correction without need of a VNA or a complex simulation SW	Very broad- Remove unwanted channel effect or insert channel effect, view waveforms in physically improbable location, remove probe loading effect etc
When to use	For quick and easy Vout/Vin or Vout/Vsrc correction and probe input impedance measurement	When you have a s-parameter file or a measurement expertise and want full 4-port modeling
Limitation	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Only for S21 insertion loss removal of cable or probe</li> <li>• No return loss</li> <li>• Limited bandwidth boost due to elevated noise floor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Takes extra equipment (VNA, TDR)</li> <li>• Takes effort and time</li> </ul>



### Spice models for probe loading effect simulations

- Spice models for all InfiniiMax probe heads/amps are supplied in the InfiniiMax user's manuals.
- Only input impedance models are supplied for modeling probe loading
- Cut/paste the spice deck into a regular txt file and import into programs like Pspice.

\*SPICE Model for InfiniiMax 1160 Series  
\*N5901A (&N5902A) Differential Probe Heads

**SPICE Deck**

```

C2  %44  %40  27.6F
Cm2  %41  %38  92f
Cp2  %43  %36  92f
Cp1  %43  %34  183f
Cm1  %41  %31  183f
C1  %44  %28  56.4f
vsminus  %16  %vminus  ACMag=sweep(1,0)
vsplus  %vplus  %16  ACMag=sweep(1,1)
Lom2  %47  %0  2n
Lom  %43  %0  30u
L2  %40  %39  .441n
Lm2  %38  %37  1.47n
Lp2  %36  %35  1.47n
Lp1  %34  %33  4.07n
Lm1  %31  %30  4.07n
L1  %28  %32  1.22n
Rm3  %41  %43  25k
Rp3  %43  %44  25k
Rom  %43  %47  250
R2  %39  %41  110
Rm2  %37  %43  33
Rp2  %35  %44  33
Rp1  %33  %44  70
Rm1  %30  %43  70
R1  %32  %41  1.17k
Rtipm  %vminus  %41  50
Rtipp  %vplus  %44  50
Rrtn  %15  %0  .0001
                
```

### Summary – Probe response correction

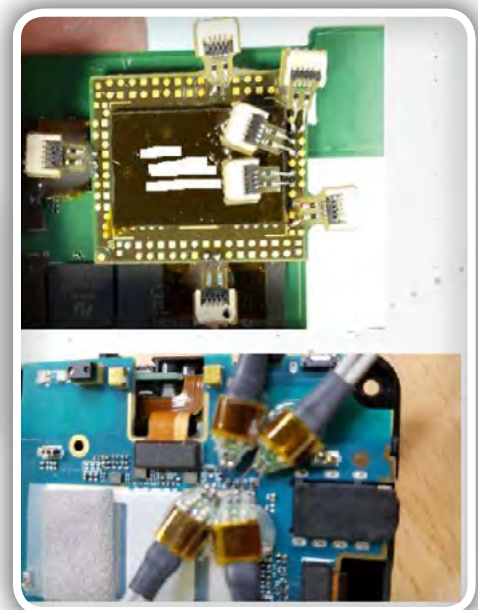
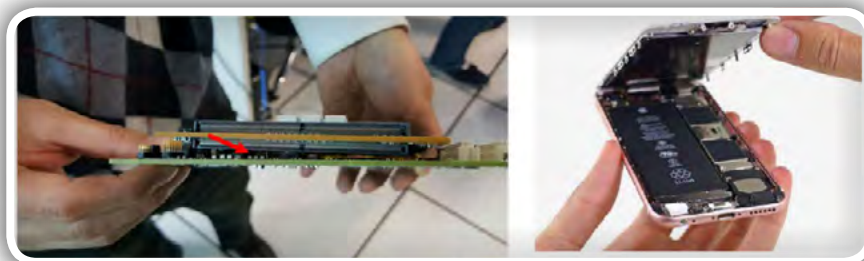
- Keysight provides S parameter correction filters for InfiniiMax probe amps and heads based on standard tip configuration.
  - Other factors such as the variation in probe tip configuration can still affect the probe response.
  - PrecisionProbe application accurately measures and corrects for the response of any probe in the configuration it will be used.
  - PrecisionProbe may be able to show you the signal the way you want, but probe loading is still there impacting the target signals.
- Always!**

### Probing in extreme conditions

#### Small Geometry Probing – Key Drivers

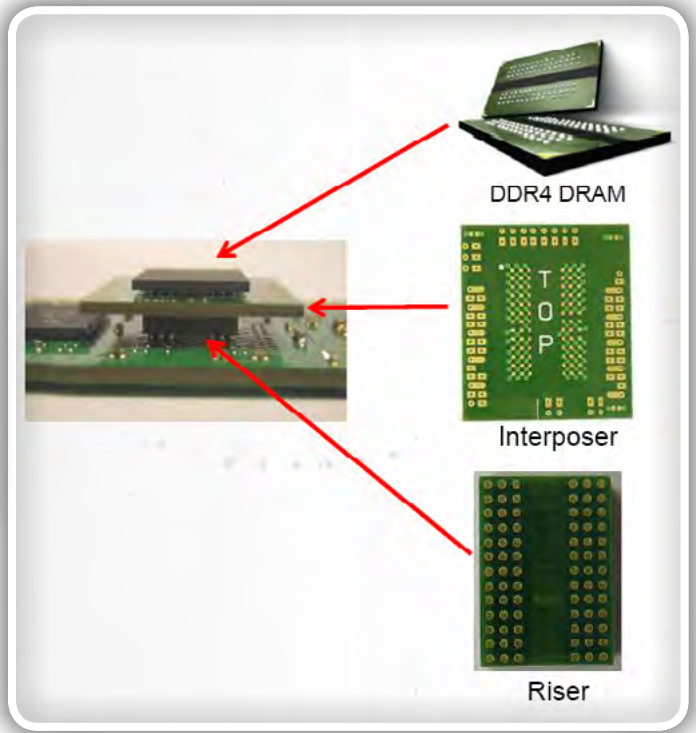
Target devices (connection pads, SMD, vias, interposers etc.) are ever getting:

- Smaller
- Denser with lots of signal to look at in tight space
- More challenging with narrow spacing between PCAs



### Small Geometry Probing Challenges

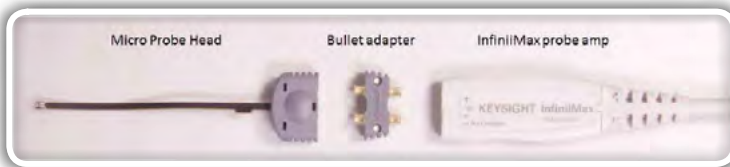
- DDR memory probing – lots of signals to look at in very tight space!
- DUT size gets smaller and smaller, resulting in smaller pads and narrower pitch spacing that make probing job ever more challenging.



### New MX0100A micro probe head

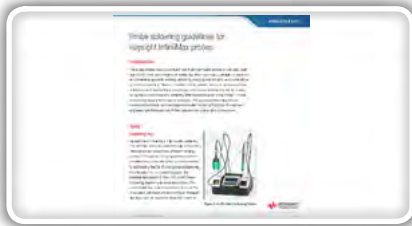
Uncompromised access to your fine pitch devices:

- < Half the size of existing solder-in probe heads
- Small, flat and flexible (using flex printed circuit)
- Full probe amp bandwidth (>12GHz with 1169B)
- Excellent probe loading (0.17 pF)
- Compatible with "RC" probe amps (InfiniiMax I/II and next generation RC probes)
- Reusable
- Wider operating temp range : -55 to +150 degC (per JEDEC JESD22 -A104 revision E spec)
- Half the price of existing solder-in heads Uncompromised access to your fine pitch devices



### The life span of the head is highly dependent on how you use it!

- The life span of the head is highly dependent on how you use it!
- Microscope is a **MUST** have tool.
- Highly recommend low temp solder such as SAC (Tin-Silver-Copper with 220 degC melting point), or tin-bismuth with 138 degC melting point with the temperature-controlled solder iron with the tip temp set as low as possible.
- Use a small solder tip (<1mm tip).
- Don't apply heat on the probe lead for long time. Use <2 sec of dwell time on the joint.
- Strain relieve the head and amp if possible. Use Kepton tape, putty, low temp glue etc.
- Apply flux at the DUT and solder head tip for easier solder flow.

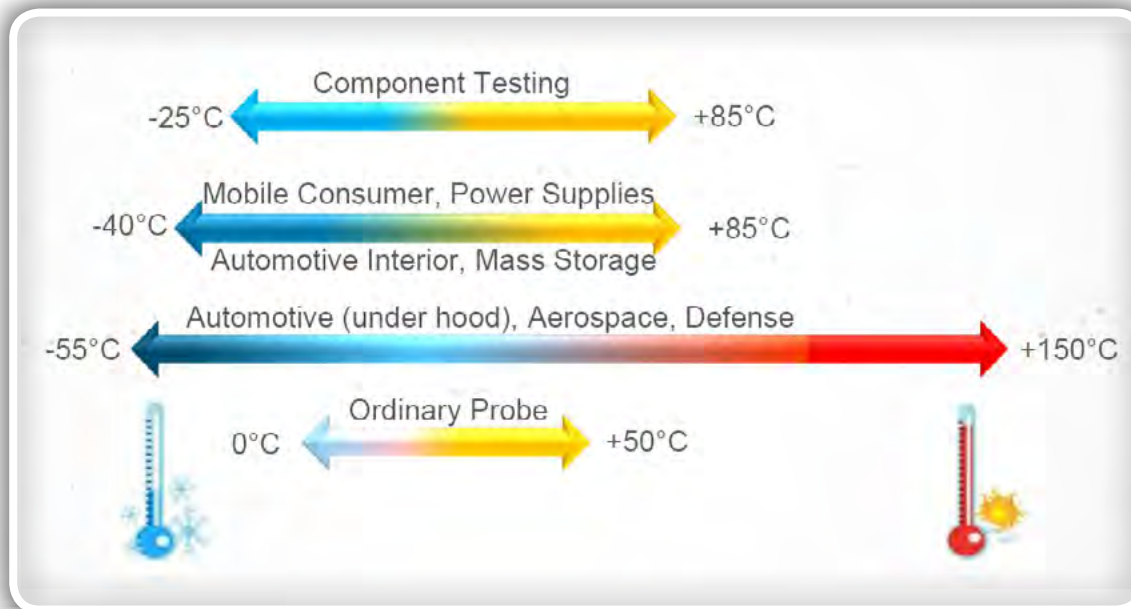


*Application note on InfiniiMax probe soldering guidelines (5992-3350EN)*



### Oscilloscope Probing in Extreme Temperature

Temperature test ranges and applications





### Extended Temperature Probing with InfiniiMax Probes, as wide as -55 to +155 degC

#### MX0100A : 12 GHz Micro Solder-in Probe Head (RC)

- < Half the size of existing solder-in probe heads
- Small, flat and flexible (using flex printed circuit)
- Compatible with any InfiniiMax I/II RC probe amps
- Operating temp range: -55 - +150°C

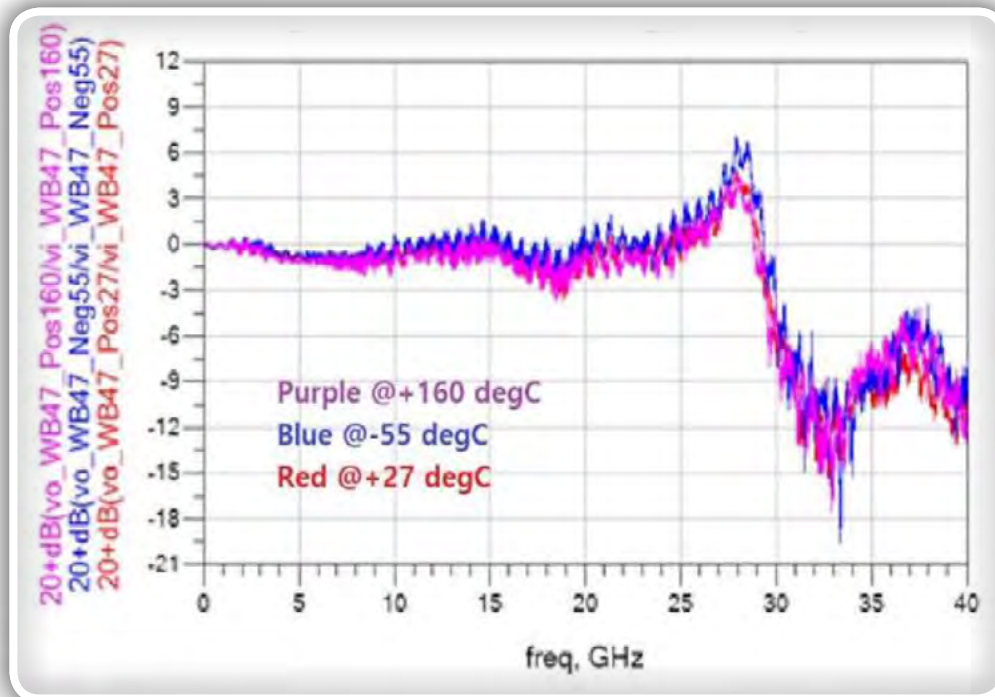
#### MX0109A : 26 GHz Solder-in Probe Head

- 26 GHz bandwidth
- Same performance as N2836A
- Compatible with InfiniiMax III/III+ RCRC probe amps
- Operating temp range: -55 - +150°C



### MX0109A frequency response variations over temp

Vout/Vin variation over +160 to -55 degC temperature is fairly small





## InfiniiMax probe heads – operating temperature ranges

Probe head	Description	Max bandwidth	Temp range	Allowed Test cycles
MX0109A	InfiniiMax III Solder-in head	26 GHz	-55 to +150 degC	750+
N2836A	InfiniiMax III Solder-in head	26 GHz	-40 to +85 degC	1000+
MX0100A	InfiniiMax II Solder-in head	12 GHz	-50 to +150 degC	1000+
N5381B	InfiniiMax II Solder-in head	12 GHz	-40 to +85 degC	1000+
N5425B + N5426A	InfiniiMax II ZIF head/tip	12 GHz	-40 to +85 degC	500+
E2677B	InfiniiMax I Solder-in head	12 GHz	-25 to +85 degC	
E2678B	InfiniiMax I Socketed head	12 GHz	-25 to +85 degC	

## Keysight's Extreme Temperature Probing Solution

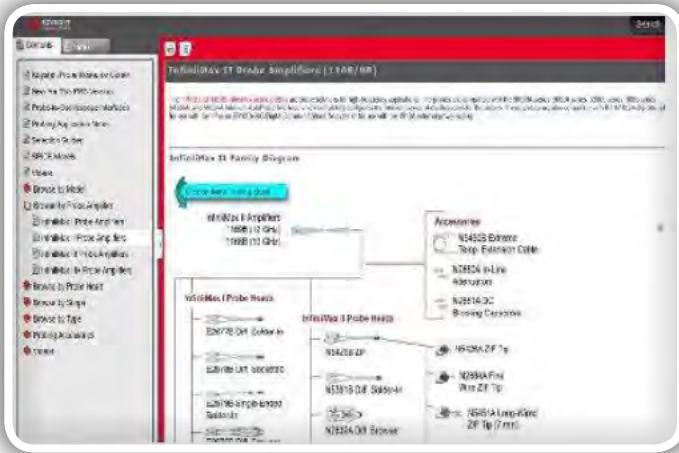
Keysight offers the broadest selection of extreme-temperature oscilloscope probing solutions. [www.keysight.com/find/extreme](http://www.keysight.com/find/extreme).

				
<p><b>N7007A</b> Single-ended Passive 400 MHz 10M<math>\Omega</math> input R 2 m long cable -40 to +85 °C</p>	<p><b>N7013A</b> Probing kit for differential probe 70 MHz Compatible with N2790A, N2791A, N2792A, and N2818A 70 cm long cable -40 to +85 °C</p>	<p><b>N2797A</b> Single-ended Active 1.5 GHz 1M<math>\Omega</math> Input R 2 m long cable -40 to +85 °C</p>	<p><b>InfiniiMax + N5450B</b> extension cable + probe head Differential &amp; SE Active 1.5 GHz – 26 GHz 50 k<math>\Omega</math> Input R -55 to +150 °C</p>	<p><b>N2820A/21A</b> High-sensitivity current probe Current 3 MHz 1.5 G<math>\Omega</math> Input R -55 to +150 °C</p>

### Probe Resource Center (PRC) available on a new HTML platform

- Probe Resource Center (PRC) has been a free Adobe AIR-based application that contains Keysight scope probe information and allows customers to efficiently browse or search for probing information in one easy-to-access location.
- Updated to a new web based HTML5 format which is suitable for Windows, Mac, Android, or iOS devices and can also be downloaded for offline references.

<http://prc.keysight.com>



### Keysight Oscilloscope Probes and Accessories

Wide selections from 50 MHz to 33 GHz

[www.keysight.com/find/probes](http://www.keysight.com/find/probes)

 <p><b>InfiniiMax Diff/SE probe</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Up to 30 GHz</li> <li>• Probe ampl. head topology</li> <li>• Variety of connections – browser, solder-in, socketed, SMA, ZIF tip, QuickTip</li> <li>• S parameter correction</li> <li>• 1130B-34B, 1168/69B, N2800A-03A, N2830A-32A, N7000A-03A</li> </ul>	 <p><b>Optical</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 33 GHz O/E converter for covering up to 28 Gbps optical signal</li> <li>• Optical measurement software built into Infinium</li> <li>• For reference receiver testing or characterizing raw response of an optical transmitter</li> <li>• N7004A</li> </ul>	 <p><b>InfiniiMode Diff/SE/CM probe</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1.5-6GHz</li> <li>• Making diff. SE and CM measurement with a single probe</li> <li>• Multi-function scope control</li> <li>• Includes solder-in, browser and socketed tips</li> <li>• N2750A/51A/52A</li> </ul>	 <p><b>Power rail</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Up to 6 GHz</li> <li>• For making power integrity measurement</li> <li>• Low noise</li> <li>• Large offset range</li> <li>• Low DC loading</li> <li>• N7020A/24A</li> </ul>	 <p><b>Single-ended Active</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Up to 2 GHz</li> <li>• High Input R &amp; low C for low loading</li> <li>• For high speed, ground referenced signal measurement</li> <li>• N2795/96/97A</li> </ul>	 <p><b>High-voltage Differential</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Up to 800 MHz</li> <li>• Up to 7 kV</li> <li>• Ideal for power measurement</li> <li>• High common mode rejection</li> <li>• N2790A-93A, N2891A, N2818A/19A, N2804A/05A</li> </ul>	 <p><b>AC/DC Current Probes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DC to 100MHz</li> <li>• Clamp-on or high sensitivity</li> <li>• 50uA to 500A</li> <li>• 1146B, 1147B, N2780-83B, N2893A, N2820A/21A, N7026A, N7040A/41A/42A</li> </ul>	 <p><b>Passive</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Low cost, rugged design</li> <li>• Variety of accessories</li> <li>• Up to 6 GHz</li> <li>• N2870-76A, 1007x, N2862B/63B/89A/90A, 54006A, 10076C, N7007A+13A, N2140A/42A</li> </ul>	 <p><b>Accessories</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>InfiniiMax probe heads + accessories</li> <li>• Compliance test fixtures (type C)</li> <li>• TekProbe® adapter</li> <li>• SGA probe adapters</li> <li>• Probe positioners</li> <li>• Wedge adapters</li> </ul>
--	---	--	---	---	--	--	--	---



**Smo pooblašteni partner  
proizvajalcev vrhunske merilne opreme**

---



---

Amiteh d.o.o.  
Brnčičeva ulica 13  
1231 Ljubljana-Črnuče  
Tel.: 0590 17571



[prodaja@amiteh.com](mailto:prodaja@amiteh.com)

[www.amiteh.com](http://www.amiteh.com)

[www.rigol.si](http://www.rigol.si)

# Umetna inteligenca na končnih napravah

UM FERI

asist. Grega Močnik, mag. inž. ele., FERI Maribor

[grega.mocnik@um.si](mailto:grega.mocnik@um.si)

asist. Danilo Zimšek, uni. dipl. inž. tk., FERI Maribor

[danilo.zimsek@um.si](mailto:danilo.zimsek@um.si)

<https://www.um.si>

<https://feri.um.si>



Fakulteta za elektrotehniko,  
računalništvo in informatiko

**FERI**

Fakulteta za elektrotehniko,  
računalništvo in informatiko

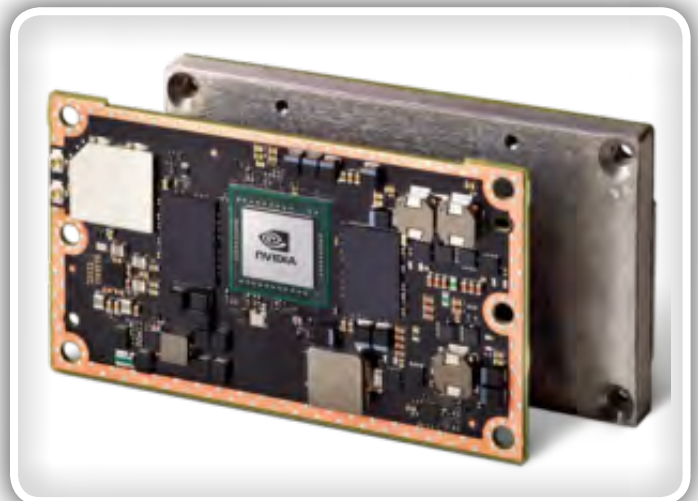
*Vse več problemov zelo učinkovito rešujemo z uporabo umetne inteligence. Algoritmi, ki jih pri tem uporabljamo mnogokrat zahtevajo veliko računskih virov, zato se za implementacijo inteligence v večini sistemov uporabljajo implementacije v oblachne storitve, kjer končne naprave komunicirajo s storitvijo v oblaku. Ta pa izvaja računsko zahtevne algoritme s pomočjo pridobljenih podatkov. Vendar tak način implementacije ni primeren za vse primere uporabe. Pri varnostno kritičnih uporabah, kot je na primer avtonomna vožnja, je potrebno zagotoviti majhno zakasnitev med računskimi postopki, pri uporabi oblachne storitve pa nastane časovna zakasnitev, ki je posledica procesiranja in prenosa podatkov med končno napravo in storitvijo v oblaku. Poleg tega se pojavi težava zagotavljanja stabilne in zanesljive povezave do oblachne storitve, zlasti, ker se končna naprava premika. V takih primerih je potrebno algoritme umetne inteligence implementirati na končni napravi, v primeru avtonomne vožnje na napravi v vozilu.*

## Strojna oprema za inteligenco v vgrajenih sistemih

Pri implementaciji algoritmov umetne inteligence na končni napravi smo pogosto omejeni z računskimi zmogljivostmi, neposredno še z baterijskim napajanjem in fizično velikostjo. Za implementacijo algoritmov umetne inteligence je pogosto najučinkovitejša strojna oprema z veliko računskimi jedri, ki delujejo vzporedno. Vzporedno računanje nek postopek bistveno pohitri, podporo takšnemu računanju izkazuje t.i. platforma CUDA, podjetja NVIDIA. Podjetje NVIDIA trži procesorske module in razvojne plošče z veliko grafičnimi jedri s platformami CUDA, z jedri CUDA in platformami z jedri Tensor, celoten asortima izdelkov ima majhno porabo energije. Takšne rešitve so kot nalašč za implementacijo v vgrajenih sistemih. V nadaljevanju na kratko povzamemo glavne značilnosti trenutno aktualnih modulov. Jetson nano kljub nizki ceni in majhnosti (70 x 45 mm) razpolaga s 128 CUDA jedri in je ob nizki porabi 5-10 W lahko primeren za implementacijo umetne inteligence v gospodinjstvih robotih ali za osnovno procesiranje dogajanja v napravah za video nadzor. Jetson TX2 z 256 CUDA jedri in porabo 7-15 W električne moči je primeren za uporabo v industrijskih robotih in medicinski opremi. Za najzahtevnejše aplikacije, kjer potrebujemo veliko CUDA jeder (384 oz. 512) lahko uporabimo Jetson Xavier NX ali Jetson AGX Xavier, ki lahko ob porabi 10 do 15 in 10 do 30 W električne moči vzporedno poganjata več nevronske mreže. Poleg jeder CUDA imata tudi Tensor jedra. Primerna sta za implementacijo avtonomnih robotov v industriji, ki za avtonomno odločanje potrebujejo več podatkovnih vhodov. V nadaljevanju bo podrobneje predstavljena modul in razvojna plošča Jetson TX2.

## Modul Jetson TX2

Sistemi NVIDIA Jetson zagotavljajo zmogljiv in energetsko učinkovit sistem z namenom implementacije programske opreme, ki zagotavlja čim večjo avtonomnost aplikacijam. Modul Jetson TX2, na sliki 1, je tako imenovani sistem na modulu (angl. System on Modul), kar pomeni, da vsebuje na majhni površini tiskanega vezja centralno procesno enoto, ki je neposredno povezana z grafično procesno enoto dodan ima DRAM in bliskovni pomnilnik FLASH. Fizične zmogljivosti je mogoče z razširitvenim priključkom razširiti in ji dodati na primer Ethernet priključek, zunanje trajne pomnilnike in množico najrazličnejših komunikacijskih vodil (USB, SPI, I2S, ...). Izbran Jetson TX2 je podprt s 64 bitnim procesorjem Denver na katerem je procesor ARM z arhitekturo A57 in grafično procesorsko enoto NVIDIA Pascal, z 256 CUDA jedri. Pomnilnik je tipa DDR4 z velikostjo 4 GB, in s 16 GB velikim prostorom za shranjevanje podatkov. Sistem vsebuje dva povezljivostna



Slika 1: Sistem na modulu Jetson TX2



sloja 10/100/1000 Ethernet in WiFi, ki pa mu je potrebno dodati še zunanjo periferijo kot je antena in integrirano vezje s fizičnim slojem. Ima tudi podporo za zunanji prikazovalnik preko vodila HDMI.

## Razvojna plošča Jetson TX2

Pogosto je v profesionalnem svetu razvito namensko tiskano vezje na katerem je modul Jetson TX2 v povezavi z aplikacijo v kateri se bo modul uporabljal. Zato, da naredimo prvi korak pri razvoju pa se pogosto odločimo, da vzamemo že narejeno razvojno ploščo, ki nam omogoči uporabo vseh funkcionalnosti modula Jetson TX2. Podjetje NVIDIA je izdelalo razvojno ploščo Jetson Developer Kit, na sliki 2, ki vsebuje priključke za Ethernet, USB, HDMI, anteni za WiFi in Bluetooth ter še nekaj razširitev letvic za dostop do GPIO periferije. Prav tako vsebuje razvojna plošča tudi napajalni del celotne periferije. Poznamo tudi nekaj drugih razvojnih ploščic, ki pa niso bile razvite s strani NVIDIA ampak tretjih podjetij, razlikujejo se po namembnosti in po funkcionalnosti.

## Priprava platforme Jetson TX2

Na razvojno ploščo Jetson je potrebno pred prvo uporabo namestiti operacijski sistem Linux, ki temelji na distribuciji Ubuntu. Najprimernejši način za namestitev operacijskega sistema na razvojno ploščo Jetson je z uporabo gostiteljskega računalnika preko kabla USB, na katerem naj bo nameščen Ubuntu Linux 18.04 ali 16.04. Na gostiteljski računalnik je potrebno namestiti



Slika 2: Razvojna plošča Jetson TX2

programsko orodje SDK manager, ki poskrbi za nameščanje sistema Jetpack na Jetson. Jetpack vsebuje vse knjižnice in orodja, ki so potrebne za poganjanje modelov strojnega učenja.

**Jetpack vključuje naslednje komponente: L4T, CUDA, okolje za poganjanje vsebovalnikov (angl. containers), cuDNN, TensorRT in OpenCV.**

- **L4T** – *Linux for Tegra* je operacijski sistem prilagojen za procesorje Tegra, ki so uporabljeni v modulih Jetson. Operacijski sistem je zasnovan na okolju Linux in je iz uporabniškega vidika zelo podoben distribuciji Ubuntu.
- **CUDA** programski vmesnik nam omogoči direkten dostop do jeder CUDA s pomočjo katerih lahko izvajamo vzporedno računanje oz. poganjanje postopkov. Uporablja se tudi za poganjanje zunanjih programov na grafičnih enotah. Omogoča nam, da s pomočjo knjižnic, kot je BLAS optimiziramo delovanje grafično procesorske enote.
- **Okolje za poganjanje vsebovalnikov** omogoča, da vsebovalnike Docker poganjamo v povezavi z jedri CUDA. Na ta način dobimo enostavno prenosljive Docker vsebovalnike, ki uporabljajo GPU pospeševanje.
- **cuDNN** omogoči strojni opremi delovanje in optimizacijo široko uporabljenih programskih orodij za globoko učenje (na primer Tensorflow, cafe, pyTorch) na GPU.
- **TensorRT** je platforma, ki minimizira drevo strojnega učenja za modele in nekatere korake optimizira. Ker pa se vseh operacij ne da prevesti v operacije kompatibilne z operacijami TensorRT, platforma ni uporabna z vsemi modeli.
- **OpenCV** je knjižnica, ki je široko uporabljena na področju aplikacij s strojnim vidom. OpenCV ni nujno potrebna komponenta, a se lahko izkaže za uporabno, saj vključuje veliko algoritmov procesiranja slik in funkcije za vizualizacijo, ki nam olajšajo pot do željenega rezultata.

## Namestitev Jetpack

Po prenosu in zagonu SDK programske opreme SDK manager na gostiteljskem računalniku, v grafičnem vmesniku izberemo Jetson ploščo, na katero želimo namestiti sistem, program prenese potrebne programske pakete. V naslednjem koraku je potrebno povezati gostiteljski računalnik z razvojno ploščo Jetson z microusb kablom, ki je del razvojnega paketa. Jetson s pritiskom na gumb Recovery preide v obnovitveni način delovanja. Nato se izvede namestitev programske opreme L4T BSP na Jetson. Po končani namestitvi se na Jetsonu zažene operacijski sistem. Na HDMI izhod plošče lahko predhodno priklopimo zaslon, na USB vhode pa miško in tipkovnico. Tako lahko z Jetsonom upravljamo neposredno. Jetson navadno želimo povezati tudi v internetno omrežje. Tako lahko neposredno nanj namestimo programske pakete za CUDO, cuDNN in ostale zgrajene za 64-bitno ARM arhitekturo.

## Učenje modelov umetne inteligence

Običajno nevronske mreže učimo na zmogljivejših sistemih z več grafičnimi karticami, ki so optimizirani za ta namen. Učenje bi lahko izvajali tudi na sami plošči posebno če uporabljamo najzmogljivejšo ploščo Jetson, vendar je nenapisano pravilo da strežniške sisteme uporabimo za učenje nevronske mreže in tako naučen model prenesemo na vgrajene sisteme, pri čemer nam lahko koristi tudi najrazličnejše storitve (npr. Amazon AWS, MS Azure), če nimamo fizičnega dostopa do sistemov z zmogljivimi grafičnimi karticami. Za primer sprotnega učenja, pa nam prav pridejo zmogljivi vgrajeni sistemi, kot je Jetson TX2, na katerih poteka (ne) nadzorovano učenje in sprotno odločanje.

Velikokrat končne naprave kot so industrijski roboti, avtonomni avtomobili ipd. potrebujejo več naučenih modelov nevronske mreže za svoje delovanje. Iz množice senzorjev zajemajo podatke, pri čemer so ti podatki realno časovno predprocesirani s primernimi naučenimi modeli v realnem času. Sledi odločitveno procesiranje, ki glede na izhode iz modelov izvede primerne akcije. Zaradi potrebe po več modelih, moramo tudi pri razvoju zagotoviti enostaven način učenja teh modelov in možnost kasnejše nadgradnje oz. spremembe modelov. Modeli so lahko zgrajeni z uporabo različnih orodij, kot so Cafe, pyTorch, Tensorflow, in drugi. Za poganjanje vsakega od orodij, moramo na sistemu, kjer ga poganjamo zagotoviti primerne verzije grafičnih gonilnikov, knjižnic CUDA, cuDNN in drugih, ki so programski vmesnik med strojno opremo strežnika na katerem poteka učenje modelov in aplikacijskimi orodji, kot je recimo TensorFlow. Zaradi tega se v večini primerov poslužujemo uporabe vsebovalnikov Docker. Ti nam omogočajo, da lahko na istem operacijskem sistemu poganjamo vsa potrebna različna orodja za učenje modelov. Poleg tega je podjetje NVIDIA vzpostavilo spletno storitev NVIDIA GPU Cloud, kjer so na voljo diskovne slike z vsebovalniki z že naučenimi modeli, ki jih je mogoče ponovno učiti, jim spreminjati zgradbo nevronske mreže in jih naučiti na drugem podatkovnem setu. Na ta način zagotovimo hiter razvoj novih prilagojenih modelov, ob tem pa se izognemo sistemskemu administriranju, ki velikokrat zahteva kar nekaj razvojnega časa.

Pri učenju modelov je pogosto pomembna vizualizacija krivulje učenja in drugih parametrov. Hkrati je zmeraj dobrodošla uporaba vmesnikov, ki usmerijo pozornost od razvoja programov (v tem primeru so to programi za učenje modelov) k samemu učenju in optimizaciji parametrov. Takšen vmesnik je NVIDIA DIGITS. Uporabljamo ga za interaktivno učenje modelov mrež na označenih podatkovnih bazah. DIGITS je navadno nameščen na sistemih z več grafičnimi karticami, namestimo pa ga lahko v obliki vsebovalnika DOCKER, kar je enostavno za implementacijo. Z uporabo DIGITS preko grafičnega vmesnika določimo podatkovno bazo za učenje in model, ki ga želimo uporabiti. Zanj napišemo vmesnik – navadno preurejen DOCKER ukaz za zagon učenja, DIGITS nas nato seznanja z napredkom in vizualizira pomembne parametre učenja.

## Poganjanje modela na platformi Jetson

Naučen model prenesemo na platformo Jetson, ga optimiziramo z uporabo tensorRT in ga uporabimo v željeni aplikaciji. Za vmešnik do kamere lahko uporabljamo zunanje knjižnice, kot je na primer OpenCV. Za manipulacijo slik, ali če gre za implementacijo v programskem jeziku Python, pogosto uporabljamo Python Image Library ali druge.

### Zaključek

Delovni tok za vgrajene sisteme Jetson se ne razlikuje veliko od razvoja funkcionalnosti, ki uporabljajo globoko učenje na platformah x86 ali x64. Glavna razlika je optimizacija modelov z uporabo orodja tensorRT. S tem dosežemo visoko učinkovitost modelov in naučene modele globokega učenja prenesemo na končne naprave. Za primer uporabe zmogljivejših naprav, kot je na primer NVIDIA Xavier AGX, lahko vzporedno poganjamo več modelov, kar ponuja nove možnosti razvoja naprav, ki se lahko dobro odzivajo v zapletenih delovnih okoljih.

### Viri

- [Opis modula Jetson nano] <https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-nano>
- [Opis modula Jetson TX2] <https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-tx2>
- [Opis modula Xavier NX] <https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-xavier-nx>
- [Opis modula AGX Xavier] <https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-agx-xavier>
- [Primerjava strojne opreme NVIDIA] <https://developer.nvidia.com/embedded/develop/hardware>
- [Razvojna plošča Jetson TX2] <https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-tx2-developer-kit>
- [Dodatna strojna oprema tretjih proizvajalcev] [https://elinux.org/Jetson\\_TX2#Ecosystem\\_Products](https://elinux.org/Jetson_TX2#Ecosystem_Products)
- [Nvidia NGC] <https://www.nvidia.com/en-us/gpu-cloud/>
- [Jetson tutorial] <https://developer.nvidia.com/embedded/twodaystoademo>
- [Koda za Jetson tutorial] <https://github.com/dusty-nv/jetson-inference>



Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,  
računalništvo in informatiko

**FERI**



**IETK**

Inštitut za  
elektroniko in  
telekomunikacije

# INŠTITUT ZA ELEKTRONIKO IN TELEKOMUNIKACIJE

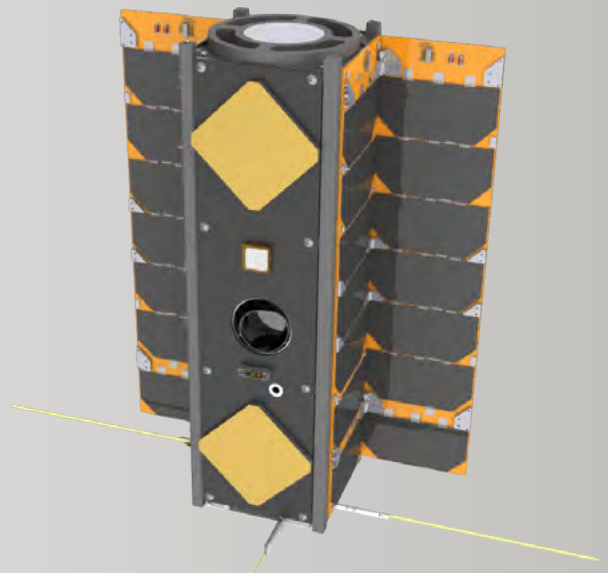
Samostojni univerzitetni študijski program

## TELEKOMUNIKACIJE

Študijska smer

## ELEKTRONIKA

(visokošolski in univerzitetni študijski  
program Elektrotehnika)



**SODOBNA FAKULTETA • KREATIVNO IN DINAMIČNO OKOLJE • ZAPOS LJIVI DIPLOMANTI**



IETK



TELEKOMUNIKACIJE.UM.SI



# KICAD in FREECAD

## interoperabilnost

Pistam d.o.o.

Žiga Lausegger, prof. fizike in tehnike

ziga@pistam.com

*V članku je predstavljena medsebojna interakcija programov Kicad in Freecad preko katere lahko izdelamo 3D model elektronskega vezja in pripadajočega ohišja. Najprej bo demonstrirano učinkovito upravljanje z uradnimi ter privatnimi Kicad zbirkami (a) elektronskih simbolov, (b) podnožij in (c) pripadajočih 3D modelov. Prikazano bo tudi učinkovito ločevanje privatnih in uradnih zbirk. Sledila bo predstavitev postopka uvažanja poljubnih 3D modelov v Kicad ter njihova poravnava s pripadajočimi podnožji. Za konec bo pokazano, kako v Freecad ustvarimo 3D model celotnega elektronskega vezja okoli katerega nato lahko izdelamo 3D ohišje.*

Projektiranje v aplikaciji Kicad (<https://kicad-pcb.org/>) poteka na 2-dimenzionalnem (2D) platnu. Aplikacija sicer podpira 3-dimenzionalni (3D) predogled elektronskih komponent in elektronskih vezij v formatu s končnico .wrl, vendar pa pretežni del aplikacije uporablja (2D) tehnologije. Omenjeni format .wrl uvrščamo v družino mesh, katere format<sup>1</sup> vsebujejo podatke o točkah na površini telesa. To zadostuje zgolj za prikazovanje telesa. Poleg omenjene družine poznamo tudi družino solid, katere formati<sup>2</sup> vsebujejo matematične podatke o dimenzijah gradnikov iz katerih je telo narejeno, barvah, fiziki... Ti formati so uporabljeni v 3D modelirnih aplikacijah, ki omogočajo ustvarjanje, spreminjanje, animiranje teles...

Kicad ni 3D modelirna aplikacija in ne podpira izvažanja kakršnega koli solid ali mesh formata. To bistveno oteži medstrokovno sodelovanje elektronikov in strojnikov. Slednji naj bi v zaključni fazi projektiranja elektronskega vezja pričeli s pripravo pripadajočega 3D ohišja, kar pa je mnogo lažje in predvsem hitreje v kolikor elektroniki predložijo 3D solid model elektronskega vezja.

Kicad uporabniki pa za izdelavo solid formata svojega vezja lahko uporabimo 3D modelirno aplikacijo Freecad (<https://www.freecadweb.org/>) in pripadajoči vtičnik Kicad Stepup (<https://kicad-pcb.org/external-tools/stepup/>).

Članek opisuje zgradbo in učinkovit način vzdrževanja Kicad knjižnic ter vlogo vtičnika Kicad Stepup pri vzdrževanju 3D knjižnic. Z omenjenim vtičnikom je prikazan tudi postopek generiranja solid formatov neposredno v aplikaciji Freecad, pri čemer so solid formati generirani neposredno iz Kicad datotek s končnico .kicad\_pcb, ki definirajo tiskanine (PCB). Procesni prikazani za operacijski sistem GNU Linux Debian 10 (<https://www.debian.org/>).

## Kicad knjižnice

S spodnjimi ukazi najprej posodobimo podatkovno bazo programskih zbirk, oz. t.i. repozitorijev in nato namestimo Kicad 5.0.2. oz. stabilno različico aplikacije.

```
$ sudo apt update
$ sudo apt install kicad
```

Za namestitve razvojne različice Kicad 5.1.6<sup>3</sup>, namesto zgornjih ukazov izvedemo spodnje ukaze.

```
$ sudo bash -c \
"echo deb http://ftp.debian.org/debian/ buster-backports main contrib non-free \
>> /etc/apt/sources.list"
$ sudo apt update
$ sudo apt install -t buster-backports kicad
```

Kicad vse svoje knjižnice namesti v sistemsko mapo /usr/share/kicad v lasti sistema uporabnika root. To lahko preverimo s spodnjim ukazom. Uporabnik<sup>4</sup> na tej lokaciji nima pravic urejanja s čimer avtorji aplikacije Kicad uporabnikom preprečijo spreminjanje prednameščenih knjižnic.

<sup>1</sup> V družino mesh spada tudi format s končnico .stl.

<sup>2</sup> V družino solid spadajo formati s končnicami .step, .iges, .sat...

<sup>3</sup> V prispevku bomo uporabljali Kicad 5.1.6, ki ima integriran iskalnik knjižnic in simbolov na levi strani urejevalnika simbolnih knjižnic, slika 4 (a), in urejevalnika knjižnic s podnožji, slika 9 (a).

<sup>4</sup> V kontekstu članka bo uporabnik vedno ziga.

```
$ ls -l /usr/share/kicad/
total 40
drwxr-xr-x 17 root root 4096 Dec 19 08:36 demos
drwxr-xr-x 2 root root 20480 Dec 19 08:36 library
drwxr-xr-x 115 root root 4096 Dec 19 08:36 modules
drwxr-xr-x 3 root root 4096 May 20 17:21 plugins
drwxr-xr-x 4 root root 4096 Feb 14 10:59 scripting
drwxr-xr-x 19 root root 4096 May 20 17:20 template
```

Prednameščene knjižnice ne zadoščajo profesionalnemu delu in ker jih ne moremo urejati, jih pustimo nedotaknjene. Uporabljali bomo lastne knjižnice, ki jih bomo vzdrževali znotraj uporabniške domače mape<sup>5</sup>. Tu ima uporabnik vse pravice za branje in pisanje, kar mu bo omogočalo dolgoročno vzdrževanje knjižnic.

### Vzdrževanje najnovejše različice uradnih knjižnic

Kicad vsebuje tri odprtokodne uradne knjižnice, ki jih razvijajo na spletnem portalu Github (<https://github.com/KiCad/>). Najnovejše knjižnice se trenutno imenujejo:

#### symbols (<https://github.com/KiCad/kicad-symbols>)

- Knjižnica vsebuje .lib izvirne datoteke, ki definirajo 2D geometrijo simbolov elektronskih komponent in tvorijo par z izvornimi datotekami .dcm. Slednje definirajo lego in obliko dopolnilnega teksta na simbolu. En par datotek lahko opisuje enega ali stotine simbolov.

#### footprints (<https://github.com/KiCad/kicad-footprints>)

- Knjižnica vsebuje mape s končnico .preety, znotraj katerih se lahko nahaja stotine izvornih datotek s končnico .kicad\_mod, izmed katerih vsaka definira 2D geometrijo natančno enega podnožja na površini PCB.

#### packages3D (<https://github.com/KiCad/kicad-packages3D>)

- Knjižnica vsebuje mape s končnico .3dshapes, znotraj katerih se nahajajo izvirne datoteke .wrl, ki omogočajo 3D predogled elektronskih komponent v Kicad in izvirne datoteke .step, ki omogočajo urejanje elektronskih komponent v Freecad. Vsaka elektronska komponenta potrebuje obe datoteki.

Gre za najnovejše knjižnice, ki imajo zaradi nedavnih sprememb v filozofiji organizacije popolnoma drugačna imena kot starejše prednameščene knjižnice v mapi /usr/share/kicad. V omenjeni mapi poleg tega ni 3D modelov elektronskih komponent, ki pa so prisotne v najnovejših knjižnicah.

Najnovejše knjižnice bomo s portala Github prenesli kar preko konzole. Najprej ustvarimo mapo /home/ziga/Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/kicad/library-git<sup>6</sup> in se premaknemo vanjo. Nato namestimo paket git (<https://git-scm.com/>) in tako pridobimo istoimensko konzolno aplikacijo. Slednjo uporabimo za prenos knjižnic s spleta v ravnokar ustvarjeno mapo. Po zaključenem prenosu preverimo vsebino trenutne mape.

```
$ mkdir /home/ziga/Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/kicad/library-git/
$ cd /home/ziga/Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/kicad/library-git/
$ sudo apt install git
$ git clone https://github.com/KiCad/kicad-symbols
$ git clone https://github.com/KiCad/kicad-footprints
$ git clone https://github.com/KiCad/kicad-packages3D
$ ls
kicad-symbols kicad-footprints kicad-packages3D
```

Ukaz git clone je na spletnih povezavah našel oddaljene repozitorije<sup>7</sup> najnovejših knjižnic. Vsebinsko repozitorijev je nato prenesel v eno izmed podmap kicad-symbols, kicad-footprints oziroma kicad-packages3D. Pod vsebinsko repozitorijev spadajo tudi sistemske mape .git, .gitattributes, .github in .gitignore, ki omogočajo spremljanje zgodovine sprememb v repozitorijih.

```
$ ls -a ./kicad-packages3D/ | grep git
.git
.gitattributes
.github
.gitignore
```

<sup>5</sup> Domača mapa uporabnika ziga je /home/ziga. Ko je uporabnik vpisan se nanjo lahko sklicuje s simbolom ~.

<sup>6</sup> V kolikor uporabljamo aplikacijo Dropbox (<https://www.dropbox.com/>), lahko mapo library-git tako kot v dokumentiranem primeru naredimo v mapi Dropbox. Tako se bodo naše knjižnice avtomatično sinhronizirale med računalniki, npr. v podjetju.

<sup>7</sup> Repozitorij je sinonim za lokacijo, kjer hranimo datoteke. Včasih poleg datotek v repozitorijih hranimo tudi sezname datotek, v primeru git repozitorijev pa tudi zgodovino sprememb na lokaciji.

To je izjemno priročno, saj lahko popravke na knjižnici z ukazom git commit najprej vključimo v lokalni repozitorij nato pa z ukazom git push spremembe predlagamo v oddaljeni repozitorij<sup>8</sup> ter tako prispevamo k razvoju uradnih knjižnic. Pred tem se moramo z ukazom cd premakniti v glavno mapo lokalnega repozitorija, npr. kicad-symbols.

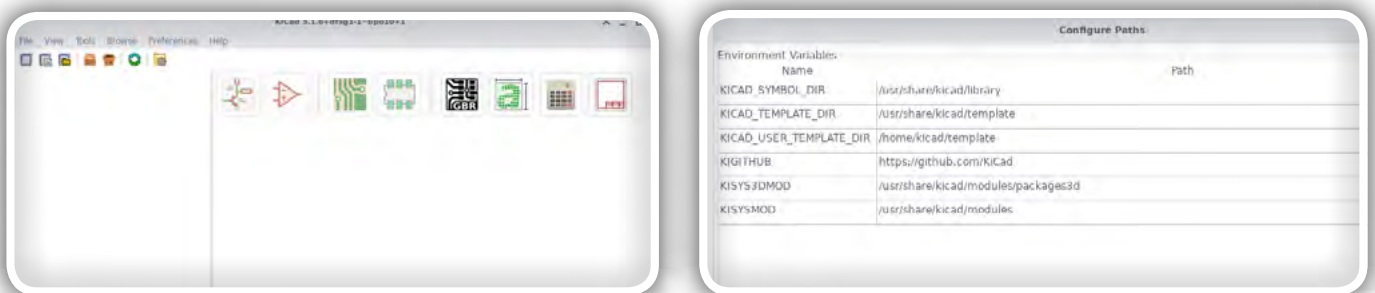
```
$ cd ./kicad-symbols
$ git commit
$ git push
```

Obratno lahko preverimo, ali v oddaljenem repozitoriju obstajajo novosti in jih preko spodnjega ukaza prenesemo v lokalni repozitorij<sup>9</sup>.

```
$ git pull
```

### Nastavitev uradnih knjižnic v Kicad

Sedaj znamo uporabljati orodje git za pridobivanje in vzdrževanje najnovejših Kicad uradnih knjižnic. Poglejmo si še, kako slednje vključimo v aplikacijo Kicad. V glavnem oknu aplikacije Kicad, slika 1 (a), sledimo povezavi Preferences > Configure Paths in odpre se okno za nastavitev okoljskih spremenljivk, slika 1 (b).



Slika 1: (a levo) Glavno okno programa Kicad in (b desno) okno za nastavitev okoljskih spremenljivk

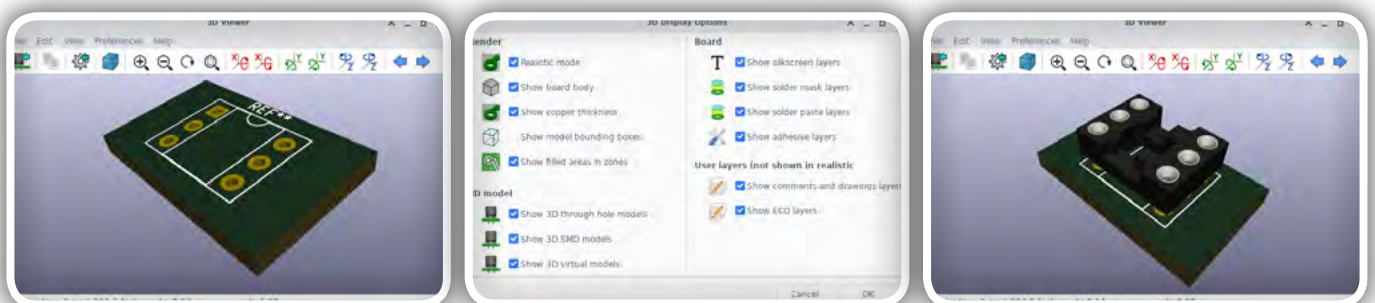
Izmed šestih prednastavljenih okoljskih spremenljivk nas trenutno zanimajo naslednje tri:

#### KICAD\_SYMBOL\_DIR

- Okoljska spremenljivka definira pot do knjižnice s simboli elektronskih komponent. Ker kaže na starejšo uradno knjižnico /usr/share/kicad/library jo preusmerimo na najnovejšo uradno knjižnico kicad-symbols, ki smo jo z aplikacijo git prenesli v mapo library-git.

#### KISYS3DMOD

- Okoljska spremenljivka definira pot do knjižnice s 3D modeli elektronskih komponent. Na začetku kaže na neobstoječo mapo /usr/share/kicad/modules/packages3d, zaradi česar Kicad ne najde 3D modelov elektronskih komponent. Trditev preverimo tako, da v glavnem oknu aplikacije Kicad sledimo povezavi File > New > Project in v mapi /home/ziga/Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/kicad/projects/ ustvarimo nov projekt 2020-06-02--test. Nato sledimo povezavi Tools > Edit PCB Footprints, ki odpre okno za urejanje podnožij. Na levi strani izberemo poljubno podnožje in sledimo povezavi View > 3D Viewer. Ta odpre okno za 3D predogled podnožja in elektronske komponente. Podnožje je izrisano, manjka pa izris elektronske komponente, slika 2 (a). Slednja manjka kljub temu, da je njen prikaz v nastavitvah vklopljen. To preverimo preko povezave Preferences > Display



Slika 2: (a levo) Okno za 3D predogled z manjkajočim izrisom elektronske komponente, (b sredinsko) okno za nastavitve 3D predogleda in (c desno) uspešno izrisana elektronska komponenta

<sup>8</sup> V oddaljeni repozitorij lahko spremembe predlagamo le v kolikor smo tam na seznamu dovoljenih razvijalcev. V nasprotnem primeru je naš predlog zavrnjen.

<sup>9</sup> V kolikor že imamo najnovejšo različico knjižnice, dobimo opozorilo *Already up to date*.

Options, slika 2 (b). V kolikor okoljsko spremenljivko preusmerimo na najnovejšo uradno knjižnico kicad-packages3D v mapi library-git in ponovno odpremo okno za 3D pregled, opazimo, da se izriše tudi elektronska komponenta, slika 2 (c).

## KISYSMOD

- Okoljska spremenljivka definira pot do knjižnice s podnožji. Ker kaže na starejšo uradno knjižnico /usr/share/kicad/modules, je Kicad v oknu za 3D pregled, slika 2 (a), že od začetka uspešno prikazoval podnožja. Okoljsko spremenljivko kljub temu preusmerimo na najnovejšo uradno knjižnico kicad-footprints, ki smo jo z aplikacijo git prenesli v mapo library-git.

## Vzdrževanje projektov in privatnih knjižnic

Lokalne repozitorije uradnih knjižnic občasno z ukazom git pull posodobimo na najnovejšo različico pri čemer izničimo naše predhodne spremembe na repozitoriju. Zaradi tega uradnih knjižnic ne spreminjamo!

Uradne knjižnice nam bodo služile kot stacionarni vir komponent oz. datotek, ki jih bomo kopirali v popolnoma ločene privatne knjižnice in jih tam spreminjali. Privatnih knjižnic ne bomo vzdrževali na eni centralizirani lokaciji, saj jih želimo vezati na projekte in posledično morajo bivati v projektnih mapah.

Prvi izmed razlogov za to je dejstvo, da projekte včasih želimo arhivirati in poslati npr. stranki, kateri mora projekt delovati. To pomeni, da moramo projektu priložiti tudi privatne knjižnice in pošiljanje ene velike centralizirane knjižnice ni priročno. Drugi razlog je popolnoma ločeno spremljanje zgodovine sprememb za vsako projektno mapo posebej. V projektnih mapah nameravamo z ukazom git init vzpostaviti privatne repozitorije, ki bodo spremljali zgodovino sprememb izključno za projekt na katerem trenutno delamo in za njegovo privatno knjižnico.

Uporabimo sedaj projekt 2020-06-02--test, ki smo ga naredili v prejšnjem poglavju. Premaknemo se v projektno mapo in ustvarimo mapo library znotraj katere naredimo podmape kicad-symbols, kicad-footprints in kicad-packages3D.

```
$ cd /home/ziga/Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/kicad/ \
projects/2020-06-02--test/
$ mkdir ./library
$ mkdir ./library/kicad-symbols
$ mkdir ./library/kicad-footprints
$ mkdir ./library/kicad-packages3D
```

V te podmape bomo nato iz uradne knjižnice kopirali komponente oz. datoteke, ki jih bomo uporabljali v projektih. Le tako bodo projekti ustrezno arhivirani in odporni pred spremembami uradne knjižnice, istočasno pa bodo prenosljivi.

Preden pričnemo z dodajanjem komponent v podmape, znotraj projektne mape uporabimo ukaz git init, ki ustvari .git sistemsko mapo. Slednja od sedaj naprej spremlja dogajanje v projektni mapi. Z ukazom git status lahko kadarkoli preverimo trenutne spremembe v projektni mapi.

```
$ git init
Initialized empty Git repository in
/home/ziga/Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/kicad/projects/
2020-06-02--test/.git/
$ git status
On branch master
No commits yet
Untracked files:
  (use "git add <file>..." to include in what will be committed)

    2020-06-02--test.kicad_pcb
    2020-06-02--test.pro
    2020-06-02--test.sch

nothing added to commit but untracked files present (use "git add" to track)
```

Kicad projektne datoteke je git klasificiral v rubriko Untracked Files. V kolikor v mapi ustvarimo novo datoteko README.txt in ponovno izvršimo ukaz git status, opazimo, da je datoteka ponovno klasificirana v rubriko Untracked files. To pomeni, da je git zaznal obstoj vseh datotek znotraj mape a datotek ne obravnava kot del repozitorija in ne sledi njihovim spremembam.

```
$ touch README.txt && echo "Projektna / privatni repozitorij." >> README.txt
$ git status
```



```

On branch master
No commits yet
Untracked files:
  (use "git add <file>..." to include in what will be committed)

    2020-06-02--test.kicad_pcb
    2020-06-02--test.pro
    2020-06-02--test.sch
    README.txt

nothing added to commit but untracked files present (use "git add" to track)

```

V kolikor želimo spremljati spremembe na vseh datotekah, uporabimo ukaz `git add .`, ki vklopi sledenje za vse datoteke in mape v trenutni mapi. Ponovno preverjanje stanja razkrije, da so datoteke klasificirane v rubriko `Changes to be committed`, kar pomeni, da git datoteke zazna kot spremembo repozitorija. To pomeni, da so sedaj vključene v repozitorij.

```

$ git add .
$ git status
On branch master
No commits yet
Changes to be committed:
  (use "git rm --cached <file>..." to unstage)

    new file:   2020-06-02--test.kicad_pcb
    new file:   2020-06-02--test.pro
    new file:   2020-06-02--test.sch
    new file:   README.txt

```

Preden uveljavimo spremembe, poskrbimo za razpoznavnost našega prispevka. V tekstovnem urejevalniku odpremo datoteko `~/.gitconfig`, datoteka 1, vanjo vnesemo kontaktne podatke in datoteko shranimo. Tako bodo vsi sodelavci vedeli, kdo smo in nas v primeru težav lahko kontaktirajo.

```

[user]
name = Ziga Lausegger
email = ziga@pistam.com
Datoteka 1: ~/.gitconfig.

```

Poleg tega pri uveljavljanju sprememb z ukazom `git commit` za parametrom `-m` podamo komentar v katerem primerno opišemo uveljavljene spremembe.

```

$ git commit -m "Odprtje Kicad projekta in dodajanje README.txt."
[master (root-commit) 7f6f688] Odprtje Kicad projekta in dodajanje README.txt.
 4 files changed, 39 insertions(+)

 create mode 100644 2020-06-02--test.kicad_pcb
 create mode 100644 2020-06-02--test.pro
 create mode 100644 2020-06-02--test.sch
 create mode 100644 README.txt

```

V kolikor želimo izpisati zgodovino projektnih sprememb uporabimo ukaz `git status`. Postopek, ki smo ga opisali v tem poglavju, ponovimo ob odprtju vsakega novega projekta.

```

$ git log
commit 7f6f6887ecfb5e89cc7e2c2b545297d79cfc8d4 (HEAD -> master)
Author: Ziga Lausegger <ziga@pistam.com>
Date:   Tue Jun 2 13:39:58 2020 +0200

    Odprtje Kicad projekta in dodajanje README.txt.

```

## Nastavitev projektov in privatnih knjižnic v Kicad

### Privatne knjižnice simbolov

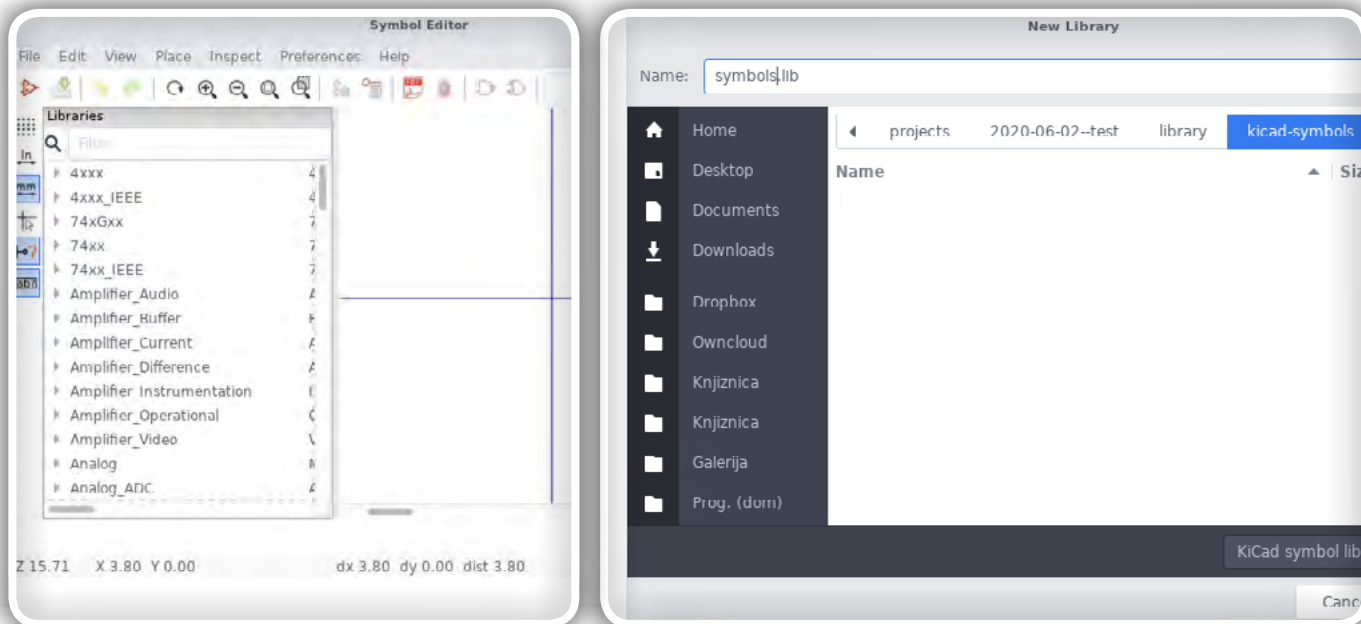
Projektna mapa je sedaj uspešno inicializirana kot lokalni git repozitorij, ki beleži zgodovino sprememb. Poglejmo si sedaj, kako komponente prenesemo iz uradne knjižnice simbolov v privatno knjižnico simbolov in nastavitve, potrebne da Kicad ob odprtju projekta najde tudi privatne knjižnice projekta.

Kicad v projektu 2020-06-02--test nemudoma zazna mapo library in podmape kicad-symbols, kicad-footprints in kicad-packages3D, ne prikaže pa sistemske mape .git<sup>10</sup>, slika 3 (a).



**Slika 3:** (a levo) Glavno okno programa Kicad zazna projektne podmape in (b desno) okno namenjeno izbiri tabele za shranjevanje povezav do knjižnic

Ustvarimo sedaj privatno knjižnico simbolov. V glavnem oknu aplikacije Kicad sledimo povezavi Tools > Edit Schematic Symbols in odpre se urejevalnik simbolnih knjižnic, slika 4 (a), v katerem sledimo povezavi File > New Library.... Slednja odpre iskalnik, slika 4 (b), kjer se premaknemo v projektno podmapo kicad-libraries, vnesemo ime knjižnice symbols.lib in pritisnemo Save. Preden Kicad dejansko ustvari knjižnico, moramo izbrati še tabelo v katero bo shranjena povezava do simbolne knjižnice, slika 3 (b).



**Slika 4:** (a levo) Urejevalnik simbolnih knjižnic in (b desno) iskalnik

Izbiramo lahko med tabelama Global ali Project. V obeh primerih se povezava do knjižnice shrani v tabelo sym-lib-table. V primeru Global se sym-lib-table shrani v sistemsko mapo našega operacijskega sistema /home/ziga/.config/kicad.

```
$ ls -l /home/ziga/.config/kicad/
total 96
drwxr-xr-x 2 ziga ziga 4096 Feb 10 11:54 3d
-rw-r--r-- 1 ziga ziga 3400 May 26 20:16 cvpcb
-rw-r--r-- 1 ziga ziga 7519 Jun 2 20:39 eeschema
-rw-r--r-- 1 ziga ziga 2783 Jun 2 14:49 Eeschema.hotkeys
-rw-r--r-- 1 ziga ziga 15546 Dec 21 12:12 fp-lib-table
```

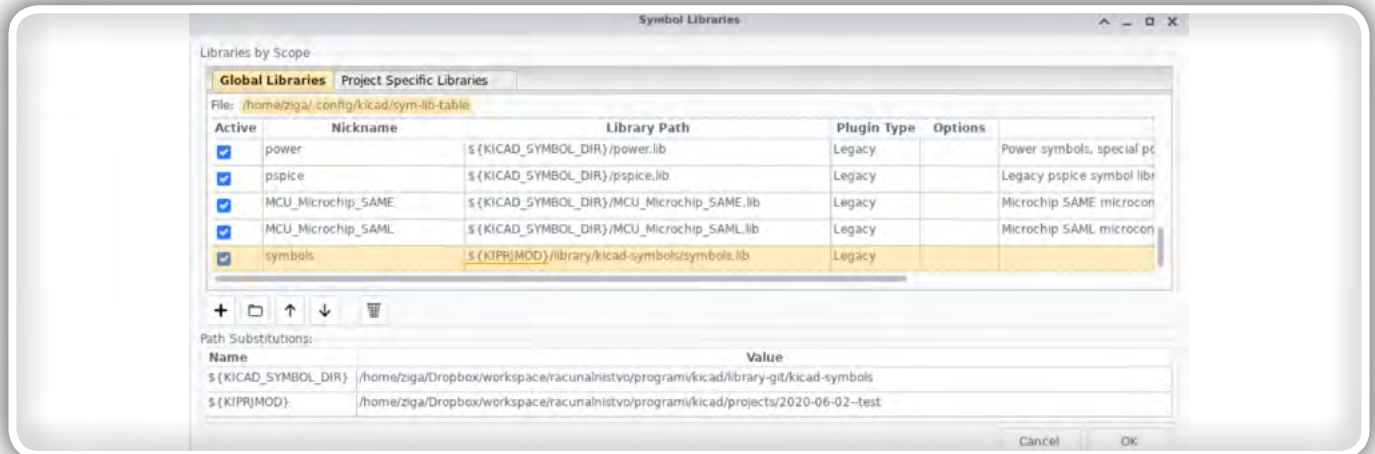
<sup>10</sup> Kicad v glavnem oknu ne prikazuje map in datotek, ki so predznačene s piko. V kolikor bi mapo library želeli skriti, jo trenutno še lahko preimenujemo v .library.

```

-rw-r--r-- 1 ziga ziga 1834 Jun 2 20:39 kicad
-rw-r--r-- 1 ziga ziga 907 Jun 2 20:39 kicad_common
-rw-r--r-- 1 ziga ziga 15308 Jun 2 20:17 pcbnew
-rw-r--r-- 1 ziga ziga 6547 Jun 1 11:51 PcbNew.hotkeys
-rw-r--r-- 1 ziga ziga 24735 Jun 2 20:34 sym-lib-table

```

To lahko potrdimo tudi v urejevalniku simbolnih knjižnic, slika 4 (a), kjer v glavnem meniju sledimo povezavi Preferences > Manage Symbol Libraries.... Odpre se urejevalnik povezav do simbolnih knjižnic, slika 5, kjer na vrhu v zavihku Global Libraries razberemo lokacijo tabele oz. /home/ziga/.config/kicad/sym-lib-table. Spodaj je tabelarični prikaz vsebine omenjene tabele iz katere razberemo, da je povezava do knjižnice symbols.lib uvrščena na konec tabele sym-lib-table.



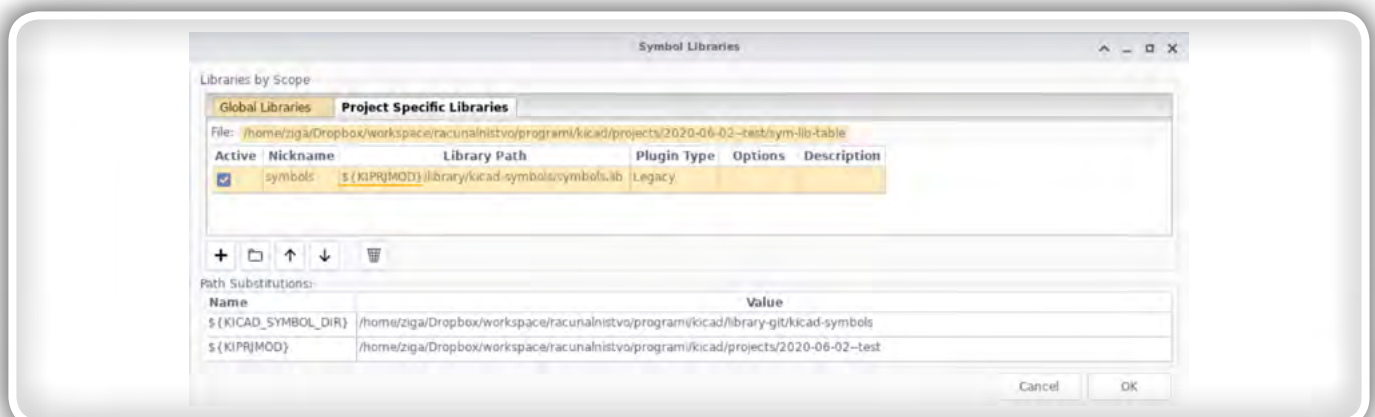
Slika 5: (a) Urejevalnik povezav do simbolnih knjižnic v kolikor izberemo tip tabele Global

Mi bomo v oknu namenjenemu izbiri tabele za shranjevanje povezav do knjižnic, slika 3 (b), izbrali Project. V tem primeru se bo tabela sym-fp-lib shranila v projektno mapo. /home/ziga/Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/kicad/projects/2020-06-02--test/.

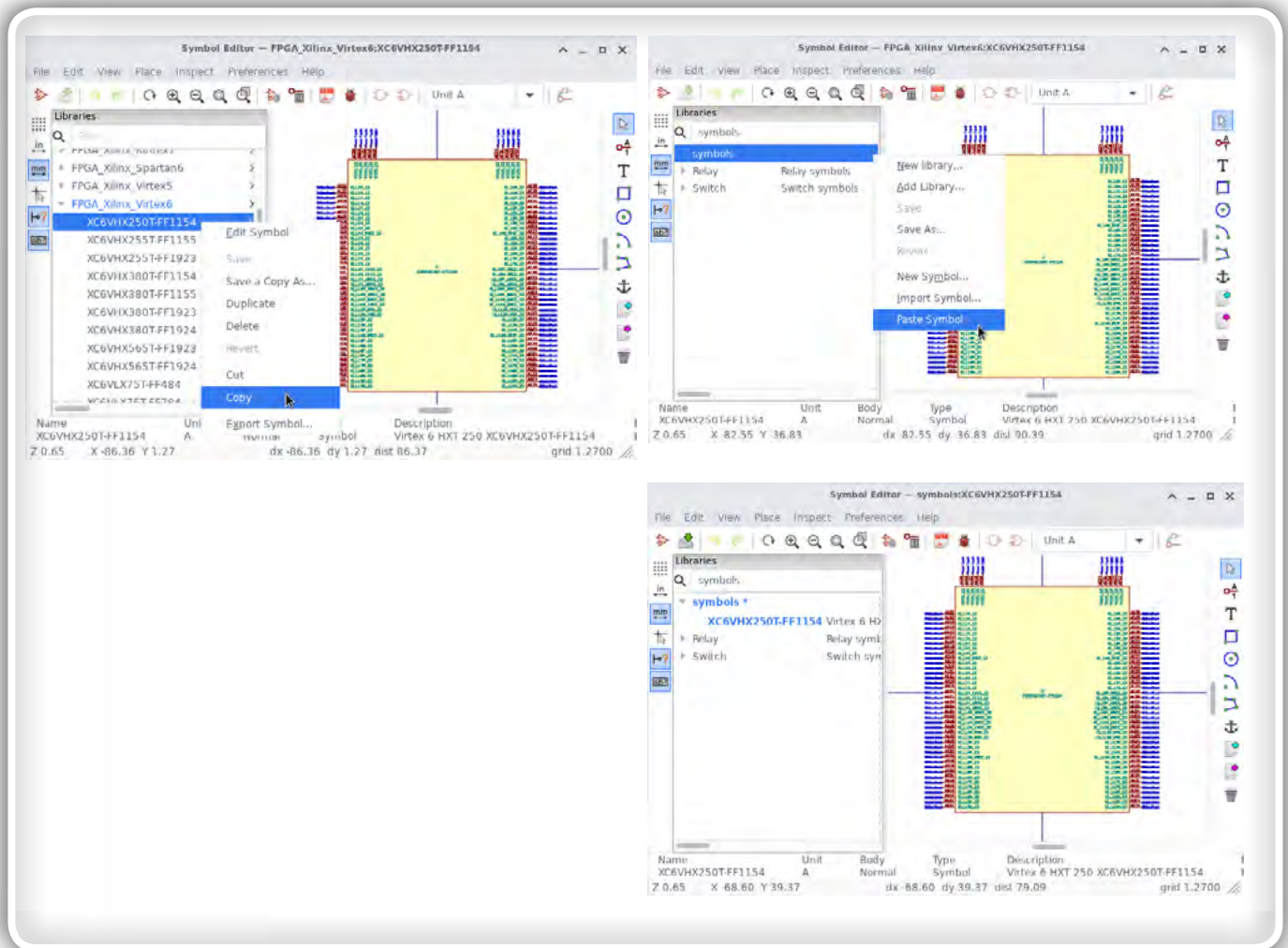
```

$ ls -la /home/ziga/Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/ \
kicad/projects/2020-06-02--test
total 2888
drwxr-xr-x 4 ziga ziga 4096 Jun 2 15:42 .
drwxr-xr-x 15 ziga ziga 4096 Jun 2 20:18 ..
-rw-r--r-- 1 ziga ziga 51 Jun 2 10:16 2020-06-02--test.kicad_pcb
-rw-r--r-- 1 ziga ziga 688 Jun 2 10:16 2020-06-02--test.pro
-rw-r--r-- 1 ziga ziga 461 Jun 2 14:59 2020-06-02--test.sch
drwxr-xr-x 8 ziga ziga 4096 Jun 2 15:10 .git
drwxr-xr-x 5 ziga ziga 4096 Jun 2 13:31 library
-rw-r--r-- 1 ziga ziga 41 Jun 2 13:32 README.txt
-rw-r--r-- 1 ziga ziga 126 Jun 2 15:03 sym-lib-table

```



Slika 6: Urejevalnik povezav do simbolnih knjižnic v kolikor izberemo tip tabele Project



**Slika 7:** (a levo zg.) Iskanje simbola v uradnih simbolnih knjižnicah, (b desno) kopiranje simbola iz uradnih simbolnih knjižnic in vnos simbola v privatno simbolno knjižnico

To potrdimo v urejevalniku povezav do knjižnic, slika 6, kjer v zavihku Project Specific Libraries na vrhu razberemo lokacijo projektne tabele oz. /home/ziga/Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/kicad/projects/2020-06-02--test/sym-lib-table. Iz spodnjega tabelaričnega prikaza pa razberemo, da je povezava do knjižnice symbols.lib edina v tabeli sym-lib-table.

Ne glede na izbrano tabelo Project ali Global, slika 3 (b), je v tabeli sym-lib-table povezava do knjižnice symbols.lib podana preko relativne povezave \${KIPRJMOD}/library/kicad/kicad-symbols/symbols.lib v kateri okoljska spremenljivka KIPRJMOD postane projektna mapa trenutnega projekta.

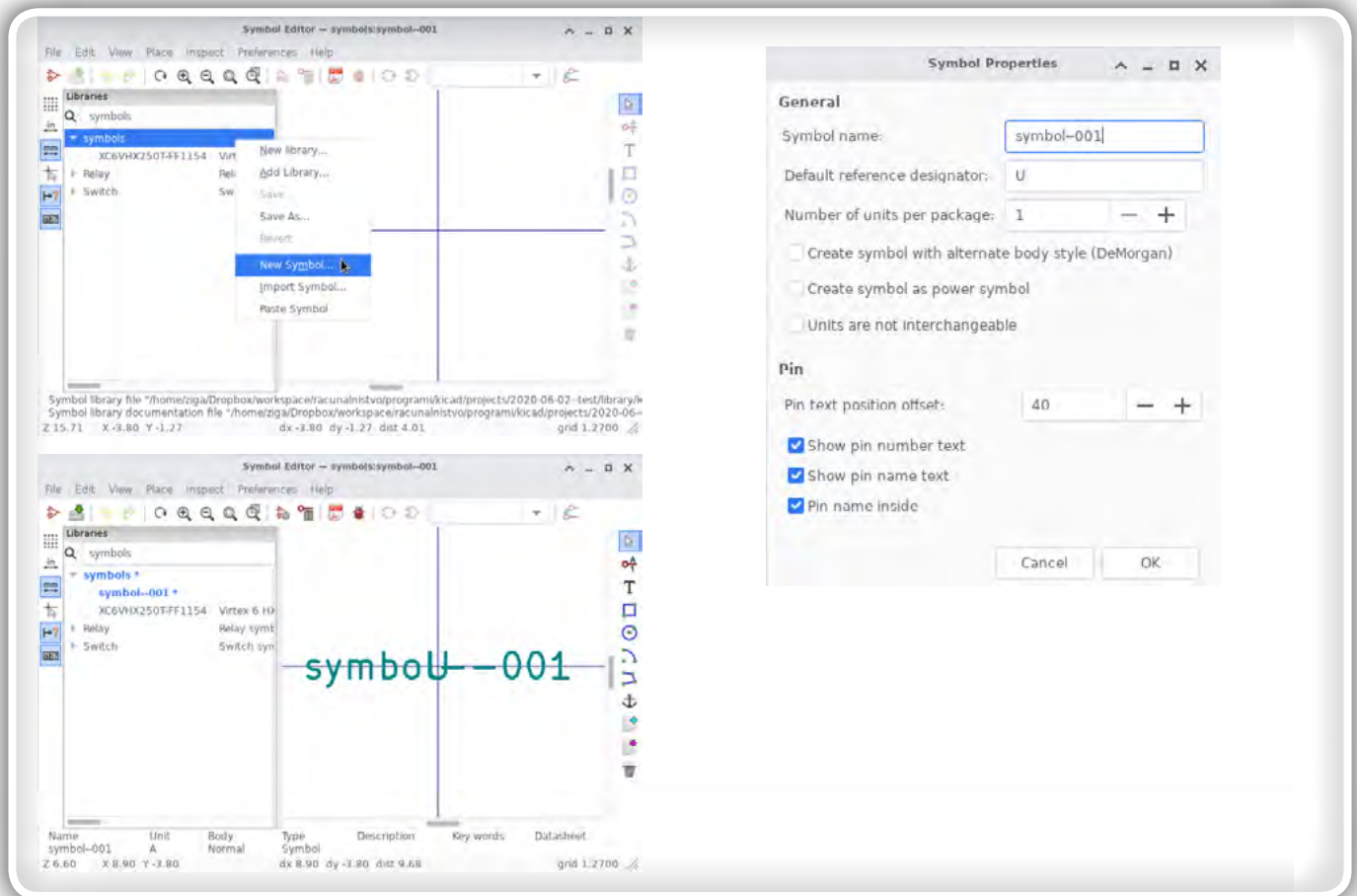
Kljub temu, da je v obeh primerih knjižnica symbols.lib shranjena v projektni mapi pa v primeru tabele Global projektna mapa ni prenosljiva, ker tabela sym-lib-table ni shranjena v projektni mapi. V kolikor tako projektno mapo arhivirali in poslali npr. stranki, slednji projekt ne bi deloval, ker ne bi našel tabele sym-lib-table posledično pa knjižnic<sup>11</sup>.

Ravno zato smo pri ustvarjanju knjižnice symbols.lib izbrali tabelo Project. Tako smo poskrbeli, da je tabela sys-lib-table shranjena v projektni mapi. V ustvarjeno privatno knjižnico symbols.lib sedaj lahko skopiramo komponento iz uradne knjižnice. Najprej v urejevalniku simbolnih knjižnic na levi poiščemo željeni simbol, slednjega desno kliknemo in izberemo Copy, slika 7 (a). Nato poiščemo knjižnico symbols.lib, jo desno kliknemo in izberemo Paste Symbol, slika 7 (b). Simbol je sedaj del privatne knjižnice symbols.lib, slika 7 (c), in ga lahko po želji spremenjamo. Za konec preko povezave File > Save All shranimo simbol in knjižnico.

V knjižnici library.lib pa lahko ustvarimo tudi popolnoma nov simbol. To storimo tako, da na levi strani v urejevalniku simbolnih knjižnic najdemo knjižnico symbols.lib, jo desno kliknemo in izberemo možnost New Symbol..., slika 8 (a). Nato simbolu v novem pojavnem oknu določimo ime, npr. symbol-001 in na dnu kliknemo OK, slika 8 (b). Simbol je tako ustvarjen, kar je razvidno na levi

<sup>11</sup> Zaradi tega razvojniki, ki uporabljajo tabele Global, knjižnic ne hranijo ločeno po projektnih mapah. V tem primeru knjižnice hranijo na centralizirani lokaciji, npr. strežniku znotraj podjetja. Ker knjižnice niso razpršene, se komponente knjižnice ne podvajajo, so pa projekti težko prenosljivi in imajo manj jasno zgodovino sprememb saj beležijo spremembe komponent knjižnice, ki jih sami mogoče v projektu sploh ne uporabljamo.



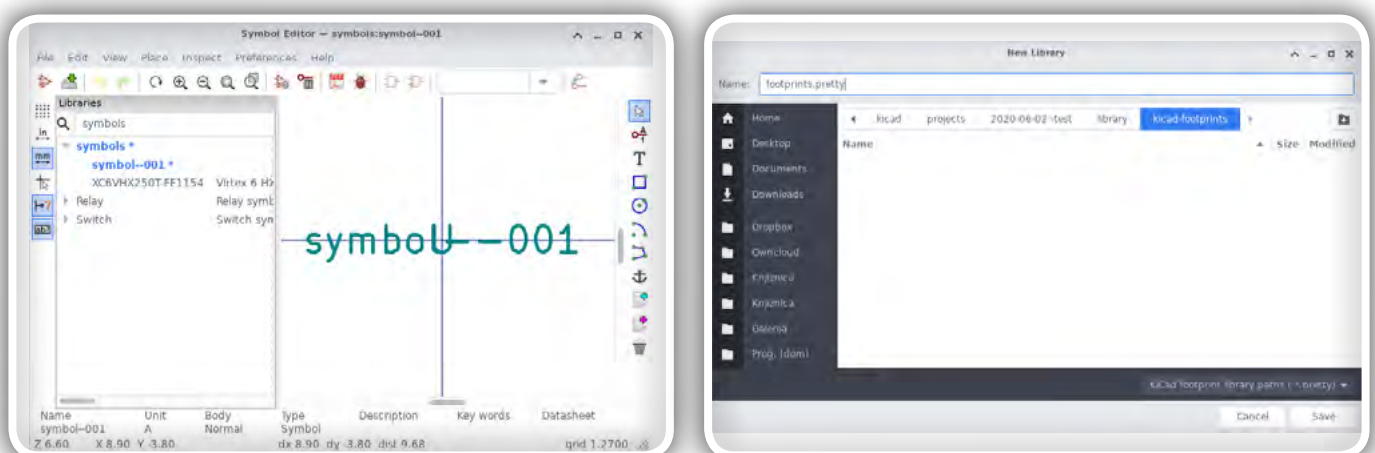


**Slika 8:** (a levo) Ustvarjanje popolnoma novega simbola v privatni simbolni knjižnici, (b desno) določanje njegovega imena in (c levo spodaj) viden obstoj simbola znotraj knjižnice na levi strani urejevalnika simbolnih knjižnic

strani urejevalnika simbolnih knjižnic, slika 8 (c). Sedaj nam preostane le še urejanje simbola skladno z našimi željami in shranjevanje napredka preko povezave File > Save All.

### Privatne knjižnice podnožij

Sedaj razumemo, kako preko Kicad upravljati s privatnimi simbolnimi knjižnicami. Upravljanje s privatnimi knjižnicami podnožij je precej podobno. Za ustvarjanje svoje prve privatne knjižnice s podnožji v glavnem oknu aplikacije Kicad sledimo povezavi Tools > Edit PCB Footprints. Odpre se urejevalnik knjižnic s podnožji, slika 9 (a), v katerem sledimo povezavi File > New Library.... Slednja



**Slika 9:** (a levo) Urejevalnik knjižnic s podnožji in (b desno) iskalnik

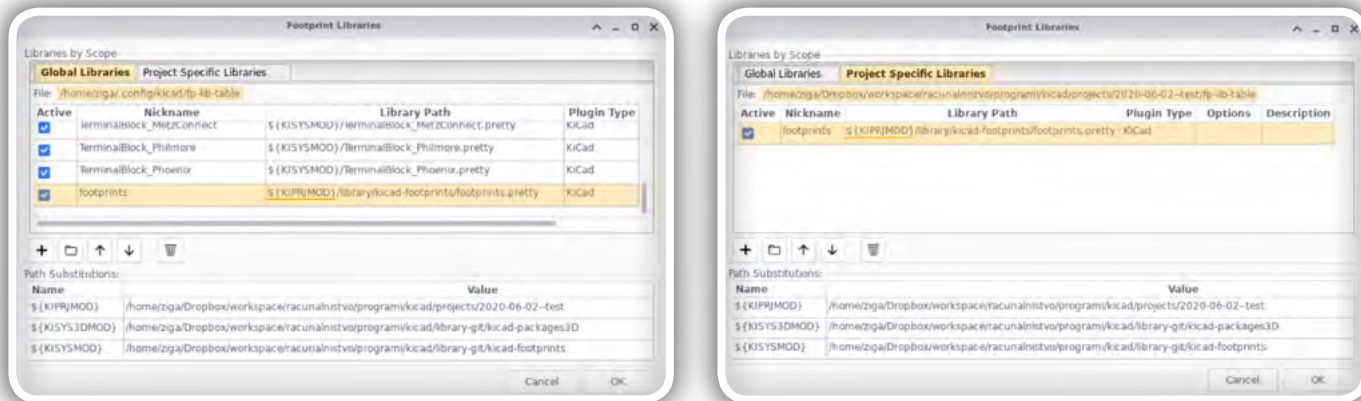
odpre iskalnik, slika 9 (b), kjer se premaknemo v projektno podmapo kicad-footprints, vnesemo ime knjižnice footprints.pretty in pritisnemo Save. Preden Kicad dejansko ustvari knjižnico, moramo izbrati še tabelo v katero bo shranjena povezava do knjižnice s podnožji, slika 3 (b).

Tako kot v primeru privatne simbolne knjižnice lahko izbiramo med tabelama Global ali Project, vendar pa se pri ustvarjanju privatne knjižnice s podnožji, povezava do knjižnice shrani v tabelo fp-lib-table namesto v sym-lib-table.

V primeru tabele Global se fp-lib-table shrani kot /home/ziga/.config/kicad/fp-lib-table, v primeru tabele Project pa v projektno mapo kot /home/ziga/Dropbox/workspace/racunalninstvo/programi/kicad/projects/2020-06-02--test/fp-lib-table.

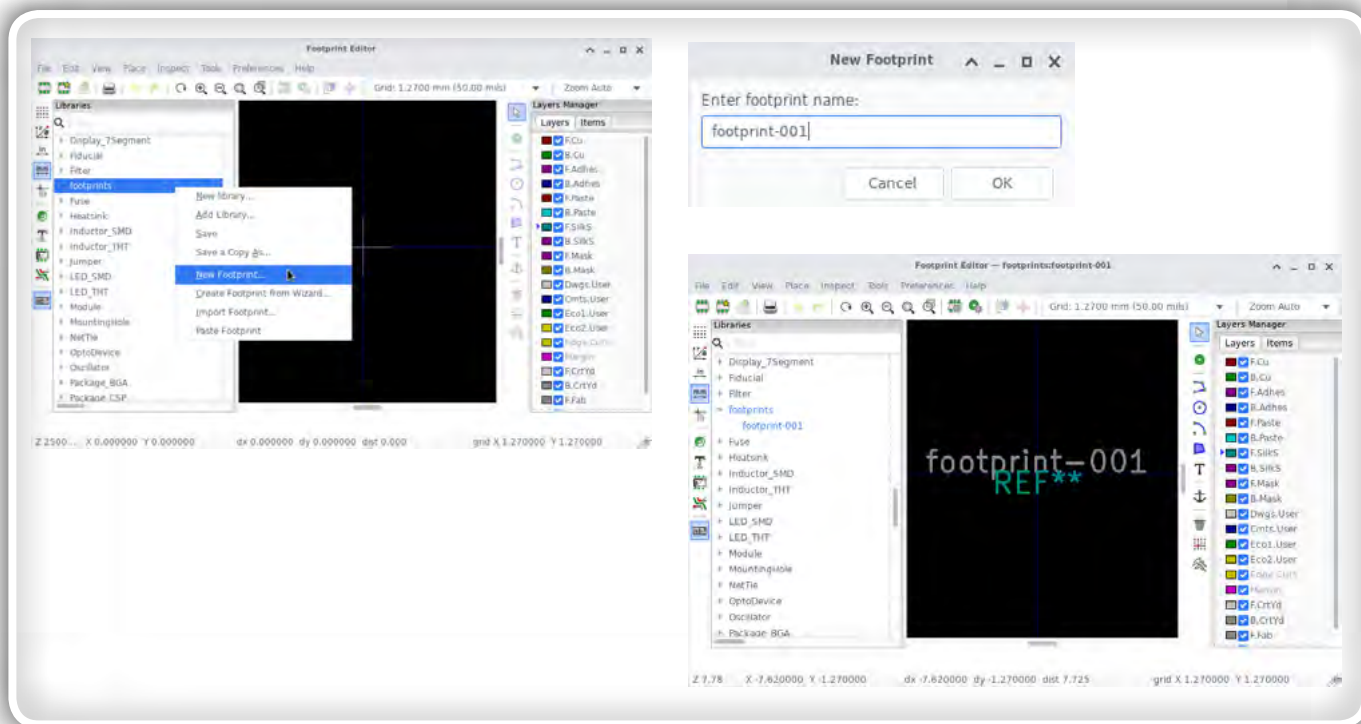
Zgoraj zapisano lahko preverimo po že opisanem postopku. V urejevalniku knjižnic s podnožji, slika 9 (a), sledimo povezavi Preferences > Manage Footprint Libraries.... Opre se urejevalnik povezav do knjižnic s podnožji.

V kolikor bi uporabili tabelo Global, lahko pod zavihkom Global Libraries na vrhu razberemo lokacijo tabele oz. /home/ziga/.config/kicad/fp-lib-table, slika 10 (a). Zaradi opisanih razlogov pa raje izberemo tabelo Project za katero podatke najdemo pod zavihkom Project Specific Libraries. Na vrhu razberemo lokacijo tabele oz. /home/ziga/Dropbox/workspace/racunalninstvo/programi/kicad/projects/2020-06-02--test/fp-lib-table, slika 10 (b).

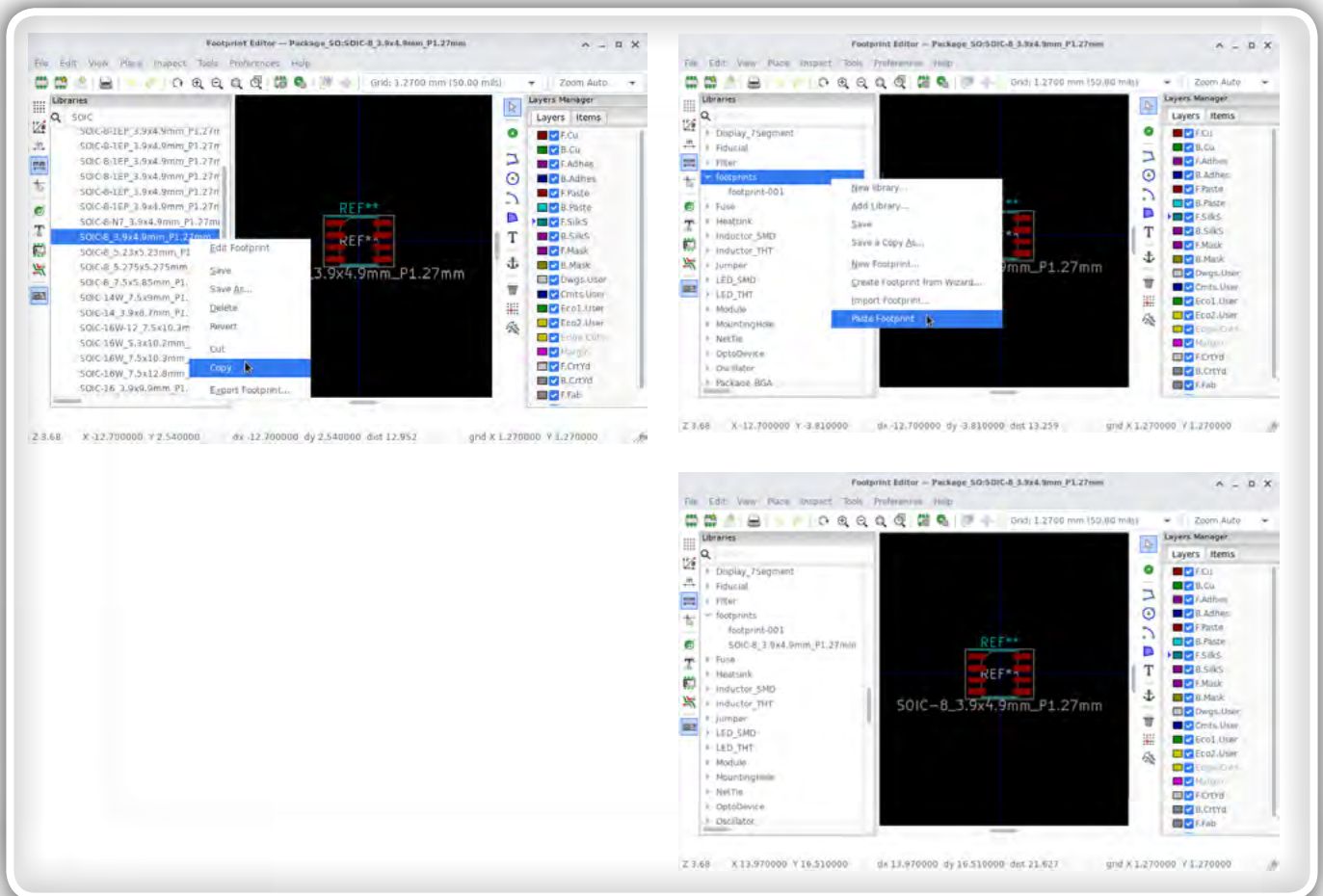


**Slika 10:** (a levo) Urejevalnik povezav do knjižnic s podnožji v primeru tabele Global in (b desno) v primeru tabele Project

V ustvarjeno privatno knjižnico footprints.preety sedaj lahko dodamo novo komponento. V urejevalniku knjižnic s podnožij na levi strani najdemo knjižnico footprints.preety, jo desno kliknemo in izberemo možnost New Footprint..., slika 11 (a). Nato podnožju v novem pojavnem oknu določimo ime, npr. footprint-001 in na dnu kliknemo OK, slika 11 (b). Podnožje je tako ustvarjeno, kar je razvidno na levi strani urejevalnika knjižnic s podnožji, slika 11 (c). Sedaj nam preostane le še urejanje podnožja skladno z našimi željami in shranjevanje napredka preko povezave File > Save All.



**Slika 11:** (a levo) Ustvarjanje popolnoma novega podnožja v privatni knjižnici s podnožji, (b desno) določanje njegovega imena in (c desno spodaj) viden obstoj podnožja znotraj knjižnice na levi strani urejevalnika knjižnic s podnožji



**Slika 12:** (a levo) Iskanje podnožja v uradnih knjižnicah s podnožji, (b desno) kopiranje podnožja iz uradnih knjižnic s podnožji in (c) desno spodaj vnos podnožja v privatno knjižnico s podnožji

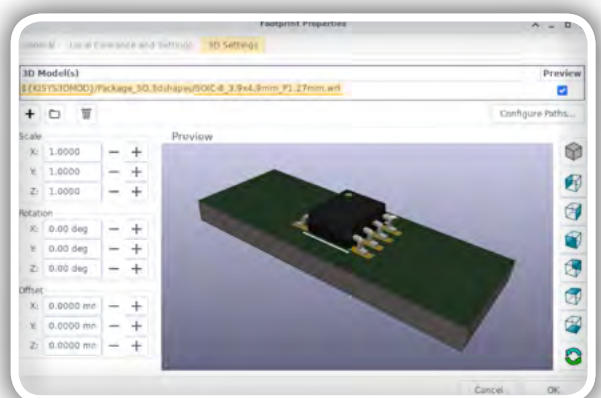
Za kopanje komponente iz uradne knjižnice v privatno knjižnico footprints.preety najprej v urejevalniku knjižnic s podnožji na levi poiščemo željeno podnožje, slednjega desno kliknemo in izberemo Copy, slika 12 (a). Nato poiščemo knjižnico footprints.preety, jo desno kliknemo in izberemo Paste Footprint, slika 12 (b). Podnožje je sedaj del privatne knjižnice footprints.preety, slika 12 (c), in ga lahko po želji spreminjamo. Za konec preko povezave File > Save All shranimo podnožje in knjižnico.

### Privatne knjižnice 3D modelov

Vsako podnožje ima v svojih nastavitvah shranjeno povezavo do 3D modela elektronske komponente, ki bo prispajkan na podnožje. Poglejmo si to na primeru končanega podnožja, ki smo ga ravnokar uvozili v privatno knjižnico footprints.preety. Na levi strani urejevalnika knjižnic s podnožji lociramo privatno knjižnico footprints.preety in znotraj nje dvokliknemo nazadnje dodano podnožje. V kolikor je podnožje uspešno aktivirano se njegovo ime obarva. Nato sledimo povezavi Edit > Footprint Properties... in odpre se nam okno z nastavitvami trenutno aktivnega podnožja. Premaknemo se pod zavihek 3D Settings, kjer najdemo povezavo do 3D modela s končnico .wrl<sup>12</sup>, slika 13.

Relativna povezava do 3D modela s končnico .wrl vsebuje okoljsko spremenljivko KISYS3DMOD, ki smo jo v oknu za nastavitve okoljskih spremenljivk, slika 1 (b), nastavili na najnovejšo knjižnico 3D modelov elektronskih komponent /home/ziga/Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/kicad/library-git/kicad-packages3D, ki ni locirana znotraj projektne mape.

Posledično projekt ni prenosljiv. V kolikor bi projektno mapo v trenutnem stanju poslali npr. stranki, slednja skoraj zagotovo v Kicad nima isto nastavljene okoljske spremenljivke KISYS3DMOD in zaradi tega projekt tam ne bi našel 3D modelov elektronskih



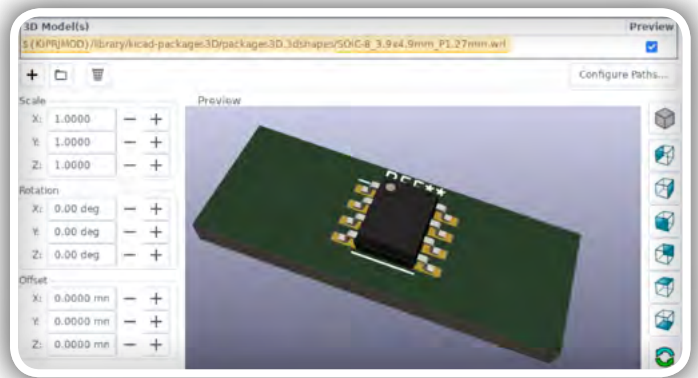
**Slika 13:** Zavihek z nastavitvami 3D modela elektronske komponente za izbrano podnožje

<sup>12</sup> Kicad lahko prikazuje le mesh formate s končnico .wrl. Zaradi tega moramo solid formate s končnico, npr. .step pred uvažanjem v Kicad pretvoriti v format .wrl. Kar omogoča FreeCAD vtičnik Kicad Stepup.



komponent. Poleg tega nimamo zagotovila, da je stranka s spletnega portala Github prenesla najnovjše knjižnice, medtem ko prednastavljene knjižnice na lokaciji /usr/share/kicad nimajo 3D modelov elektronskih komponent, poglavje »Nastavitve uradnih knjižnic v Kicad«.

Da bi dosegli prenosljivost projekta, moramo 3D modele elektronskih komponent za izbrana podnožja najprej prenesti iz uradne knjižnice /home/ziga/Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/kicad/library-git/kicad-packages3D v podmapo packages3D.3dshapes<sup>13</sup>. Slednjo predhodno ustvarimo v privatni knjižnici elektronskih komponent kicad-packages3D, ki se nahaja v projektni mapi. Za vsak 3D model elektronske komponente moramo prenesti datoteki s končnicama .wrl in .step<sup>14</sup>.



**Slika 14: Uspešno izrisan 3D model elektronske komponente za izbrano podnožje pri čemer relativna povezava vsebuje okoljsko spremenljivko KIPRJMOD**

```
$ cd \  
/home/ziga/Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/kicad/projects/ \  
2020-06-02--test/  
$ mkdir ./library/kicad-packages3D/packages3D.3dshapes  
$ cp \  
/home/ziga/Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/kicad/library-git/ \  
kicad-packages3D/Package_SO.3dshapes/SOIC-8_3.9x4.9mm_P1.27mm.{wrl,step} \  
./library/kicad-packages3D/packages3D.3dshapes
```

Nato pod 3D nastavitvami izbranega podnožja, slika 13, uredimo povezavo do 3D modela s končnico .wrl. Pri tem namesto okoljske spremenljivke KISYS3DMOD uporabimo KIPRJMOD. Slednja vedno kaže na mapo trenutnega projekta in bo zato delovala tudi stranki. V kolikor je povezava pravilno nastavljena, pod 3D nastavitvami izbranega podnožja dobimo uspešen izris 3D modela elektronske komponente za izbrano podnožje. V našem primeru \${KIPRJMOD}/library/kicad-packages3D/packages3D.3dshapes/SOIC-8\_3.9x4.9mm\_P1.27mm.wrl uspešno izriše 3D model, slika 14.

## Spreminjanje privatnih knjižnic 3D modelov elektronskih komponent

Sedaj znamo upravljati z uradnimi in privatnimi knjižnicami simbolov, podnožij in 3D modelov elektronskih komponent. Uradne knjižnice, od koder kopiramo datoteke v privatne knjižnice znotraj projektne mape, vsebujejo izjemno veliko simbolov, podnožij in 3D modelov elektronskih komponent. Kljub temu se je nemogoče izogniti situaciji, ko v privatno knjižnico projekta želimo vključiti elektronske komponente, ki so drugačne od standardnih elektronskih komponent v uradni knjižnici.

V primeru simbolov to ni problem, saj Kicad vključuje urejevalnik simbolnih knjižnic, slika 4 (a), in urejevalnik knjižnic s podnožji, slika 9 (a), v katerih lahko uredimo kateri koli simbol ali podnožje.

Težava se pojavi, ko želimo spremeniti 3D model elektronske komponente za katero koli izbrano podnožje. Kicad podpira izključno izris mesh formatov s končnico .wrl, ne podpira pa urejanja solid formatov, npr. tistih s končnico .step. Za urejanje 3D datotek s končnico .step bomo uporabljali aplikacijo Freecad in vtičnik Kicad Stepup.

Za začetek s spodnjim ukazom namestimo aplikacijo Freecad.

```
$ sudo apt install freecad
```

Ko je aplikacija Freecad nameščena jo zaženemo in odprla se bo v enem izmed svojih delovnih okolij. Predvidoma v delovnem okolju Start, slika 15 (a).

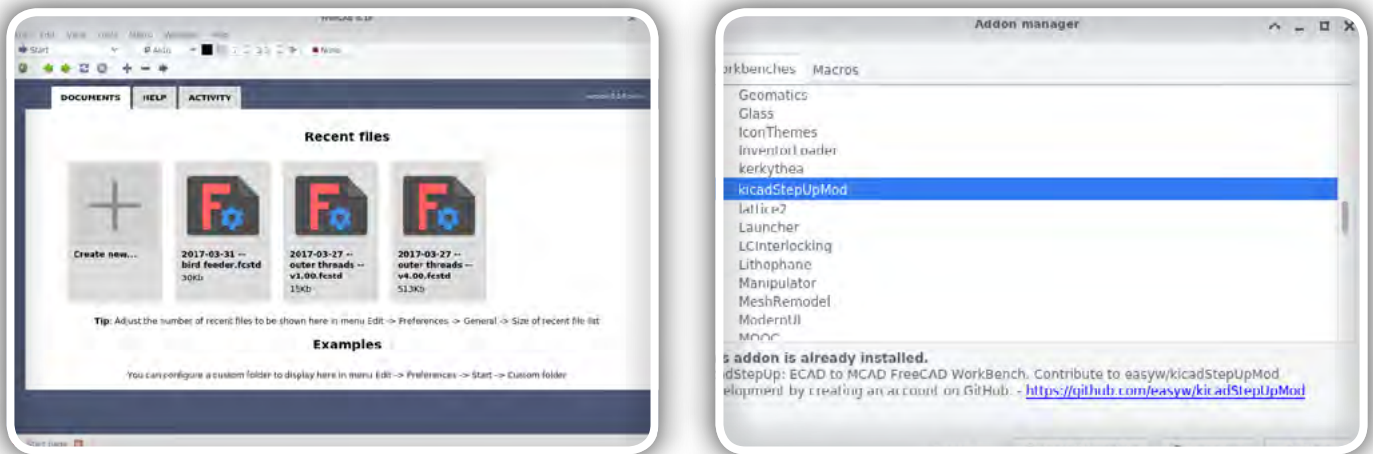
Sedaj je potrebno namestiti vtičnik Kicad Stepup. Sledimo povezavi Tools > Addon Manager in v zavihku Workbenches označimo vtičnik kicadStepUpMod. Nato na dnu okna za nameščanje vtičnikov kliknemo Install/update, slika 15 (b). Ko je vtičnik nameščen, ugasnemo okno za nameščanje vtičnikov in ponovno zaženemo Freecad.

Freecad se bo ponovno odprl v delovnem okolju Start. Opazimo da ob zagonu Freecad v zavihku na dnu aplikacije odpre tudi dokument Start Page, katerega zapremo da ne bo motil delovnega procesa.

<sup>13</sup> Mape s končnico .3dshapes bodo v prihodnosti omogočale grupiranje 3D modelov v Kicad.

<sup>14</sup> Datoteko s končnico .wrl potrebujemo za prikazovanje v Kicad, datoteko s končnico .step pa za urejanje v Freecad.



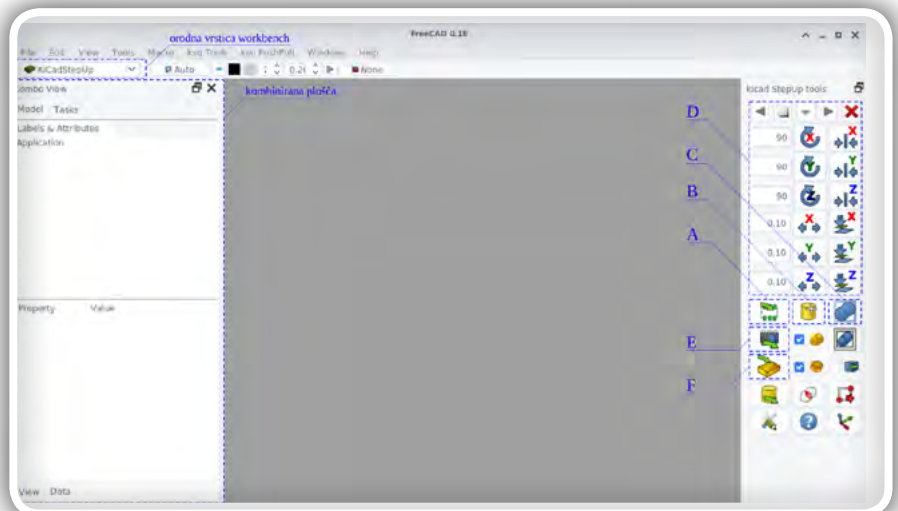


Slika 15: (a leva) Freecad delovno okolje Start in (b desna) namestitve vtičnika Kicad Stepup

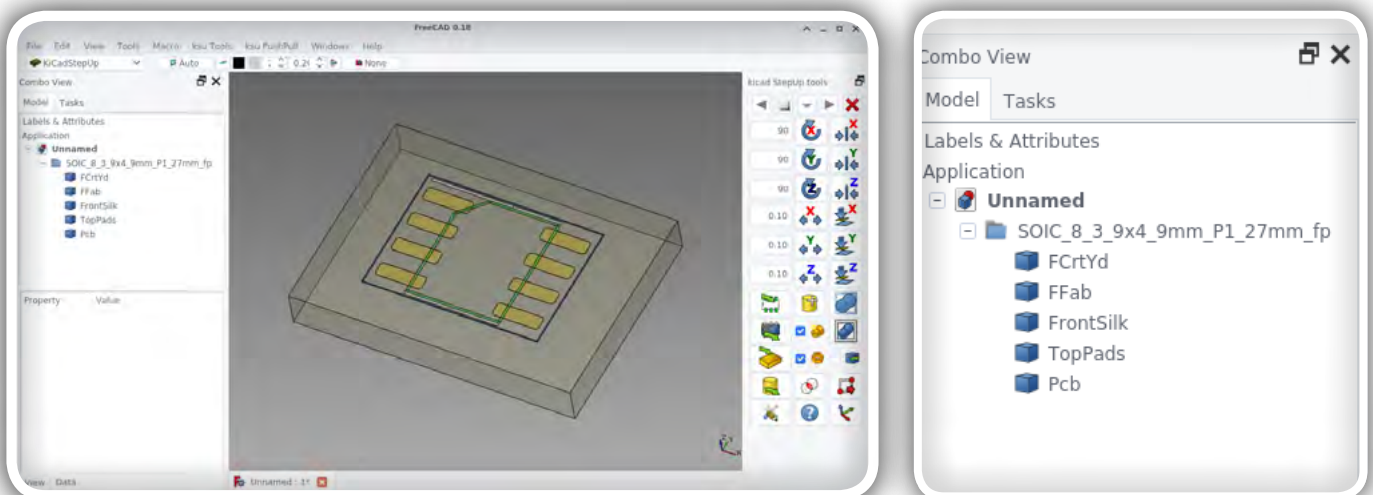
Nameščeni vtičnik Kicad Stepup je le eno izmed delovnih okolij aplikacije Freecad. Med delovnimi okolji lahko preklaplamo preko povezav View > Workbench, kot npr. View > Workbench > KiCadStepUp. V kolikor sledimo tej povezavi bomo preklpili v delovno okolje Kicad Stepup. Tu zaradi preprečevanja zmede najprej izklopimo večino orodnih vrstic. Na povezavi View > Toolbars pustimo obkljukano le orodno vrstico Workbench. Nato sledimo povezavi ksu Tools > ksu Tools in prikazala se bo orodna plošča. Slednjo postavimo na desni rob aplikacije. Nato v glavnem meniju sledimo povezavi View > Panels > Combo View ter vklopimo še kombinirano ploščo v kateri bomo pod zavihkom Model videli strukturo projekta, slika 16.

V Kicad Stepup orodni plošči kliknemo na ikono A, slika 16, in v iskalniku označimo podnožje SOIC-8\_3.9x4.9mm\_P1.27mm.kicad\_mod, ki smo ga premaknili v projektno podmapo ./library/kicad-footprints/footprints.pretty. Nato kliknemo gumb Open in podnožje s končnico .kicad\_mod uvozimo v aplikacijo Freecad, slika 17 (a).

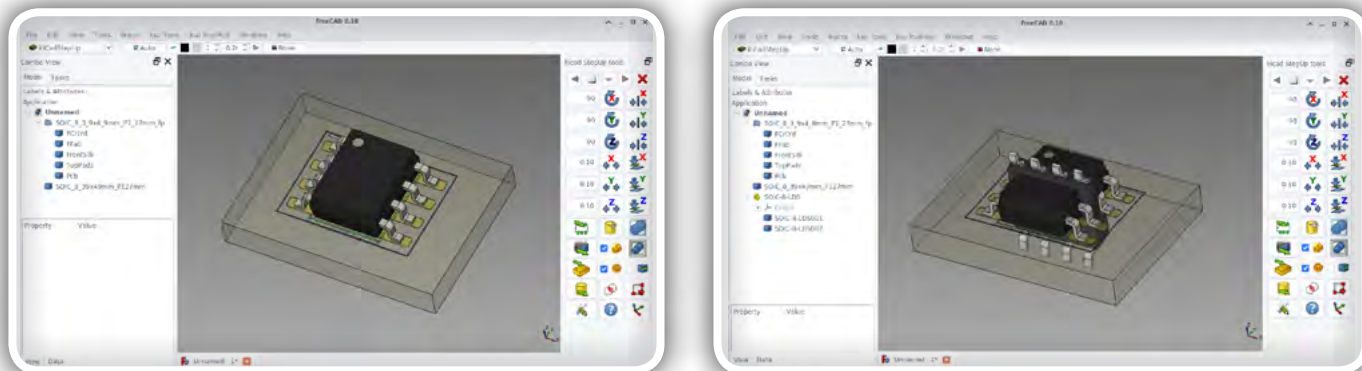
V kombinirani plošči pod zavihkom Model se pojavi struktura podnožja, slika 17 (b), ki pa je ne smemo spreminjati! Podnožje uporabljamo izključno za pravilno pozicioniranje 3D modelov elektronskih elementov s končnico .step. V kolikor želimo urejati podnožje, to storimo v urejevalniku knjižnic s podnožji znotraj Kicad, slika 9 (a).



Slika 16: Kicad Stepup delovno okolje s Kicad Stepup orodno ploščo na desnem robu in kombinirano ploščo na levem robu aplikacije Freecad



Slika 17: (a levo) Kicad podnožje s končnico .kicad\_mod uvoženo v aplikacijo Freecad in (b desno) in struktura podnožja prikazana v kombinirani plošči

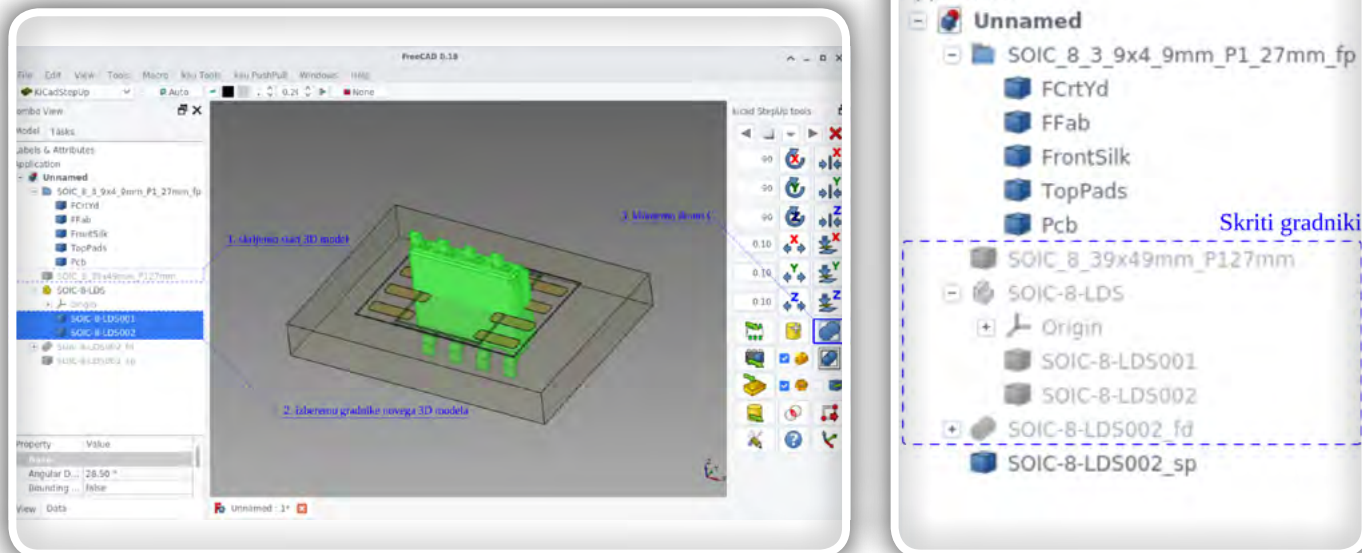


**Slika 18:** (a levo) 3D model uvožen iz uradne knjižnice je poravnan s podnožjem, (b desno) medtem ko *acc(3D)* model uvožen s spleta ni poravnan s podnožjem

Sedaj bomo uvozili 3D model elektronske komponente SOIC-8\_3.9x4.9mm\_P1.27mm.step, ki smo ga predhodno premaknili v projektno podmapo `./library/kicad-packages3D/packages3D.3dshapes/`. V Kicad Stepup orodni plošči kliknemo ikono B, slika 16, izberemo omenjeni 3D model in pritisnemo Open. 3D model se bo prikazal na podnožju in bo pravilno pozicioniran, slika 18 (a), saj so njegovo lego in orientacijo s podnožjem uskladili že razvijalci uradnih Kicad knjižnic.

V kolikor bi na podnožje želeli postaviti drugo elektronsko komponento, lahko njen 3D model v FreeCAD sprojektiramo sami, ali pa datoteko s končnico `.step` poiščemo na spletnih straneh, npr. <https://www.3dcontentcentral.com/> ali <https://grabcad.com/>.

Primer je 3D model SOIC-8-LDS.step, ki ga s spleta prenesemo v projektno podmapo `./library/kicad-packages3D/packages3D.3dshapes`. Slednjega nato po opisanem postopku uvozimo v FreeCAD. Na podnožju imamo sedaj dva 3D modela elektronskih komponent pri čemer novi model ni poravnan s podnožjem. Poleg tega opazimo, da je 3D model elektronske komponente iz uradne knjižnice sestavljen iz enega gradnika<sup>15</sup>, medtem ko je novi model sestavljen iz dveh gradnikov<sup>16</sup>, slika 18 (b).



**Slika 19:** (a levo) Postopek združevanja gradnikov *acc(3D)* modela in (b desno) skrivanje nepotrebnih gradnikov

V kombinirani plošči pod zavihkom Model levo kliknemo staro elektronsko komponento in jo skrijemo s tipko Space. Da bomo lahko pozicionirali 3D model nove komponente, moramo njene gradnike najprej združiti. Držimo tipko Control in z levim miškinim gumbom izberemo gradnike, ki jih nameravamo združiti. Nato v Kicad Stepup orodni plošči kliknemo ikono C, slika 19 (a). Gradniki se v opisanem primeru združijo v gradnik SOIC-8-LDS002\_sp, s katerim bomo delali v nadaljevanju. Vse ostale gradnike z izjemo podnožja pa skrijemo, slika 19 (b).

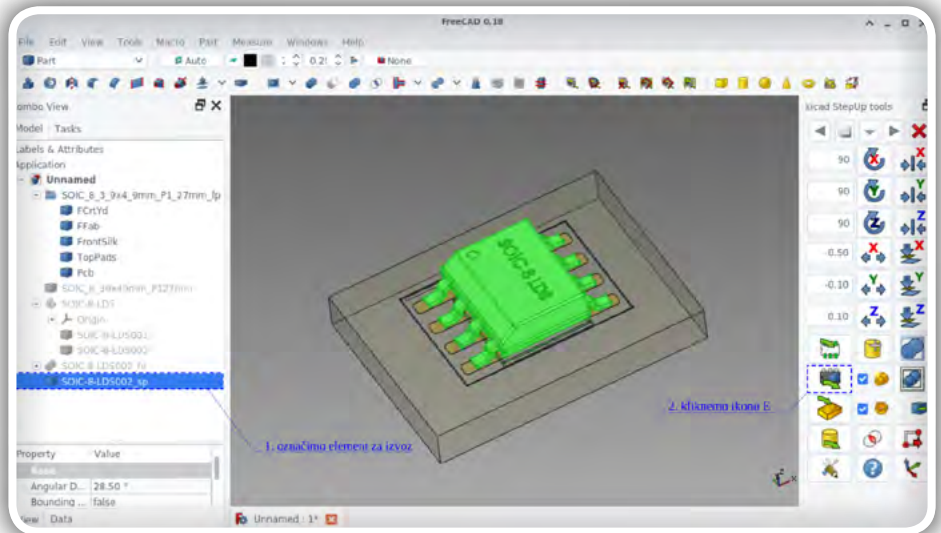
<sup>15</sup> 3D modeli elektronskih komponent iz uradne knjižnice so vedno sestavljeni le iz enega gradnika.

<sup>16</sup> 3D modeli elektronskih komponent iz spleta so pogosto sestavljeni iz večih gradnikov.

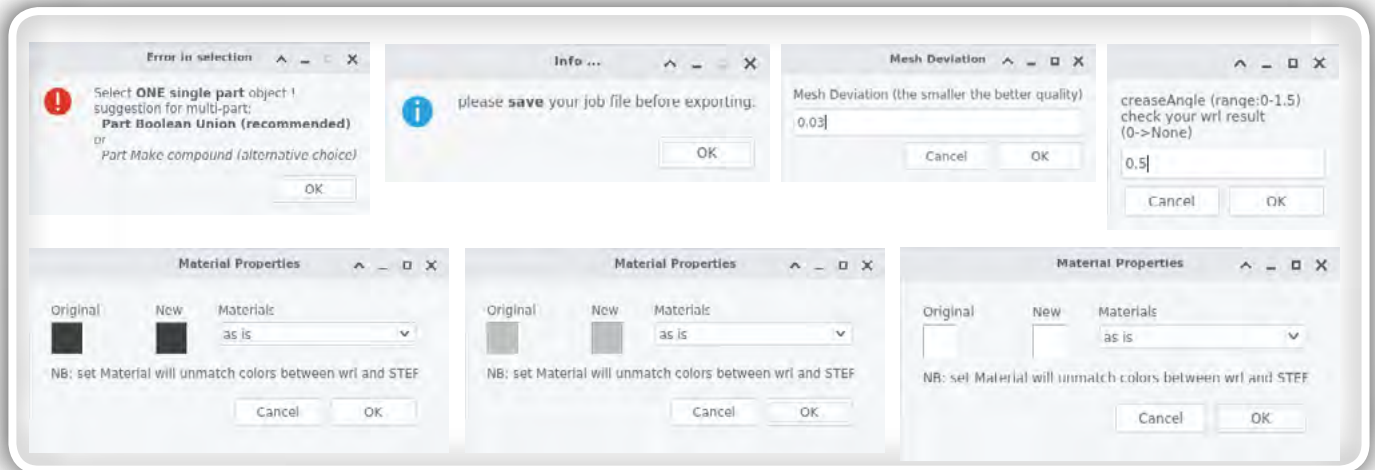
V kombinirani plošči pod zavihkom Model sedaj levo kliknemo SOIC-8-LDS002\_sp in ga pozicioniramo s pomočjo D skupine ikon<sup>17</sup>, slika 16. Pri pozicioniranju si pomagamo s standardnimi pogledi, ki so vezani na tipke:

- 1 - naris,
  - 2 - tloris,
  - 3 - stranski ris,
  - 4 - 2. naris,
  - 5 - 2. tloris,
  - 6 - 2. stranski ris
- 0 - izometrična projekcija

Ko je 3D model SOIC-8-LDS002\_sp pravilno pozicioniran, ga označimo v kombinirani plošči in nato s klikom na ikono E prične postopek izvažanja 3D mo-

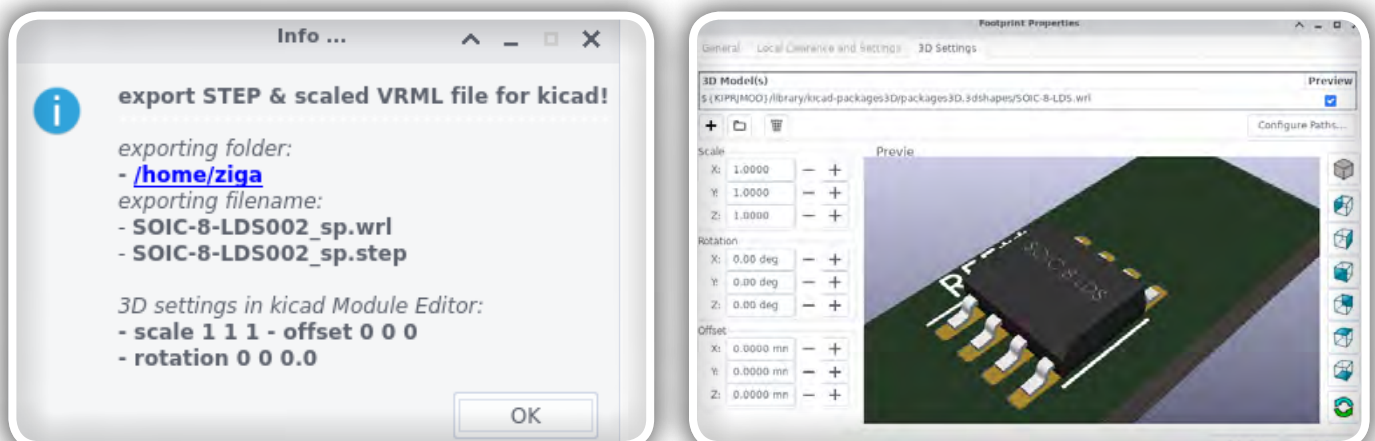


Slika 20: Pričetek postopka izvažanja 3D modela za kasnejši uvoz v Kicad



Slika 21: (a) Opozorilo da izvažamo več kot en gradnik, (b) poziv k shranjevanju projekta in (c-g) nastavitve podrobnosti na izvoženih modelih - od leve proti desni

dela za kasnejši uvoz v Kicad, slika 20. V kolikor ponevednoma označimo več kot en gradnik, se postopek izvažanja ne začne. Namesto tega dobimo opozorilo, slika 21 (a). V kolikor izberemo le en gradnik, postopek izvažanja steče in najprej dobimo poziv



Slika 22: (a) Kicad Stepup okno s povzetkom izvažanja in (b) desno) v Kicad izrisani 3D model elektronskega elementa, ki smo ga uredili in izvozili iz Freecad

<sup>17</sup> Vrednosti oz. inkremente na levi strani D skupine ikon, lahko nastavimo tudi na negativno vrednost. Zaradi neznanega razloga ob kliku na katero koli izmed omenjenih ikon FreeCAD preklopi v delovno okolje Part, kar razberemo iz orodne vrstice Workbench, slika 16. Poleg se bodo odprle dodatne orodne vrstice, ki so del delovnega okolja Part.

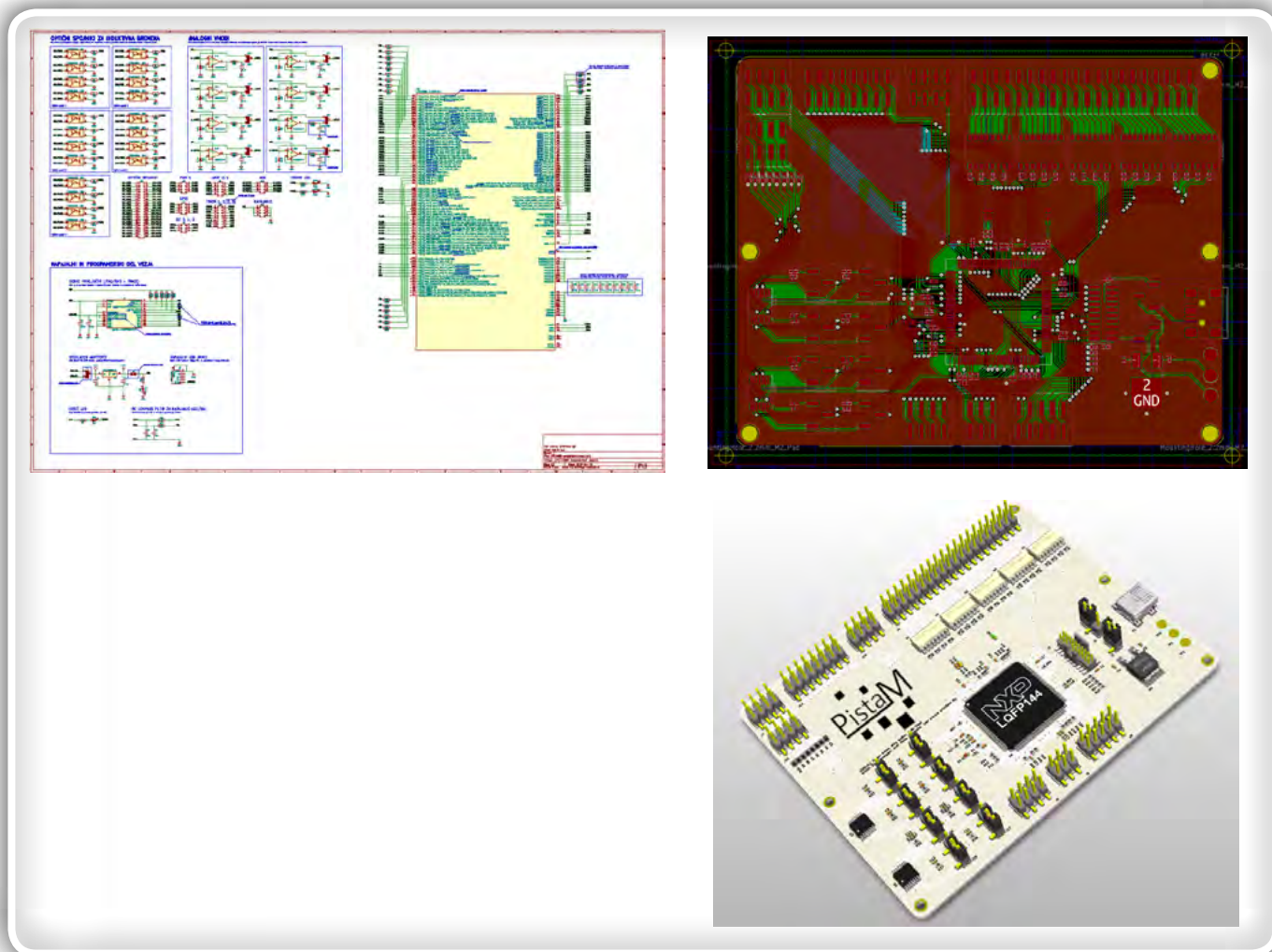


k shranjevanju projekta, slika 21 (b). Shranjevanje ni nujno zaradi česar kliknemo OK, nato pa shranjevanje prekinemo s Cancel. Zatem dobimo pet vprašanj o nastavitvah podrobnosti na izvoženih modelih, slike 21 (c-g). Tu zadostujejo prednastavljene možnosti, zaradi česar vedno kliknemo OK. Ko je postopek izvažanja zaključen, vtičnik Kicad Stepup prikaže okno s povzetkom postopka izvažanja, slika 22 (a).

V oknu razberemo, da je vtičnik Kicad Stepup v domačo mapo uporabnika /home/ziga izvozil datoteki SOIC-8-LDS002\_sp.wrl in SOIC-8-LDS002\_sp.step. Prva omogoča 3D izris modela v Kicad, drugo pa potrebujemo v kolikor bomo v prihodnosti želeli še kaj spremeniti. Datoteki nato pod imenom, ki odraža prvotno ime s spleta prenešenega 3D modela, premaknemo v ustrezni projektni podmapo.

```
$ cd /home/ziga
$ mv \
SOIC-8-LDS002_sp.wrl Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/kicad/projects/ \
2020-06-02--test/library/kicad-packages3D/packages3D.3dshapes/SOIC-8-LDS.wrl \
$ mv \
SOIC-8-LDS002_sp.step Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/kicad/ \
projects/2020-06-02--test/library/kicad-packages3D/packages3D.3dshapes/ \
SOIC-8-LDS.step
```

Kot zadnje dejanje moramo v Kicad odpreti urejevalnik knjižnic s podnožji, slika 9 (a), na levi najti privatno knjižnico footprints. preety in v njej dvoklikniti podnožje SOIC-8\_3.9x4.9mm\_P1.27mm. Nato sledimo povezavi Edit > Footprint Properties... in odpre se nam okno z nastavitvami trenutno aktivnega podnožja, kjer pod zavihkom 3D Settings s pomočjo okoljske spremenljivke KIPRJMOD podnožje usmerimo na 3D model SOIC-8-LDS.wrl v projektni podmapi .library/kicad-packages3D/packages3D.3dshapes in izrisal se bo 3D model elektronskega elementa, ki smo ga izvozili iz Freecad, slika 22 (b). Nato kliknemo OK in v urejevalniku knjižnic s podnožij shranimo napredek s kombinacijo tipk Control + S.



**Slika: 23: (a leva) Primer narisane električne sheme, (b desna) primer sprojektiranega PCB in (c desna spodaj) primer 3D predogleda celotnega PCB s prikazom vseh 3D modelov elektronskih komponent**



Sedaj so vsi elementi našega projekta prenosljivi. Izpostavimo le še to, da se povezava do 3D modela elektronske komponente s končnico .wrl shrani neposredno v datoteko s končnico .kicad\_mod, ki definira podnožje. To enostavno preverimo s spodnjim ukazom, ki vrne 1 v kolikor je v datoteki SOIC-8\_3.9x4.9mm\_P1.27mm.kicad\_mod iskani niz .wrl v nasprotnem primeru pa ukaz vrne 0.

```
$ cd /home/ziga
$ mv \
SOIC-8-LDS002_sp.wrl Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/kicad/projects/ \
2020-06-02--test/library/kicad-packages3D/packages3D.3dshapes/SOIC-8-LDS.wrl \
$ mv \
SOIC-8-LDS002_sp.step Dropbox/workspace/racunalnistvo/programi/kicad/ \
projects/2020-06-02--test/library/kicad-packages3D/packages3D.3dshapes/ \
SOIC-8-LDS.step
```

## Pridobivanje 3D modela elektronskega vezja

Z upoštevanjem do sedaj opisanih principov, lahko ustvarimo popolnoma prenosljiv Kicad projekt, ki vsebuje poljubne simbole, podnožja in 3D elemente. Na podlagi osnovnih gradnikov je nato potrebno najprej narisati električno shemo, slika 23 (a). Nato je potrebno na podlagi električne sheme sprojektirati PCB, slika 23 (b), katerega elektronske komponente se morajo prikazati tudi v 3D predogledu elektronskega vezja, slika 23 (c). Gre za osnovna Kicad znanja, ki jih v članku ne bomo obravnavali.



**Slika 24:** (a leva) Kicad Stepup delovno okolje z ustvarjenim 3D modelom celotnega vezja. (b desna) 3D ohišje za pripadajoče elektronske vezje v celoti sprojektirano v Freecad

Uspešen prikaz vseh elektronskih komponent in PCB v 3D prikazovalniku je dober indikator za pravilno zgrajen projekt. V tem primeru lahko pričnemo z izdelavo 3D modela celotnega elektronskega vezja. Odpremo aplikacijo Freecad, se premaknemo v nameščeno delovno okolje Kicad Stepup in vklopimo Kicad Stepup orodno ploščo, slika 16. Nato v Kicad Stepup orodni plošči kliknemo ikono F in v iskalniku izberemo datoteko s končnico .kicad\_pcb, ki definira sprojektirani PCB. Vtičnik Kicad Stepup bo nato v programu Freecad zgeneriral 3D model celotnega elektronskega vezja, slika 24 (a). Projekt preko povezave File > Save shranimo v datoteko s končnico .FCStd.

Na podlagi tega projekta lahko sprojektiramo ohišje neposredno v Freecad, slika 24 (b), ali pa 3D model elektronskega vezja izvozimo v drug program. Izvažanje poteka tako, da najprej v kombinirani plošči pod zavihkom Model obkljukamo vse gradnike elektronskega vezja<sup>18</sup> in nato sledimo povezavi File > Export. Odprlo se bo okno v katerem izpolnimo rubriko File name in v rubriki Files of type izberemo enega izmed podprtih formatov .dwg, .iges, .dwg, .scad, .step, .stl, .wrl... Nato kliknemo Save in izvozimo 3D model v izbranem formatu.

*Ključne besede:* Kicad, Freecad, 3D

### Akronimi

- 3D - 3-Dimensional, [https://en.wikipedia.org/wiki/Three-dimensional\\_space](https://en.wikipedia.org/wiki/Three-dimensional_space)
- 2D - 2-Dimensional, [https://en.wikipedia.org/wiki/Two-dimensional\\_space](https://en.wikipedia.org/wiki/Two-dimensional_space)
- PCB - Printed circuit board, [https://en.wikipedia.org/wiki/Printed\\_circuit\\_board](https://en.wikipedia.org/wiki/Printed_circuit_board)

<sup>18</sup> Pri tem ne smemo obkljukati map v katerih so gradniki.

# 3D natisnjena Peltonova hidroelektrarna za demonstracijo fizikalnih zakonitosti



Fakulteta za elektrotehniko,  
računalništvo in informatiko

Laboratorij za energetiko UM FER/  
Avtorja: Matic Markovič, dr. Primož Sukič  
p.sukic@um.si

*3D natisnjena hidroelektrarna s Peltonovo turbino je namenjena prikazu fizikalnih zakonitosti proizvodnje električne energije. Uporabnik lahko s spremembo višinske razlike in s spreminjanem pretoka vode direktno vpliva na proizvodnjo električne energije. BLDC motor je uporabljen kot generator in LED trak kot indikator proizvodne moči. Eksperimentalni sistem je odličen pripomoček za razjasnitev osnov pretvorbe energije iz potencialne v -> kinetično energijo-> mehansko energijo -> električno energijo.*

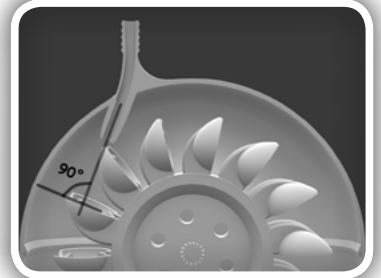
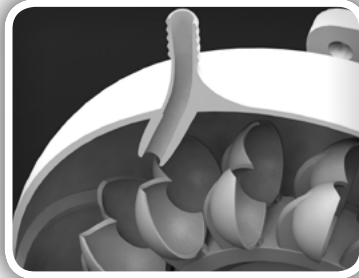
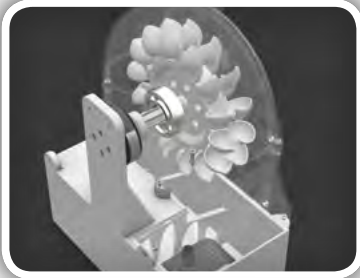
Hidroelektrarna s pomočjo energije tekoče vode proizvaja električno energijo. Trenutna moč elektrarne je odvisna od padca in pretoka vode. Na izdelanem eksperimentalnem modelu sta pretok in padec ročno spremenljiva. Pretok vode lahko spreminjamo s krogličnim vodnim ventilom, padec pa z vertikalnim pomikom rezervoarja z vodo po dvižnem sistemu. To storimo s vklopom tristopenjskega stikala za dvig in spust rezervoarja z vodo. S pritiskom na stikalo vklopimo DC elektromotor, ki preko polžastega reduktorja vrti navpično navojno palico. V dno posode z vodo je vgrajena matica M18, katera odvisno od smeri vrtenja navojne palice leze skupaj s posodo navzgor ali navzdol. DC motor je napajen s H-mostom BTN8982TA, ki je krmiljen z Arduino UNO. V spodnjem rezervoarju je vgrajena črpalka, ki prečrpa vodo v zgornji rezervoar.

Trenutno moč hidroelektrarne lahko izračunamo z enačbo:

- skupni izkoristek (seštevek izkoristkov - cevovoda, generatorja, turbine)
- gostota vode
- gravitacijski pospešek
- prostorninski pretok vode
- padec

V modelu je uporabljena Peltonova turbina, ki je primerna za hidroelektrarne z manjšimi pretoki ter velikimi padci. Na turbino je speljan dovodni cevovod. Konča se s šobo, ki usmerja vodni curek okroglega preseka tangencialno na lopate gonilnika. Voda udarja ob lopate in oddaja gonilniku kinetično energijo. Lopatice gonilnika imajo na sredini nož, ki deli lopato na dve simetrični polovici. Curka zdrsneta vsak po svoji vdolbini lopate, pri tem pa spremenita smer za skoraj 180°, poženeta lopato naprej po obodu izgubita hitrost in s tem oddata energijo, ki se pretvori v mehansko. Na os turbine je nameščen BLDC motor, ki služi kot generator. Napetost na izhodu generatorja preko trifaznega Greatzovega mostiča meri Arduino. Glede na amplitudo napetosti MCU vklaplja število LED-ik na RGB programirljivem LED traku, ter jih barvno prilagaja.



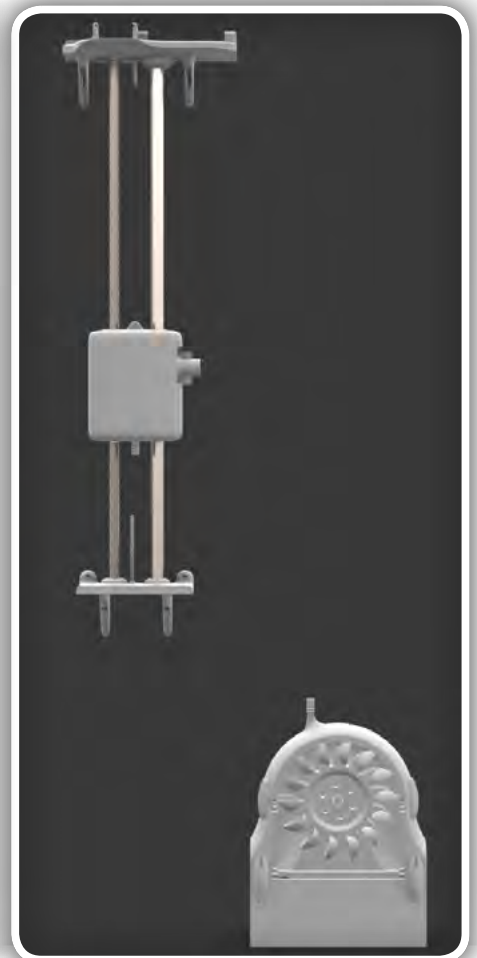
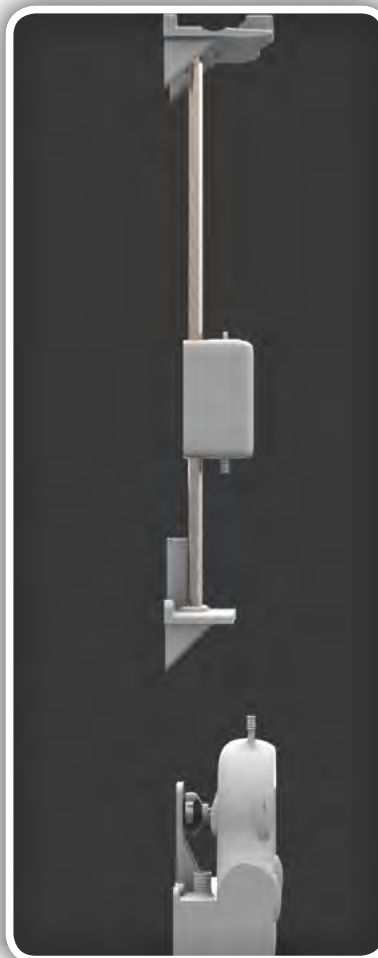


#### Uporabljene komponente:

- Arduino Nano, Uno
- GARTT ML 6011 130KV Brushless motor for drones
- DC Motor Control Shield BTN8982TA
- DC motor with worm gear reducer
- AC-DC power supply; Output 12VDC, 8.5A
- AC-DC power supply; Output 5VDC, 5A
- Programmable RGB LED strip ws2813
- Submersible water pump 25W
- Transparent acrylic sheet
- Threaded rod M18
- Stainless steel tube M22
- Ball valve inner diameter 12cm
- Transparent PVC tubes (16mm and 35mm outer diameter)

#### Viri:

- Video 1 - model hidroelektrarne
  - ◇ <https://www.youtube.com/watch?v=ZPHTx8UatQw>
- Video 2 - 3D model animacija
  - ◇ <https://www.youtube.com/watch?v=FOP-1KxFy3g>
- Thingiverse 3D modeli
  - ◇ <https://www.thingiverse.com/thing:4374462>
- Github – koda za mcu
  - ◇ <https://github.com/MaticMarkovic/Hydroelectric-power-plant-model>



# Grozd Pametne tovarne

Gospodarska zbornica Slovenije  
Zbornica za elektronsko in elektroindustrijo  
[mitja.virant@gzs.si](mailto:mitja.virant@gzs.si)  
+386 1 5898 303  
[www-etim.si](http://www-etim.si)

## *Povezovanje potencialov za celovito preobrazbo v smeri Industrije 4.0.*

**Grozd Pametne tovarne** deluje v okviru Zbornice za elektronsko in elektroindustrijo na GZS in je del strateškega razvojno inovacijskega partnerstva **Tovarne prihodnosti (SRIP ToP)** katerega cilj je vzpostaviti odprto in prijazno okolje za zainteresirane predstavnike gospodarstva, raziskovalnih organizacij, države ter ostalih zainteresiranih na prednostnem področju »Tovarne prihodnosti«.

**Grozd Pametne tovarne** se osredotoča na področje celovite in praktične izvedbe preoblikovanja v smeri **Industrije 4.0.** s ciljem:

**Enotno zasnovani krovni procesi** s točno določenimi stičnimi in kontrolnimi točkami, ki bodo omogočali digitalizacijo najbolj pomembnih procesov podjetja in njihovo povezavo s podpornimi procesi ter procesi poslovnih partnerjev.

**Uporaba najbolj sodobnih in optimalnih tehnologij** tako pri analizi in postavitvi procesov in koncepta pametne tovarne kot pri implementaciji procesov.

Občutno **zvišanje dodane vrednosti** teh procesov.

Vse potrebne informacije in obveščanje o dogodkih najdete na: <https://www.gzs.si/pametnetovarne/>

**ETIM podpira digitalizacijo tehničnih izdelkov v elektroindustriji, gradbeništvu in HVAC panogi. Omogoča enostavno izmenjavo podatkov, ki vam pomaga pri povečanju prodaje in znižanju stroškov.**

## **ETIM predstavlja najhitrejšo pot do digitalizacije**

**digitalizacija** po ETIMu omogoča **standardiziran digitalni popis tehničnih izdelkov**. Vsebuje vse bistvene tehnične karakteristike produkta. Razlogi za uvedbo standarda ETIM v organizacijo imajo široko oz. večstransko korist - tako za proizvajalca kot tudi za trgovca, saj oba lahko te prednosti koristno uporabita za medsebojno poenostavljeno komunikacijo o tehničnih izdelkih in med drugim tudi kot marketinški instrument. Omogoča poenostavljen vstop v mednarodne distribucijske verige.

Podatkovna strategija v okviru ETIMa omogoča lažji nastop na mednarodnih trgih.

Digitalizacija izdelka je popis izdelka, ki omogoča odločitev za nakup brez fizičnega stika z izdelkom in je bistvena za nadaljnji razvoj izdelka pri proizvajalcu in pri odnosu s posrednimi ali neposrednimi kupci.

V okviru **Gospodarske zbornice Slovenija** je bila ustanovljena nacionalna točka **ETIM Slovenija** z jasnim ciljem, da se v slovenskem gospodarstvu dvigne nivo digitalne kulture. Podjetjem želimo sporočiti kakšne so za njih prednosti digitalizacije tehničnih izdelkov in jih vzpodbuditi k izvedbi.

Vzpodbuditi želimo tesnejšo in predvsem trajnejšo povezanost med člani. Nadejamo si, da bi s tem lažje zaznali in okrepiли sodelovanje na poti digitalne transformacije.

**ETIM Slovenija** organizira **srečanje članov** katero bo potekalo **v sredo, 24.6.2020 ob 9.00 v dvorani G na GZS, Dimičeva 13, Ljubljana**. Članom ETIM Slovenija nudimo **digitalizacijo izdelkov, pregled stopnje digitaliziranosti konkurence, izobraževanje in izmenjavo dobrih praks med člani**.

Skupaj lahko preučimo možnosti in opcije izvedbe digitalizacije v vašem podjetju. Potrudili se bomo poiskati ustrezno rešitev za vas. Za podrobnosti nas prosim kontaktirajte.





## Gospodarska zbornica Slovenije

### Zbornica za elektronsko in elektroindustrijo

Zbornica za elektronsko in elektroindustrijo deluje v okviru Gospodarske zbornice Slovenije, kjer **svojim članom** že desetletja nudi **podporo in promocijo** na področju elektronske in elektroindustrije. Glavne naloge ZEE so:

- zagotavljanje konkurenčnost elektroindustrije
- zastopanje interesov članov
- tehniška regulativa in standardizacija
- trgovinski sporazumi in carinski ukrepi
- promocija podjetij elektroindustrije doma in v tujini
- sodelovanje z evropskimi industrijskimi združenji
- izobraževanja
- socialno partnerstvo
- svetovanje glede projektov na nacionalni in EU ravni.



Zbornica ZEE svoje člane povezuje preko strokovnih srečanj, organizira posvete, izobraževanja, seminarje in sestanke ter deluje kot povezovalni člen med vladnimi resorji ter strateškimi partnerji na EU ravni. Svoje člane redno obvešča preko **e-novičnika** ZEE, ki zajema:

- novice iz aktualne zakonodaje,
- predstavitev aktualnih razpisov,
- predstavitev pomembnih člankov,
- najava dogodkov, izobraževanj,
- povzetek dogodkov,
- predstavitev dosežkov podjetij članic Zbornice elektronske in elektroindustrije,
- predstavitev nagrad.

Za dodatne informacije obiščite [https://www.gzs.si/zbornica\\_elektronske\\_in\\_elektroindustrije](https://www.gzs.si/zbornica_elektronske_in_elektroindustrije) ali nas kontaktirajte na [zee@gzs.si](mailto:zee@gzs.si).

# Gospodarska zbornica Slovenije

## reprezentativni predstavnik slovenskega gospodarstva

### Zbornica elektronske in elektroindustrije

## Grozd Pametne Tovarne

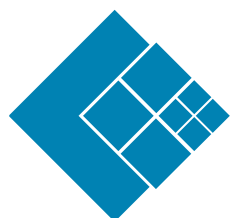
Povezovanje potencialov za celovito  
preobrazbo v smeri industrije 4.0

[pametnetovarne.gzs.si](http://pametnetovarne.gzs.si)



Gospodarska  
zbornica  
Slovenije

Zbornica elektronske  
in elektroindustrije  
Grozd Pametne tovarne



Gospodarska  
zbornica  
Slovenije

Zbornica elektronske  
in elektroindustrije  
Nacionalna točka ETIM

## ETIM SLOVENIJA

### Digitalna transformacija tehničnih izdelkov

Srečanje članov 24. junij na GZS

[www.etim.si](http://www.etim.si)

[etim.slovenija](https://www.facebook.com/etim.slovenija)

[etim.slovenija](https://www.linkedin.com/company/etim-slovenija)



## Konferenca Dan najboljše prakse

1. in 2. oktober 2020

Sekcija uporabnikov sistemov stalnih izboljšav

Izmenjalnice dobrih praks vitkosti, agilnosti  
in digitalizacije proizvodnje

[stalne-izboljsave.gzs.si](http://stalne-izboljsave.gzs.si)



Gospodarska  
zbornica  
Slovenije

Zbornica elektronske  
in elektroindustrije  
Sekcija uporabnikov  
sistemov stalnih izboljšav

# Sponzorji

## ZLATI sponzor



## SREBRNI sponzor



## BRONASTI sponzor



### SPONZORJI konference



### MEDIJSKI sponzorji



### PARTNERJI konference



### PARTNERJI iz univerze







# Revija, s katero boste na tekočem:

## ZABAVNA ELEKTRONIKA



## RAČUNALNIŠTVO



## NOVE TEHNOLOGIJE



## IZ VSEBINE:

- Testi
- Novice
- Nasveti
- Komentarji
- TEMATSKE ŠTEVILKE

**RIGOL** [www.rigol.com](http://www.rigol.com)  
[www.rigol.si](http://www.rigol.si)

Meet the customers' needs  
 Beyond the expectations



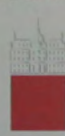
RIGOL Electronic Measurements Product Family  
 Signal Analyzers, Spectrum Analyzers, RF Power  
 Analyzers, Oscilloscopes, Function Generators, Digital Multimeters,  
 Power Analyzers, DC Power Supplies, Data Acquisition Systems

AMITEH  
 Bežinska 13, 1000 Ljubljana, Slovenija  
 +386 (0)1 425 11 11

**VENTIL**  
 REVUJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

- Strokovni in znanstveni prispevki
- Iz prakse za prakso
- Dogodki – poročila – vesti
- Novice – zanimivosti
- Aktualno iz industrije – novosti na trgu
- Ventil na obisku – intervju
- Podjetja predstavljajo
- Literatura – standardi – priporočila
- Ali ste vedeli

Univerza v Ljubljani  
 Fakulteta za strojništvo



[www.revija-ventil.si](http://www.revija-ventil.si)

HALOTKA V VAŠO PRIHODNOST



SRIP Pametna mesta  
 in skupnosti

Povezovanje deležnikov, raziskovalnih  
 organizacij ter gospodarstva, za razvoj  
 produktov, ki bodo uspešni na globalnem trgu.

www.srip.si

TRGUJEM DIGITALNO



ETIM - standard za e-izmenjavo podatkov  
 povezanih proizvodov

[www.etim.si](http://www.etim.si)  
 vstopna točka v globalni  
 mreži povezanih proizvajalcev





# VENTIL

ISSN 1318 - 7279

Letnik 24

- | Strokovni in znanstveni prispevki
- | Iz prakse za prakso
- | Ventil na obisku
- | Novice - zanimivosti
- | Aktualno iz industrije
- | Novosti na trgu
- | Podjetja predstavljajo
- | Ali ste vedeli
- | Dogodki

Spoštovani!

Ventil je znanstveno-strokovna revija in objavlja prispevke, ki obravnavajo razvojno in raziskovalno delo na Univerzi, inštitutih in v podjetjih s področja fluidne tehnike, avtomatizacije in mehatronike. Revija želi seznanjati strokovnjake z dosežki slovenskih podjetij, o njihovih izdelkih in dogodkih, ki so povezani z razvojem in s proizvodnjo na področjih, ki jih revija obravnava. Prav tako želi ustvariti povezavo med slovensko industrijo in razvojno in raziskovalno sfero ter med slovenskim in svetovnim proizvodnim, razvojnim in strokovnim prostorom. Naloga revije je tudi popularizacija področij fluidne tehnike, avtomatizacije in mehatronike še posebno med mladimi. Skrbi tudi za strokovno izrazoslovje na omenjenih področjih.

Revija Ventil objavlja prispevke avtorjev iz Slovenije in iz tujine, v slovenskem in angleškem jeziku. Prispevkom v slovenskem jeziku je dodan povzetek v angleščini, prispevki v angleščini pa so objavljeni z daljšim povzetkom v slovenskem jeziku. Člani znanstveno strokovnega sveta so znanstveniki in strokovnjaki iz Slovenije in tujine. Revijo pošiljamo na več naslovov v tujini in imamo izmenjavo z drugimi revijami v Evropi. Revija je vodena v podatkovni bazi INSPEC.

Štiriindvajsetletno izhajanje revije Ventil pomeni, da je v prostoru neprecenljiva za razvoj stroke. Uredništvo si skupaj z znanstvenim svetom prizadeva za visokokvalitetno raven in relevantnost objav, ki bosta v prihodnosti vse napore usmerila v to, da bo kvalitetna raven še višja. V ta namen vključuje v znanstveno strokovni svet priznane znanstvenike, raziskovalce in strokovnjake, ki s svojim znanjem vspodbujajo vsak na svojem področju objavljanje rezultatov razvojnega in raziskovalnega dela. Uredništvo spremlja razvoj stroke in znanstveno raziskovalno delo doma in vtujini preko konferenc, delavnic in seminarjev ter z izmenjavo tuje periodike.

Revija je priznana v tujini, še posebno na področju fluidne tehnike, kar želimo doseči tudi na področju mehatronike in avtomatizacije. Preko objav v reviji se promovirajo dosežki slovenske znanosti in industrijske proizvodnje. Revija je in bo tudi v prihodnje prostor za predstavljanje kvalitetnih razvojnih in raziskovalnih dosežkov slovenske industrije in raziskovalne sfere na področju fluidne tehnike, avtomatizacije in mehatronike.

Uredništvo



revija Ventil

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana  
Tel.: 01/ 4771 704, Faks: 01/ 4771 772

E-pošta: ventil@fs.uni-lj.si, Internet: www.revija-ventil.si





# Lepo je prejeti darilo



Prejemajte sveže novice iz sveta računalništva vsakih 14 dni v vaš nabiralnik!

21 številčk samo **33,50 €**

**Hkrati pa prejmete darilo**

**USB ključ Apacer 3.1 – 128 GB**



Akcija velja do 31. 8. 2020 oz. do razprodaje zalog!

**Več info ali naročila na:**  [narocnine@stromboli.si](mailto:narocnine@stromboli.si)  **01 620 88 00**

**DA**, naročam revijo **Računalniške novice** (21 številčk) skupaj z darilom za 1 leto za samo **33,50 €**

**Darilo USB ključ Apacer 3.1 – 128 GB**

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

Naslov: \_\_\_\_\_

Pošta: \_\_\_\_\_

Telefon/GSM: \_\_\_\_\_

E-pošta: \_\_\_\_\_

Ob prejemu tega naročila vam bomo poslali ponudbo za plačilo naročnine, ki znaša 33,50 € in vas vnesli v bazo naročnikov. Po preteku se vam naročnina samodejno podaljša za 1 leto, v primeru, da je ne želite podaljšati, jo lahko pisno odjavite.

Poštnina  
plačana  
po pogodbi  
št.: 1039/1/S

Računalniške novice  
Cesta komandanta Staneta 4 A

1215 Medvode

konferenca

# IKT EM

**Organizator:**

*AX elektronika d.o.o.  
Špruha 33  
1236 Trzin / Slovenija  
<https://svet-el.si>  
00386 1 549 14 00*

**V skupnem sodelovanju z revijama:**

*Svet elektronike*



*Svet mehatronike*



*ISBN 978-961-6680-18-9 (pdf)*