

SE  
352

REVILJA ZA ELEKTRONIKO, AVTOMATIKO, RAČUNALNIŠTVO IN TELEKOMUNIKACIJE

# svet ELEKTRONIKE

ISSN 1318-4679



9 771318 467014



letnik XXXIII  
junij 2026  
številka 352  
cena:

5,50 €



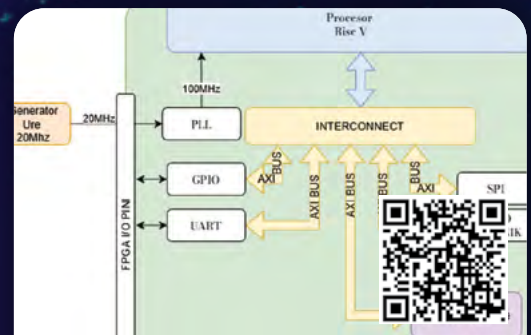
Embedded World 2026



Gradnja napajalnikov s  
komponentami podjetja  
Diotec

Toshiba - IEGT s 6500 V/2000 A  
Induktivno brezžično polnjenje za  
širokopotrošne naprave

Program EZNEC Pro+ kot pripomoček za  
načrtovanje in simulacijo delovanja anten (2)  
Python in MikroPython (5)



Uvod v FPGA integrirana  
vezja

# Zaradi delov, ki jih prodajamo, je vaše življenje prijetnejše



Od slušalk do mobilnih telefonov in TV-jev do tablic – deli, ki jih prodajamo, so verjetno v izdelkih, ki jih ljudje uporabljajo vsak dan.

**Na mestu [digikey.si](https://digikey.si) ponujamo dele, ki vam pomagajo ustvariti prijetnejši svet.**

# DigiKey

**we get technical**

**UVODNIK**

4 Poletje je tukaj

*Jurij Mikeln***NOVICE**

5 Renesasova integrirana vezja, odporna proti sevanju, so se odpravila na misijo Artemis II z astronauti pod okriljem NASA

<https://www.renesas.com>

6 Hirect predstavlja napredne bakrene prevodnike za visokozmogljive transformatorje in motorje

<https://hirect.com/>

7 Toshiba - IEGT s 6500 V/2000 A

<https://www.toshiba.com>**PREDSTAVLJAMO**

8 Embedded World 2026

*Avtor: Jurij Mikeln*<https://svet-el.si>

18 Sejem MIS zdaj vsako leto?

*AX elektronika d.o.o.*<https://svet-el.si>

24 Induktivno brezžično polnjenje za širokopotrošne naprave in sisteme za e-mobilnost z referenčnimi zasnovami podjetja Microchip

*Avtor: Vijay Bapu*<https://www.microchip.com>

28 SSR-ji z zaklepom poenostavljajo zasnovu stikalnih vezij za termostate, sisteme HVAC, varnostne sisteme in alarmne plošče

*Avtor: Rolf Horn*<https://www.digikey.com>

32 Gradnja napajalnikov s komponentami podjetja Diotec

<https://www.tme.eu>**PROGRAMIRANJE**

35 Uvod v FPGA integrirana vezja

*Avtor: Klemen Bravhar*

40 Program EZNEC Pro+ kot pripomoček za načrtovanje in simulacijo delovanja anten (2. del)

*Avtor: Boštjan Tovšak*

45 Python in MikroPython – 5. del

*Avtor: dr. Simon Vavpotič***Embedded World 2026** *Embedded World*

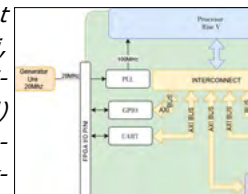
(EW) je konferenca/sejem, ki ga v uredništvu revije Svet elektronike redno obiskujemo. Pred leti se nas je zbralo več udeležencev, ki smo najeli AIR BNB stanovanje z več posteljami in se s kombijem odpeljali do Nürnberga. Kot nekaj zadnjih let, sem tudi letos planiral ogled sejma v »solo« izvedbi, vendar so mi letos to preprečile težave z zdravjem. Tako sem bil prisiljen odpovedati...

**Stran:8****Gradnja napajalnikov s komponentami podjetja Diotec**

Specializirane diode, tranzistorji in stabilizatorji. Pravilno izbrane komponente olajšajo gradnjo sodobnih, energijsko učinkovitih napajalnikov. Vendar pa bodo za maksimalno optimizacijo delovanja naprave potrebni elementi, zasnovani in izdelani z mislijo na takšne aplikacije. Takšne

**Stran:32****Uvod v FPGA integrirana vezja**

Sodobni trg polprevodniških komponent ponuja širok spekter integriranih vezij, namenjenih realizaciji analognih, digitalnih ter mešanih (angl. mixed-signal) elektronskih sistemov. Tehnološki napredek na področju mikro- in nanoelektronike je omogočil visoko stopnjo integracije, povečanje zmogljivosti ter zmanjšanje porabe energije in fizičnih dimenzij vezij. Posledično lahko sodobna integriran

**Stran:35****Python in MikroPython – 5. del**

V preteklem nadaljevanju smo lotili programiranja krmilnikov dronov. Začeli smo z osnovnimi funkcijami, kot sta krmiljenje motorjev s pomočjo pulznoširinske modulacije (PWM) in zajemanje vrednosti iz merilnika pospeškov ter nadaljevali s programskim upravljanjem drona. Za preverjanje pravilnosti delovanja programov smo uporabili tudi simulator drona, s katerim lahko predhodno preverimo odzivanje...

**Stran:45**



Jurij Mikeln

REVIJA ZA ELEKTRONIKO,  
AVTOMATIČNO,  
RAČUNALNIŠTVO  
IN TELEKOMUNIKACIJE

Ustanovljena leta 1994, izhaja mesečno, 11 številki letno, julij/avgust ena številka.

Glavni in odgovorni urednik:  
JURIJ MIKELN, dipl.inž.  
Tel.: 01 549 14 00  
E-pošta: stik@svet-el.si

Tehnični urednik:  
DTP studio AX d.o.o.  
E-pošta: dtp@svet-el.si

Prodajni servis, naročnine:  
E-pošta: prodaja04@svet-el.si

Marketing:  
Tel: 01 549 14 00  
E-pošta: stik@svet-el.si

Antivirusni program: PANDA security

Založnik in računalniški prelom:  
AX ELEKTRONIKA d.o.o.  
Depala vas 39, 1230 Domžale

Direktor:  
JURIJ MIKELN, dipl.inž.

Tisk:  
Tiskano v Sloveniji  
Naklada do: 1.500 izvodov  
ISSN 1318 4679

Spletna revija:  
<https://svet-el.si>

Cena za posamezni izvod je 5,50 EUR, za letno naročnino priznavamo 25% popust za dijake in študente s potrdilom o šolanju, 20% popust ostalim fizičnim osebam ter 10% popust za podjetja. Za revijo Svet elektronike se plačuje in obračunava 5% DDV.

Uredništvo ne odgovarja za škodo, ki bi nastala zaradi nestrokovnega sestavljanja in uporabe naprav, ki so opisane v reviji, zaradi napak avtorjev ali napak v tisku. Uredništvo si pridržuje vse pravice do projektov, opisanih v reviji. Dovoljuje se izdelava naprav za lastno uporabo, prepoveduje pa se kakršnakoli reprodukcija projektov ali posameznih delov revije brez pisnega soglasja uredništva.

## Poletje je tukaj

Drage bralke in dragi bralci, poletje je skoraj tukaj in dopustniški dnevi se že nakazujejo. Če še mogoče ne za vse, pa vsaj za nekatere od vas. Dopustniški čas je primeren za dejavnosti, ki zahtevajo malce več našega časa. Mogoče se kdo od vas loti obnove stanovanja/hiše, aktivnosti na zelenjavnem vrtu ali pa se posveti športu. Marsikdo od vas pa bo verjetno ostal zvest elektroniki – tako kot jaz.

V tokratni številki objavljamo 2. del članka o EZNEC programu za modeliranje anten. Večina vas ve, da sem radioamater že mnogo let. Ena od dejavnosti v radioamaterstvu je tudi gradnja anten, naj bodo to fiksne na hiši/drogu ali prenosne, ki jih odnesem na hrib in naredim SOTA aktivacijo. V vsakem primeru pa je dobro, če anteno najprej modeliram na PC-ju in predvidim njeno obnašanje. Ravno to omogoča EZNEC program, zato smo v revijo uvrstili dva članka, kjer se boste lahko spoznali s tem programom. Prvi je bil objavljen v majski številki, drugi pa se nahaja v številki pred vami.

Ni pa zgolj radioamaterstvo tisto, kar me zanima. Poleg tega je zanimiva tudi digitalna elektronika in temu je namenjena naslednja serija člankov o FPGA vezjih. Verjetno vas večina pozna kratico FPGA, malo manj pa vas zna FPGA vezja tudi programirati, zato je že prav, da se tudi s tem spoznamo. V seriji člankov se boste spoznali s FPGA vezji in se tudi naučili, kako jih uporabljati.

Uporabite pa tudi lahko nekaj znanj MicroPython programiranja za izdelavo svojega drona. Saj vem, v trgovinah so nesramno poceni. Ampak s tem, ko sestavimo svojega drona in ga s svojo programsko opremo pripravimo do letenja, je pa tudi neprecenljiv občutek.

Poleg teh »tehnično« obarvanih člankov vas vabim, da si preberete tudi reportažo s sejma MIS 2026, ki se od letos odvija vsako leto. Kaj to pomeni za razstavljalce in organizatorja si preberite v tokratni številki.

Lep pozdrav!  
Jure





### Električni pastir

**Pašni aparat majhne in srednje moči.**  
Za domače živali (psi, mačke) ali za večje živali (ovce, koze, konje)  
Možen dokup tudi različnih dodatkov









<https://svet-el.si>

Kode:  
5ELU0056, 5ELU0059,...

# Renasasova integrirana vezja, odporna proti sevanju, so se odpravila na misijo Artemis II z astronauti pod okriljem NASA

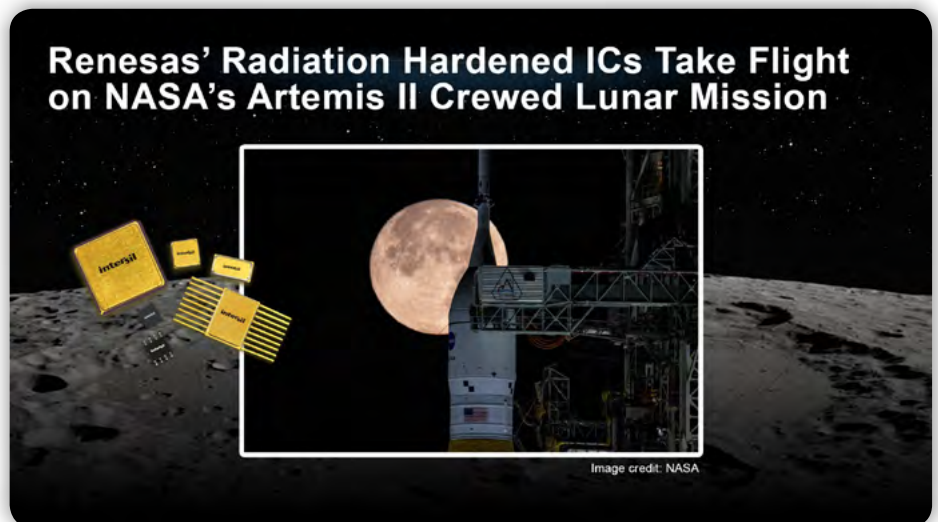
Renasas Electronics Corporation

*Podjetje Renesas Electronics Corporation (TSE:6723), vodilni ponudnik naprednih polprevodniških rešitev, je sporočilo, da se njihova integrirana vezja, odporna proti sevanju (rad-hard), uporabljajo v misiji Artemis II agencije NASA, ki je 1. aprila uspešno poletela iz Kennedyjevega vesoljskega centra na Floridi. Artemis II, prva misija z človeško posadko okoli Lune v zadnjih desetletjih, predstavlja pomemben mejnik v načrtih NASA za vrnitev človeka na Luno in vzpostavitev dolgoročne prisotnosti na lunini površini.*

Štirje astronauti so se podali na pot v lunino orbito na krovu vesoljskega plovila Orion v okviru misije Artemis II agencije NASA, s katero so se ljudje odpravili dlje od Zemlje, kot so se v zadnjih več kot petdesetih letih. Med poletom je posadka preizkusila sisteme vesoljskega plovila in delovanje posadke v okolju globokega vesolja, preden se je varno vrnila na Zemljo. Misija je potrdila ključne zmogljivosti vesoljskega plovila in pripravila Orion na prihodnja potovanja s posadko ter pristajanja na Luni.

V osrednjih sistemih misije Artemis II, vključno s kapsulo Orion in raketo Space Launch System (SLS), se v številnih podsistemih uporabljajo radiološko odporna integrirana vezja podjetja Renesas. Te naprave blagovne znamke Intersil so vgrajene v avioniko vesoljskega plovila in varnostni sistem za izstrelitev, kjer pomagajo uravnati in razdeljevati energijo, ohranjati integriteto signala ter podpirati računalniške operacije na krovu. Ta specializirana integrirana vezja so zasnovana tako, da zanesljivo delujejo tudi ob izpostavljenosti visokim ravnam sevanja in ekstremnim temperaturam, ki so značilne za človeške vesoljske misije.

»Misije s človeško posadko v vesolje ne dopuščajo nobenega prostora za napake, zato smo ponosni, da smo eno izmed redkih izbranih podjetij za polprevodnike, ki jim je bilo zaupano, da zagotovijo tehnologijo, primerno za vesoljske namene, za to zgodovinsko misijo Artemis s človeško posadko,« je dejal Chris Stephens, podpredsednik poslovne divizije HiRel pri podjetju Renesas. »Naše naprave, odporne proti sevanju, pomagajo zagotavljati povezljivost, zaščito in natančno krmiljenje sistemov vesoljskih plovil, ko se posadke odpravljajo v globoko vesolje. Veselimo se, da bomo s svojimi polprevodniškimi rešitvami, primernimi za vesoljske aplikacije, podpirali prihodnje prelomne misije in zaznamovali začetek nove dobe raziskovanja Osončja.«



Blagovna znamka Renesas Intersil ima v vesoljski industriji dolgo zgodovino, ki sega več kot šest desetletij nazaj in se je začela z ustanovitvijo podjetja Radiation Inc. leta 1950. Od takrat so bili izdelki blagovne znamke Intersil prisotni praktično v vsakem satelitu, vsaki izstrelitvi raketoplana in vsaki misiji za raziskovanje globokega vesolja.

Podjetje Renesas te izkušnje izkorišča za ponujanje učinkovitih, toplotno optimiziranih in izjemno zanesljivih izdelkov blagovne znamke Intersil v izvedbah SMD, MIL-STD-883 in MIL-PRF 38535 razreda V/Q za trge na področju obrambe, visoko zanesljivih sistemov (Hi-Rel) ter vesoljskih sistemov, odpornih proti sevanju. Radiacijsko odporna integrirana vezja blagovne znamke Renesas Intersil podpirajo podsisteme za kritične aplikacije na področju prenosa podatkov, napajanja in kondicioniranja napetosti, splošnih zaščitnih vezij ter telemetrije, sledenja in nadzora (TT&C).

Za več informacij o rešitvah blagovne znamke Intersil podjetja Renesas za vesoljske aplikacije in aplikacije z visoko zanesljivostjo obiščite: [www.renesas.com/space](http://www.renesas.com/space).

<https://www.renesas.com>



# Hirect predstavlja napredne bakrene prevodnike za visokozmogljive transformatorje in motorje

Hirect

*Nove proizvodne linije CTC, PICC in EPICC – izdelane v Hirectovem na novo odprtem, naj sodobnejšem obratu za predelavo bakra – so bile prvič predstavljene na sejmu CWIEME 2026*

Podjetje Hirect je na sejmu CWIEME 2026 v Berlinu napovedalo začetek prodaje svoje nove linije visokozmogljivih bakrenih prevodnikov. Novi izdelki – neprekinjeno prepleteni vodniki (CTC), bakreni vodniki z izolacijo iz papirja (PICC) in bakreni vodniki z izolacijo iz prevlečenega papirja (EPICC) – se proizvajajo v Hirectovem na novo odprtem obratu za predelavo bakra in so zasnovani tako, da izpolnjujejo stroge zahteve transformatorjev, vlečnih motorjev in drugih visokozmogljivih navitih komponent.

Vodniki so zasnovani za podporo ključnih segmentov infrastrukture, vključno z električnimi omrežji, železniškim voznim parkom in napajalnimi sistemi nadzemnih vodov ter industrijskimi električnimi omrežji. S predstavitvijo tega izdelka podjetje Hirect utrjuje svoj položaj v globalni dobavni verigi transformatorjev in hkrati širi svoj doseg na mednarodne trge.

## Ponudba izdelkov in tehnične specifikacije

Nove proizvodne linije podjetja Hirect ponujajo v industriji vodilno prilagodljivost pri izbiri premera prevodnikov in izolacije:

- *Neprekinjeno transponirani prevodniki (angl.: Continuously Transposed Conductors CTC): CTC linije, optimizirane za visoko učinkovite transformatorje, obdelujejo od 5 do 63 pramenov na vodnik. Dimenzije pramenov segajo od 2,5 mm do 12,0 mm v širino in od 1,0 mm do 5,0 mm v debelino, razmaki med prepleti pa so nastavljivi od 25 mm do 200 mm.*
- *PICC in EPICC: Vodniki z izolacijo iz papirja so primerni za bakrene trakove širine do 20 mm in debeline do 8 mm.*
- *Napredne možnosti izolacije: Linije za zaščito vodnikov podjetja Hirect nanašajo štiri različne vrste izolacijskih premazov, ki ustrezajo različnim toplotnim in električnim razredom. Pri papirni izolaciji stroji v enem prehodu nanesejo do 32 plasti za CTC in do 8 plasti za PICC. Skupna debelina izolacije se natančno nadzoruje v območju od 0,25 mm do 5 mm.*

Da bi zagotovili dosledno kakovost, je celotno proizvodno območje podjetja CTC nameščeno v brezprašnem, klimatiziranem prostoru.

»Izjemna kakovost in odgovorno pridobivanje surovin sta temeljna kamna naših na novo razširjenih dejavnosti na področju bakra. Da bi zagotovili brezhibno izolacijo in dimenzijsko natančnost, smo v vse linije za zaščito prevodnikov vključili



100-odstotno optično preverjanje v proizvodni liniji, pri čemer uporabljamo spletne detektorje luknjic in mehurčkov ter natančno merilno opremo, ki omogoča ohranjanje toleranc  $\pm 5$  mikronov v postopkih vlečenja in valjanja. Celotna naša dobavna veriga je skladna z uredbami EU o rudninah iz območij konfliktov ter pobudo Responsible Minerals Initiative.«  
— Shailesh Jadav, VP Operations, Hirect

Obrat za predelavo bakra podjetja Hirect je certificiran po standardu ISO 9001:2015 in razpolaga z obsežnimi lastnimi preskusnimi laboratoriji, ki pokrivajo preskuse dielektrične izgube (Tan Delta), preboja pri visoki napetosti, kratkih stikov med žicami in preskusne napetosti – kar zajema vse ključne preskuse za vodnike CTC, PICC in EPICC. Ta infrastruktura zagotavlja, da vsak zvitek prevodnikov izpolnjuje najvišje mednarodne standarde kakovosti in zmogljivosti.

## O podjetju Hirect

Podjetje Hirect, ustanovljeno leta 1958 v sodelovanju z britanskim podjetjem Brake & Signal in ameriškim podjetjem Westinghouse, deluje na mednarodni ravni s podružnicami v Indiji, Franciji, na Švedskem in v Združenih arabskih emiratih. Hirect razvija in proizvaja široko paleto sistemov močnostne elektronike in električne opreme, vključno s pogonskimi sistemi, pretvorniki moči, krmilno elektroniko, transformatorji, usmerniki, pogonskimi motorji in sistemi HVAC – za železniški, obrambni, energetski, vodikov, jeklarski, cementni, kemični in papirniški sektor po vsem svetu. Za več informacij obiščite [www.hirect.com](http://www.hirect.com).

<https://hirect.com/>



# Toshiba - IEGT s 6500 V/2000 A

Toshiba

*Vgrajeni čipi IEGT tipa »trench« zagotavljajo visoko odpornost proti izklopu in kratkemu stiku, kar omogoča zmanjšanje teže in miniaturizacijo opreme.*

Podjetje Toshiba Electronics Europe GmbH („Toshiba“) objavlja uvedbo modela ST2000JXH35A, novega IEGT tranzistorja (Injection Enhanced Gate Transistor), ki prenese napetost 6500 V in 2000 A enosmernega toka. Tranzistor je zasnovan za visokonapetostne pretvornike, ki se uporabljajo v sistemih za prenos enosmerne napetosti, industrijski opremi za pogon motorjev in statičnih sinhronih kompenzatorjih (STATCOM).

Ta najnovejši dodatek k Toshiba ponudbi močnostnih polprevodnikov odgovarja na rastoče povpraševanje po energetsko učinkovitih, kompaktnih rešitvah v visokozmogljivi infrastrukturi. Model ST2000JXH35A vključuje na novo razvite čipe IEGT tipa »trench« z optimizirano strukturo celic, ki zagotavljajo visoko zmogljivost izklopa in odlično odpornost proti kratkemu stiku.

Te tehnične izboljšave omogočajo napravi znatno izboljšanje v primerjavi z obstoječim modelom ST1700JXH26A podjetja Toshiba, saj je napetost izklopa povečana s 3600 V na 4500 V. Poleg tega je izdelek uspešno preстал preskuse kratkega stika pri 4500 V, kar potrjuje njegovo primernost za aplikacije, ki zahtevajo visoko stabilnost delovanja pri zahtevnih električnih obremenitvah.

Ključna prednost ST2000JXH35A je njegova sposobnost poeno-

stavitve zasnove visokonapetostnih sistemov. Z uporabo tega izdelka z nazivno napetostjo 6500 V lahko inženirji zmanjšajo število zaporedno vezanih naprav, potrebnih v arhitekturah za prenos enosmerne napetosti.

To zmanjšanje števila komponent neposredno prispeva k zmanjšanju teže in miniaturizaciji celotne zasnove opreme. Posledično te izboljšave pomagajo zmanjšati stroške gradnje in prevoza, kar prinaša dodano vrednost za pretvornike na morskih postajah v vetrnih elektrarnah, kjer so stroški namestitve in logistična zapletenost znatni.

Izdelek ima zasnovo s stisnjanim ohišjem, ki omogoča dvostransko hlajenje, ter hermetično tesnjenje, kar zagotavlja zanesljivost, potrebno za dolgotrajno industrijsko delovanje. Poleg infrastrukture za prenos energije model ST2000JXH35A omogoča višje nazivne napetosti in kompaktnije izvedbe za industrijske pogone motorjev ter naprave za kompenzacijo jalo-ve moči, ki stabilizirajo elektroenergetske sisteme. Toshiba namerava še naprej širiti svojo ponudbo IEGT-jev v obliki press pack ohišij, da bi še bolj podprla napredek na področju tehnologije visokonapetostnih pretvornikov. Slika vir: [www.toshiba.com](http://www.toshiba.com)

<https://www.toshiba.com>



**6500V/2000A**  
**Press-Pack IEGT**

# Embedded World 2026

AX elektronika d.o.o.  
Avtor: Jurij Mikeln  
E-pošta: stik@svet-el.si

*Embedded World (EW) je konferenca/sejem, ki ga v uredništvu revije Svet elektronike redno obiskujemo.*

Pred leti se nas je zbralo več udeležencev, ki smo najeli AIR BNB stanovanje z več posteljami in se s kombijem odpeljali do Nürnberga.

Kot nekaj zadnjih let, sem tudi letos planiral ogled sejma v »solo« izvedbi, vendar so mi letos to preprečile težave z zdravjem. Tako sem bil prisiljen odpovedati vse planirane sestanke s predstavniki različnih podjetij.

Kljub temu pa sem od njih prejel cel kup t.i. PR člankov, od katerih vam jih bomo nekaj predstavili v tem članku. Seveda ni isto, ali se pogovarjam z zastopnikom podjetja in ga tudi sprašujem svoja vprašanja, ali pa objavimo PR članek. Še vedno pa je to boljše, kot nič, kajti na EW se je dogajalo marsikaj.



## Zvočni algoritmi za boljšo komunikacijo in poslušanje

*Analog Devices, Inc.*

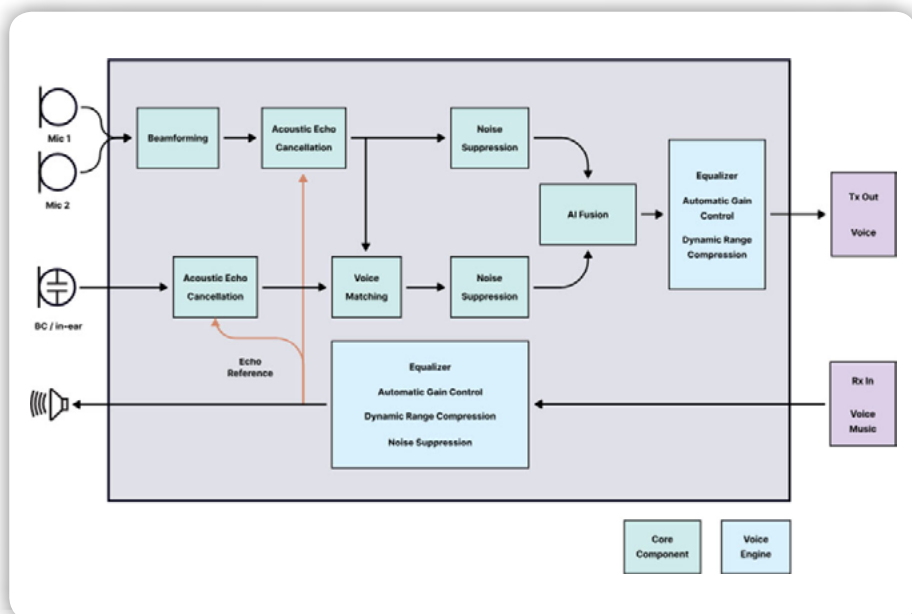
Od dela in učenja na daljavo do zabavnega gledanja in poslušanja – ušesne slušalke in naglavne slušalke so postale nepogrešljive v najrazličnejših situacijah, pri čemer algoritmi za odpravljanje šuma, glasovni klici in izboljšave kakovosti zvoka vsaki generaciji avdio izdelkov na trgu dodajajo še več prefinjenosti.

V zadnjih nekaj letih smo bili priča izjemnim izboljšavam na področju povezljivosti in trajanja baterije ter razcvetu funkcij, kot sta prilagodljivo odpravljanje šuma in prostorski zvok.

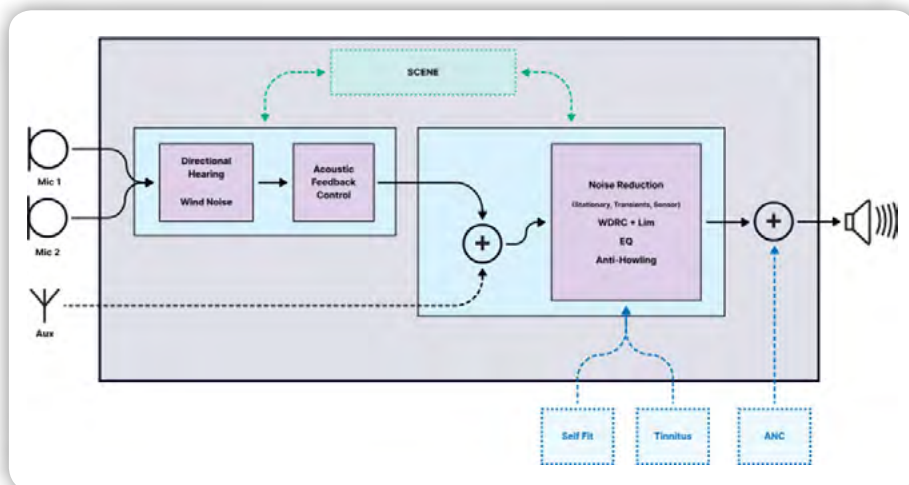
Kljub vsem tem naprednim funkcionalnostim pa imajo proizvajalci ušesnih slušalk in naglavnih slušalk še vedno veliko priložnosti, da se razlikujejo od konkurence z izboljšano kakovostjo glasovnih klicev. Poleg tega obstaja potencial za preoblikovanje slušalk v dinamične naprave, ki izboljšujejo kakovost življenja, od ojačenja zvoka za osebno uporabo do spremljanja zdravstvenega stanja. Podjetje Analog Devices, Inc. (ADI) ponuja niz algoritmov za obdelavo zvoka, ki omogočajo kristalno čisto telefonijo in funkcionalnosti za ojačenje sluha naslednje generacije.

Glasovni klici ostajajo ena od aplikacij, ki v slušalkah porabijo največ energije. Zaradi omejenega prostora so potrebni kompromisi, rešitve za problem šuma iz ozadja pa ni. Naj gre za prevelik vdor šuma, popačenje uporabnikovega lastnega glasu ali nestabilno zajemanje glasu prek vmesnika glasu – celo najbolj vrhunske brezžične stereo slušalke (TWS) z najsodobnejšimi pospeševalniki glasu običajno ne dosegajo zelenega nivoja zmogljivosti.

ADI LISTN Pure Voice (PV) je avdio algoritem, ki izkorišča v ušesu nameščene mikrofone, usmerjene navznoter, in po želji tudi senzorje kostnih vibracij, da zagotovi odlično ohranjanje glasu in dušenje šuma, kar izboljša kakovost glasovnih klicev



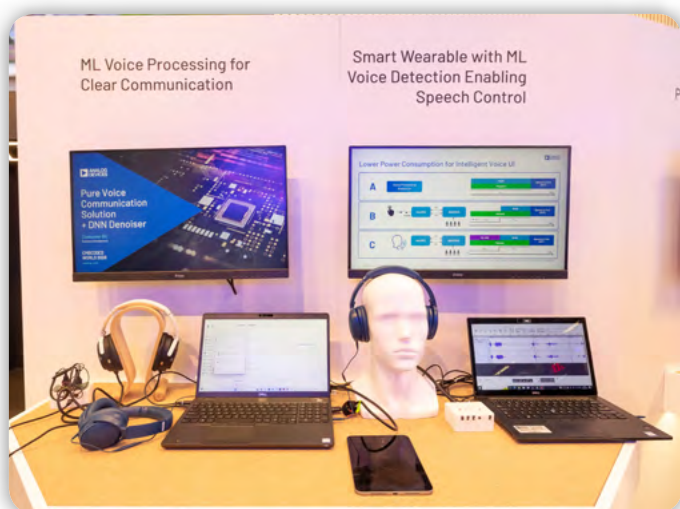
*Shema PV-sistema z mikrofoni v ušesih in senzorjem za zaznavanje glasu prek vibracij kosti (vir: ADI)*



pogoje poslušanja ter zagotovijo jasne in čiste pogovore.

ADI LISTN vključuje tehnologijo za izboljšanje sluha (HA) v obstoječo avdio pot in izkorišča funkcije izolacije, ki so na voljo v ušesnih slušalkah, običajno gre za kombinacijo aktivnega odpravljanja šuma (ANC) pri nizkih frekvencah (< 2 kHz) in pasivnega dušenja (ali vstavitvene izgube) pri višjih frekvencah. Nabor ADI-jevih algoritmov za obdelavo signalov za izboljšanje sluha (HA) omogoča uporabnikom ušesnih slušalk, da natančno nadzorujejo, kaj in kako slišijo v vsakdanjih okoljih: v hrupnih restavracijah, tišjih predstavitvah in mešanih okoljih, kjer je lahko pomembna kombinacija odpravljanja šuma in preglednosti, na primer pri poslušanju glasbe med tekom v bližini prometa.

**Blok diagram HA: od načina za večjo preglednost za potrošnike do slušnih aparatov, ki so na voljo brez recepta (vir: ADI)**



pri brezžičnih ušesnih slušalkah TWS, vse to pa v izjemno kompaktni izvedbi.

Mikrofoni v ušesih se uporabljajo za odpravljanje šuma povratne zanke in postajajo vse bolj priljubljeni zaradi vse večje razširjenosti hibridnega ANC. Senzorji kostnih vibracij se uporabljajo tudi v vrhunskih ušesnih slušalkah znanih blagovnih znamk. Avdio algoritem PV se samodejno prilagaja, da podpira modele ušesnih slušalk, ki uporabljajo tako mikrofone kot senzorje kostnih vibracij.

Šum vetra lahko predstavlja še posebej velik izziv pri telefonskih pogovorih. PV avdio algoritem zmanjšuje ta vir šuma in prinaša opazne izboljšave. V številnih okoljih je ohranjanje kakovosti glasu skoraj popolno, hkrati pa zagotavlja skoraj popolno in takojšnje dušenje šuma.

Tudi ljudje z majhno ali brez izgube sluha se pogosto znajdejo v hrupnih okoljih, kjer je pogovor težaven. Na primer, v polni restavraciji, kjer se v bližini prekrivajo številni drugi glasovi, je lahko težko razločiti posamezen glas. S kombinacijo tehnologij, ki se uporabljajo v dragih medicinskih slušnih aparatih, in sodobnih visoko integriranih ter zmogljivih TWS čipov za potrošniško rabo lahko proizvajalci ušesnih slušalk znatno izboljšajo

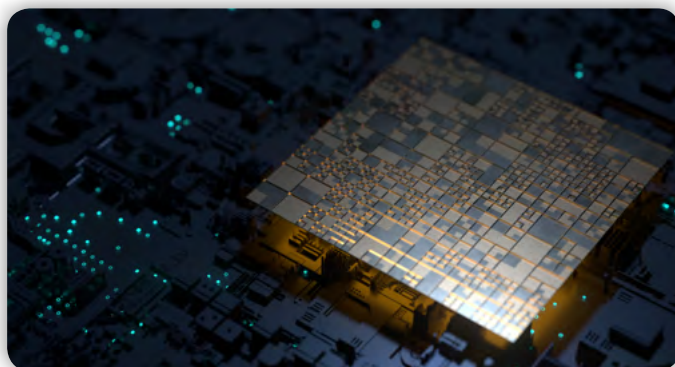


## Podjetji Arrow Electronics in Infineon predstavljata referenčni model 240 W USB-C PD 3.2 za aplikacije krmiljenja motorjev z baterijskim napajanjem

**Arrow Electronics d.o.o.**

Podjetji Arrow Electronics in Infineon Technologies AG sta predstavili REF\_ARIF240GaN, referenčni model za 240-vatni USB Power Delivery (PD) 3.2, namenjen aplikacijam za krmiljenje motorjev z baterijskim napajanjem, ki zahtevajo visoko zmogljivost in energetsko učinkovitost v kompaktni izvedbi. Ta model dopolnjuje obstoječo ponudbo skupnih referenčnih rešitev podjetij Arrow in Infineon ter podpira tekoče prehodne procese pri prehodu projektov strank na tehnologijo USB-C.

REF\_ARIF240GaN [1] je posebej zasnovan za podporo uvedbi





EZ-PD™ PMG1-B2, najnovejšega krmilnika USB PD 3.2 podjetja Infineon, ki v kompaktnem enotnem ohišju ponuja zmogljivost USB-C do 240 W ter vgrajeno funkcionalnost buck-boost. Razvijalcem zagotavlja takoj uporabno platformo za izvedbo visokozmogljivega polnjenja prek USB-C skupaj z učinkovitimi funkcijami za krmiljenje motorjev. Omogoča hitro polnjenje 2- do 12-celičnih litij-ionskih baterijskih paketov, s čimer poenostavi celotno zasnovano in zmanjša število komponent.

Infineonov EZ-PD™ PMG1-B2 USB controller [2] je bil lansiran pred kratkim.



Funkcionalnost krmiljenja motorja je zagotovljena z uporabo mikrokontrolerja PSOC C3 [3] podjetja Infineon, ki temelji na procesorju Arm Cortex-M33 s frekvenco 180 MHz, ter visoko učinkovitih tranzistorjev CoolGaN G5 [4] za napetost 100 V. Z združitvijo popolnoma interoperabilnega USB-C PD sklada z visoko zmogljivim GaN krmiljenjem motorja s senzorjem ali brez na eni platformi referenčni dizajn omogoča kompaktne, zelo učinkovite baterijsko napajane sisteme, hkrati pa skrajša čas razvoja, zmanjša stroške materiala in potreben prostor.

Med ciljnim področji uporabe so lahka električna vozila (električna kolesa, električni skuterji in osebna prevozna sredstva) ter električno orodje, sesalniki, kuhinjski aparati, vrtna oprema in robotika.

Referenčni model je na voljo na zahtevo. Center za inženirske rešitve (ESC) podjetja Arrow nudi napredno tehnično podporo in storitve prilagajanja.

Obiskovalci sejma embedded world 2026 so si na Arrowovem razstavnem prostoru 4A-342 lahko ogledali skupne rešitve podjetij Arrow in Infineon za krmiljenje motorjev in aplikacije na baterijski pogon.

#### O podjetju Arrow Electronics

Podjetje Arrow Electronics (NYSE:ARW) zagotavlja in razvija tehnološke rešitve za tisoče vodilnih proizvajalcev in ponudnikov storitev. S prodajo v višini 31 milijard dolarjev v letu 2025 Arrowov portfelj omogoča tehnološke rešitve v glavnih panogah in na ključnih trgih. Več informacij najdete na arrow.com.

#### Viri:

- 1: <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/arrow-and-infineon-240w-usb-pd-reference-design-board>
- 2: <https://www.infineon.com/promo/ez-pd-pmg-1-b2>
- 3: <https://www.infineon.com/products/microcontroller/32-bit-psoc-arm-cortex/32-bit-psoc-controller-arm-cortex-m33-mcu>
- 4: <https://www.infineon.com/products/power/gallium-nitride>



## Podjetje Advantech je na sejmu Embedded World 2026 predstavilo rešitve za računalništvo na robu in industrijske aplikacije, ki temeljijo na umetni inteligenci

*Advantech*

Advantech, svetovni vodilni ponudnik inteligentnih IoT sistemov in ugnezenih platform, je na sejmu Embedded World predstavil svoje najnovejše dosežke, pri čemer je bil letošnji poudarek na pospeševanju umetne inteligence na robu (Edge AI), robotiki in platformah, prilagojenih za vertikalne trge. Advantech je predstavil celovite rešitve za umetno inteligenco na robu, razvite v tesnem sodelovanju z vodilnimi proizvajalci čipov in tehnološkimi partnerji, med katerimi so NVIDIA, Qualcomm, Intel, NXP in AMD. Predstavitve na razstavnem prostoru so pokazale, kako takšno sodelovanje prispeva k izboljššanju zmogljivosti na področjih robotike, industrijske avtomatizacije, medicinskih naprav in varnih vgrajenih sistemov.





poudarilo svoj zgodnji in proaktiven pristop k varnosti ugnезdenih sistemov ter skladnosti z zakonodajo. Predstavilo je izdelke, orodja in storitve, usklajene s standardom CRA in zasnovane na načelih standarda IEC 62443, ki omogočajo hitrejšo uvajanje varnih ugnезdenih sistemov na trg. Na razstavnem prostoru so bile predstavljene partnerske rešitve vodilnih strokovnjakov za certificiranje in varnost, kot so Bureau Veritas, Onekey, Dekra in SGS, ki so pokazale, kako sodelovanje znotraj ekosistema pomaga poenostaviti skladnost z zakonodajo in okrepiti varnost naprav od zasnove do uvedbe v uporabo.

### Odprt prostor za inovacije na področju Edge AI

Na Advantechovem razstavnem prostoru je bil urejen poseben oder za predstavitve, na katerem so se med sejmom odvijale kratke strokovne predstavitve. Obiskovalci so na teh predstavitvah spoznavali, kako Advantech strankam pomaga pospešiti uvajanje umetne inteligence na robu s kombinacijo inovativnih polprevodniških rešitev, optimiziranih platform in globoke integracije v ekosistem.

### Predstavitev prilagodljive umetne inteligence na robu – od naprave do strežnika na robu

Med sejmom je podjetje Advantech na svojem razstavnem prostoru neprekinjeno izvajalo predstavitve v živo, s katerimi je prikazalo, kako njihova ponudba rešitev Edge AI podpira delovne obremenitve umetne inteligence na osnovni, srednji in visoki ravni. Namesto da bi se osredotočale na posamezne izdelke, so te predstavitve prikazovale celovite, vertikalno usklajene rešitve, ki združujejo strežnike Edge AI, sisteme na robu, pripravljene za umetno inteligenco, module za pospeševanje umetne inteligence ter Advantech Edge AI SDK.

### Glavne predstavitve so zajemale:

- Robotika in zaznavanje na podlagi umetne inteligence, vključno s prilagodljivim robotskim vidom in večplatformskimi procesnimi potmi za zaznavanje.
- HPC na robu in usposabljanje na področju umetne inteligence na robu, kar omogoča razvoj aplikacij, kot so avtonomni mobilni roboti (AMR) in avtomatizacija logistike.
- Umetna inteligenca v napravah za uporabo v medicini, industriji in pametni infrastrukturi, s poudarkom na najnovejših generacijah procesorjev in sistemov na čipu (SoC) od Advantechovih partnerjev za proizvodnjo polprevodnikov.
- Pospeševanje umetne inteligence na robu, od vizualnih do glasovnih podatkov, s predstavitvijo generativne umetne inteligence in sklepanja na kompaktnih platformah industrijske kakovosti.

Predstavitve so skupaj poudarile zmožnost Advantechovega ekosistema, da ponuja arhitekture umetne inteligence na robu, ki usklajujejo zmogljivost, energetska učinkovitost in zahteve za dolgoročno uporabo.

### Vgrajena varnost in skladnost

Poleg zmogljivosti umetne inteligence je podjetje Advantech

### Pristop »vertikalno najprej« k umetni inteligenci na robu

V vseh predstavitvah in demonstracijah je podjetje Advantech poudarilo svojo strategijo za vertikalne trge s specializiranimi platformami, zasnovanimi za aplikacije, kot so robotika, industrijska avtomatizacija, medicinska oprema in sistemi za kritične naloge. Ta pristop strankam in partnerjem omogoča učinkovitejši prehod od ocenjevanja do uvedbe v prakso, pri čemer jih podpira močna lokalna storitev prilagajanja (DMS) podjetja Advantech, ki ponuja strokovno znanje na področju načrtovanja, integracije in konfiguracije, prilagojeno regionalnim zahtevam in zahtevam posameznih aplikacij.

## DigiKey

### DigiKey na sejmu Embedded World 2026

DigiKey

Brian Metelak, direktor za tehnično podporo pri podjetju DigiKey nam je odgovoril na nekaj vprašanj, ki smo mu jih postavili. Opažamo, da industrija uvaja satelitske module za internet stvari (IoT). Kako DigiKey to podpira in kdo so ključni globalni akterji v tem sektorju?



Sodobni satelitski sistemi so zasnovani za nizko zakasnitev, globalno pokritost in visoko prepustnost, s čimer izpolnjujejo zahteve podatkov v realnem času, kritičnih sistemov in interneta stvari (IoT) v industrijskem obsegu. DigiKey podpira vključevanje satelitske povezljivosti v IoT module s ponudbo različnih rešitev GNSS in NTN, ki podpirajo aplikacije od načrtovanja omrežij do integracije naprav na robu omrežja in optimizacije sistemskih arhitektur. Ključni akterji na trgu so Telit Cinterion, Quectel, Velocity IoT, Taoglas, Murata Electronics, u-blox in Ignion.

Kateri so novi proizvajalci, ki jih je predstavil DigiKey, in kakšne izdelke proizvajajo?

Neprekosljiva širina in globina ponudbe takoj dostopnih izdelkov podjetja DigiKey, skupaj z uvajanjem inovativnih novih izdelkov, sta ključna dejavnika, ki nas ločujeta od konkurence v panogi. Močno rast našega portfelja v lanskem letu je zaznamovalo izjemno četrto četrtletje, v katerem smo v našo ponudbo dodali 25.653 novih izdelkov na zalogi in 89 novih dobaviteljev.

#### Zadnji novi dobavitelji [1] so sledeči:

- Synaptics [2], ki ponuja paleto izdelkov na področju umetne inteligence za zasnovo digitalnih izkušenj naslednje generacije.
- ABB Installation Products [3], ponuja infrastrukturo za omare in izdelke za električno zaščito za industrijske, komercialne in potrošniške namene.
- Silanna Semiconductor [4] je razvijalec in proizvajalec analognih tehnologij, vključno z ADC pretvorniki in integriranimi vezji za upravljanje laserjev.



#### Poleg tega med najnovejšimi predstavljenimi izdelki (NPI) najdemo:

- Wagove računalnike na robu omrežja druge generacije [5], ki inženirjem in razvijalcem poslovne programske opreme omogočajo izvajanje lastnih notranjih aplikacij za obdelavo velikih količin podatkov, kot je na primer strojno učenje.
- Arduino UNO Q [6], ki ponuja večjo zmogljivost, večjo prilagodljivost in izboljšane možnosti povezljivosti za napredne elektronske projekte in aplikacije.
- Razširitev ponudbe FPGA-jev MachXO4™ podjetja Lattice Semiconductor [7], ki vključuje izvedbe z izjemno nizko porabo energije in visoko zmogljivostjo, ki ustrezajo zahtevam sodobnih sistemov.
- Hirosejev plavajoči konektor za visoke tokove serije FX31



[8], ki podpira do 25 A/800 V na kontakt. Serija FX31 zagotavlja odpornost proti vibracijam, toleranco na nepravilno ter stabilno delovanje do +125 °C.

- Analog Devices MAX22216V [9], gonilnik s certifikatom AEC-Q100, ki vključuje štiri programirljive 36-voltne polmostiče za krmiljenje induktivnih obremenitev, kot so elektromagnetni ventili, enosmerni motorji, proporcionalni ventili, bistabilni ventili in releji.
- Visokozmogljivi mikrovalovni kabelski sklopi NitroWave podjetja Samtec [10], ki so optimizirani za frekvence, presegajoče tradicionalne industrijske standarde, da bi izpolnili zahteve trgov letalstva in vesoljske industrije, obrambe, podatkovnih komunikacij, računalništva, polprevodnikov in merilne tehnike.
- Podjetje TDK Corporation je razširilo svojo serijo B409x hibridnih polimerno-aluminijastih elektrolitskih kondenzatorjev SMD [11], ki so zasnovani tako, da prenesejo mehanske vibracije do 30 g.





Katere so ključne tehnologije, ki bodo po mnenju podjetja DigiKey v tem letu in v prihodnjih letih poganjale razvoj panoge? Ker systemske zahteve postajajo vse bolj kompleksne, se DigiKey preusmerja z osnovne povezljivosti med napravami in oblakom k arhitekturam, ki temeljijo na zaznavanju, obdelavi podatkov, medsebojni povezljivosti in sprejemanju odločitev v realnem času. Povezana inteligenca združuje te plasti in omogoča delovanje sistemov z večjo učinkovitostjo, natančnostjo in avtonomijo v vseh okoljih. DigiKey podpira ta razvoj z obsežnim ekosistemom tehnologij, optimiziranih za razvojne cikle v letu 2026 in naprej. Naša ponudba obsega mikrokontrolerje (MCU) in mikroprocesorje (MPU) naslednje generacije, RF- in brezžične module, zelo natančne senzorje, napajalne rešitve, komponente za umetno inteligenco na robu omrežja ter varnostne okvire, ki jih podpira globalna mreža dobaviteljev in najboljše zaloge v panogi.

### DigiKey na Embedded World 2026

Na razstavnem prostoru podjetja DigiKey na sejmu Embedded World so bili predstavljeni najnovejši izdelki za ugnezdene sisteme vodilnih dobaviteljev, skupaj s predstavitvami izdelkov ter strokovnim znanjem na TechBench in virtualni delavnici.

Na razstavnem prostoru so bile na ogled predstavitve vodilnih dobaviteljev, med katerimi so bili:

- Mreža, sestavljena iz senzorjev in izvedbenih elementov proizvajalcev NXP, Microchip in STMicroelectronics, ki kot vmesnik uporablja program Home Assistant, zbira podatke, kot so kakovost zraka, osvetljenost prostora in bližina, ter jih pošilja v centralno vozlišče.
- Microchip-ovi LAN865x in LAN867x 10BASE-T1S Single-Pair Ethernet (SPE) s 17 vozlišči in 19.200 svetlečimi diodami, ki prikazujejo video prenos iz standardne kamere prek enoploščnega računalnika (SBC) s hitrostjo 60 slik na sekundo.
- Optično merjenje srčnega utripa z mikrokontrolerjem MCX N94 podjetja NXP, visoko zmogljivim mikrokontrolerjem z nizko porabo energije, opremljenim z inteligentnimi perifernimi napravami in pospeševalniki, ki omogočajo večopravilnost in učinkovito delovanje.
- Modeliranje umetne inteligence za prepoznavanje gest rok na podlagi posnet-

kov kamere s pomočjo mikrokontrolerja STM32N6 podjetja STMicroelectronics, prvega mikrokontrolerja, ki vključuje tehnologijo vektorske obdelave Arm Helium in s tem standardnemu mikrokontrolerju omogoča zmogljivosti digitalne signalne obdelave (DSP).

- Meritev senzorja v realnem času z Arduinom UNO Q 4 GB in Arduinovim kompletom Plug and Make.
- PocketBeagle2 podjetja BeagleBoard, ki se ponaša z majhnimi dimenzijami in nizko porabo energije, je zato primeren za razvoj ugnezdenih sistemov, tako za izdelavo prototipov kot za uvedbo v večjem obsegu.
- Praktični poskusi z razvojno ploščo Red Pitaya: investirajoči in neinvestirajoči ojačevalniki, frekvenčni odziv ter razmerje med ojačenjem in pasovno širino.
- Prism4 podjetja LabsLand, modularni ekosistem za hitrejše in učinkovitejše razvijanje interaktivnih, v realnem času delujočih sistemov za daljinsko upravljanje strojne opreme.
- Komplet Microchip veryVerilog mini FPGA, začetna platforma za spajkanje in učenje osnov mikrokontrolerjev in digitalnega načrtovanja, razvita v sodelovanju z akademskim programom podjetja DigiKey.
- Arduino izobraževalni komplet Opta PLC, ki ponuja odličen način za učenje programiranja PLC ter osnov industrijskega krmiljenja in avtomatizacije.

Na več predstavitev na DigiKey razstavnem prostoru so bile predstavljene tudi klik plošče, kot so tiste podjetja MikroElektronika, ki omogočajo ekosisteme za hitro izdelavo prototipov in pospešujejo inovacije v velikem obsegu.

Obiskovalci DigiKey razstavnega prostora so se seznanili z elektrotehniko v praksi prek pogovorov s tehničnimi strokovnjaki na DigiKey TechBench in v virtualni delavnici. Udeleženci so prejeli tudi posebne darilne pakete iz distribucijskega avtomata ter si na priljubljenih igralnih avtomatih podjetja DigiKey prislužili nagrade z takojšnjim dobitkom. Poleg tega je kavarna DigiKey Café nasproti razstavnega prostora podjetja med konferenco ponujala brezplačno kavo.

### Viri:

- 1: <https://www.digikey.com/en/supplier-centers/new-mfg/>
- 2: <https://www.digikey.com/en/supplier-centers/synaptics/>



- 3: <https://www.digikey.com/en/supplier-centers/abb-installation-products/>
- 4: <https://www.digikey.com/en/supplier-centers/silanna/>
- 5: <https://www.digikey.com/en/product-highlight/w/wago/second-generation-edge-computers/>
- 6: <https://www.digikey.com/en/product-highlight/a/arduino/uno-q-microcontroller-board/>
- 7: <https://www.digikey.com/en/product-highlight/l/lattice/machxo4-fpga-family/>
- 8: <https://www.digikey.com/en/product-highlight/h/hirose/fx31-series-floating-connector/>
- 9: <https://www.digikey.com/en/products/detail/analog-devices-inc-maxim-integrated/MAX-22216VATJ-VY/28245175>
- 10: <https://www.digikey.com/en/product-highlight/s/samtec/nitrowave/>
- 11: <https://www.digikey.com/en/product-highlight/e/epcos/b409x-series-smd-capacitors/>



je optična zmogljivost ključnega pomena, kot so zasloni z visoko ločljivostjo, vmesniki občutljivi na dotik in steklene komponente HMI.

- Nizka upornost za visoko zmogljivost: Visoko razmerje med dolžino in širino vodnikov zagotavlja izjemno nizko električno upornost, kar omogoča hitro in enakomerno segrevanje ter stabilen tok. Zaradi tega je FineX idealna rešitev za naprave, ki zahtevajo odzivne toplotne lastnosti ali visoko prevodne plasti, ne da bi pri tem ogrožali prosojnost. Visoko zmogljivost oklopa je mogoče zagotoviti brez napajanja ali električnega priključka na izdelek.
- Manj difrakcije za večjo prilagodljivost in zmogljivost: Zaradi prilagodljivosti pri oblikovanju vzorcev bakrenih mrež na eni strani ter izkoriščanja obsežnih izkušenj Panasonic na področju masovne proizvodnje na drugi strani, lahko Panasonic vključi zapletene vzorce mrež, prilagojene različnim zahtevam glede zasnove za zaščito pred elektromagnetnimi valovi, ter tako ustvari izdelek brez difrakcije.
- Upogljivost: Zaradi uporabe materialov na osnovi tankih plasti in FineX-ove ultra tanke ožičenosti se izdelek ponaša z odlično upogljivostjo. To omogoča namestitvev na ukrivljene, oblikovane ali številne druge neravne površine, zaradi česar je primeren za široko paleto industrijskih uporab, ki zahtevajo napredne oblike.
- Film v zvitku z vnaprej nanesenim OCA: FineX je ob dobavi pripravljen za laminiranje s čisto in enakomerno OCA plastjo, kar zmanjša število proizvodnih korakov, zmanjša tveganje za onesnaženje in izboljša splošno produktivnost v proizvodnih procesih.

**Panasonic**  
INDUSTRY

## FineX. je naredil transparentno oklopljanje

*Panasonic Industry*

Panasonic Industry predstavlja visoko prosojno, nizko uporovno in prožno prosojno prevodno folijo za zaščito pred elektromagnetnimi valovi z vnaprej nanesenim OCA-jem.

Panasonic Industry je predstavil FineX („FineCross“), prozorne prevodne folije nove generacije, zasnovane za visoko učinkovito zaščito pred elektromagnetnimi valovi v naprednih ali občutljivih okoljih, kot so zasloni, industrija in brezžična komunikacija. FineX združuje izjemno visoko optično prepustnost, izredno nizko električno upornost in izjemno fleksibilnost pri oblikovanju, s čimer postavlja nov standard za prozorne materiale za zaščito pred elektromagnetnimi motnjami.

FineX, ki temelji na Panasonicovi lastni tehnologiji mikroizdelave z ultrafino bakreno kovinsko mrežo, vsebuje natančne in enotne strukture ožičenja, ki zagotavljajo tako nizko upornost kot odlično vidljivost. Folija je na voljo v obliki zvitka z že nanesenim OCA (Optical Clear Adhesive), kar omogoča gladko laminiranje brez mehurčkov in enostavno rokovanje.

### Ključne lastnosti:

- Visoka prepustnost: FineX zagotavlja odlično prosojnost zahvaljujoč ultrafini kovinski mreži, kar omogoča jasno vidljivost pri uporabah, kjer

### Uporaba in ciljni trgi:

- Zaščita pred šumi (uporaba v EMI/EMC zaščiti)
  - » Displeji / Monitorji – Prosojna EMI-zaščita za zaslone na dotik, industrijske vmesnike človek-stroj (HMI) in velikoformatne zaslone





- » Industrijski stroji – Zaščita funkcionalnih oken, nadzor-nih plošč in vmesnikov senzorjev pred visokofrekvenčnim šumom
- Nadzor okolja z radijskimi valovi
  - » RFID – Lokalno omejevanje območij širjenja radijskih valov za izboljšanje natančnosti zaznavanja
  - » Wi Fi in brezžični sistemi – Rešitve za preprečevanje motenj za optimizacijo zmogljivosti brezžičnih omrežij v zahtevnih okoljih

Te lastnosti uvrščajo FineX med nepogrešljive materiale za pa-noge, v katerih morajo biti združene prosojnost, prevodnost in natančno elektromagnetno upravljanje.



»Ker se naprave vedno bolj povezujejo in postaja soobsto-j brezžičnih naprav vse bolj zahteven, sistem FineX proizvajal-cem omogoča razvoj izdelkov, ki so preglednejši, učinkovitejši in lažji za sestavljanje,« pojasnjuje Yoshitaka Takeyama, pro-duktni vodja za sistem FineX pri podjetju Panasonic. »Naša lastna tehnologija kovinske mreže in zasnova z integriranim OCA prinašata novo svobodo inženirjem, ki razvijajo elek-tronske sisteme naslednje generacije.«

FineX že dobavljiv. Za več informacij obiščite: <https://industry.panasonic.eu/products/devices/transparent-conductive-film-fineX>



## 3-nanometrsko tehnologija TCAM

**Renesas**

Renesas razvija 3-nanometrsko tehnologijo TCAM, ki združuje visoko gostoto pomnilnika in nizko porabo energije ter je pri-merna za avtomobilске sistem-na-čip (SoC)

- Omogoča prilagodljivo konfiguracijo z majhnimi blokom za TCAM-e velikega obsega
- Zmanjša porabo energije pri iskanju in poveča hitrost z učinkovito obdelavo iskanja
- Izboljšana funkcionalna varnost omogoča uporabo tudi zu-naj omrežnih sistemov, in sicer v avtomobilskih SoC-ih
- Nova tehnologija, predstavljena na konferenci ISSCC 2026 v San Franciscu

Podjetje Renesas Electronics Corporation (TSE:6723), vodil-ni ponudnik naprednih polprevodniških rešitev, je predstavilo konfigurativni ternarni pomnilnik z naslavljanjem po vsebini (TCAM), izdelan v 3-nanometrskem FinFET-procesu. Novi TCAM hkrati zagotavlja višjo gostoto, nižjo porabo energije in okre-pljeno funkcionalno varnost, zaradi česar je primeren za avto-mobilске aplikacije. Renesas je rezultate predstavil na medna-rodni konferenci International Solid-State Circuits Conference 2026 (ISSCC 2026), ki je potekala od 15. do 19. februarja v San Franciscu v ZDA.

Zaradi hitre širitve 5G omrežij ter računalništva v oblaku in na robu omrežja promet v omrežju še naprej strmo narašča, kar povečuje povpraševanje po obsežnih in raznolikih konfigura-cijah TCAM, kot so na primer 256-bitne konfiguracije s 4.096



vnosi. Klasično povečanje obsega, ki temelji izključno na trdih makrojih, poveča obseg obrobni delov zaradi večjega števila bank, s čimer oteži usklajevanje časovnih signalov, hkrati pa poveča porabo energije za iskanje. Avtomobilske aplikacije zahtevajo še višjo raven varnosti, da bi izpolnile standarde, kot je ISO 26262. Renesas se s temi izzivi spopada z naslednjimi inovacijami:.

### 1. Celostni pristop, ki združuje strojni in programski makro, za prilagodljivo konfiguracijo

Novo razvite strojne makroje TCAM podpira pomnilniški prevajalnik z natančnimi nastavitvami – širine iskalnih ključev od 8 do 64 bitov in globine vnosov od 32 do 128. Večje konfiguracije (npr. 256 bitov  $\times$  4.096 vnosov) se uresničijo s kombinacijo teh strojnih makrojev z orodjem za samodejno generiranje programskih makrojev, kar omogoča konfigurativni enotni makro, ki pokriva širok spekter uporabnih primerov na enem čipu. S tem se doseže vodilna gostota pomnilnika v industriji, ki znaša 5,27 Mb/mm<sup>2</sup>.

### 2. Zaznavanje popolnih neskladij in iskanje po poti na makroravni

Vsak trden makro vključuje vezje za zaznavanje popolnih neskladij (opomba 1) in izvaja dvofazno iskanje v zaporedju. Glede na rezultat prve faze se lahko druga faza nadaljuje ali prekine, da se prepreči nepotrebna poraba energije. Na primer, v konfiguracijah z 64–256 biti  $\times$  512 vnosov ta pristop zmanjša porabo energije za iskanje za:

- Do 71,1 % s stolpičnim iskanjem v zaporedju (z razdelitvijo po ključih, ključni večji od 64 bitov)
- Do 65,3 % z vrstnim potekom iskanja (brez razdelitve po ključih, ključni  $\leq$  64 bitov)

V konfiguraciji s 256-bitnim naslovom in 512 vnosi zasnova omogoča delovanje z nizko porabo energije, pri čemer znaša poraba energije za iskanje 0,167 fJ/bit, razporejena časovna obremenitev pa omogoča 1,7 GHz taktno frekvenco iskanja. S tem dosežen kazalnik učinkovitosti TCAM (gostota  $\times$  hitrost  $\div$  energija) znaša 53,8, kar presega rezultate prejšnjih raziskav.

### 3. Izboljšana funkcionalna varnost za avtomobilske aplikacije (razdeljen podatkovni vod in namenski SRAM)

Ker so bitne celice TCAM za isti naslov fizično sosednje, dvojne bitne napake, ki jih povzročajo mehke napake, ni mogoče popraviti z običajnim SECDED ECC (opomba 2). Renesas to težavo odpravlja z dvema tehnikama:

- Razdelitev podatkovnih vodil na lihe in sode za uporabniške podatke ter ECC-pariteto, da se poveča fizična razdalja med pomnilniškimi celicami, s čimer se morebitne napake



*dveh bitov pretvorijo v popravljive napake enega bita.*

- Namenski SRAM za ECC-pariteto z naslovnim dekodirnikom, neodvisnim od TCAM-a, ki izboljša zaznavanje napak, kadar je med zapisovanjem v TCAM izbran napačen naslov.

Ti ukrepi znatno izboljšujejo varnostne zahteve, ki veljajo v avtomobilski industriji. Zaradi prilagodljivih širin ključev in globin vpisa, v kombinaciji z varčevanjem z energijo in zanesljivo funkcionalno varnostjo, je TCAM primeren ne le za avtomobilsko industrijo, temveč tudi za industrijske in potrošniške naprave, kjer je nujna hitra izmenjava podatkov med senzorji in procesorji. Renesas bo še naprej razvijal arhitekture pomnilnikov, ki zagotavljajo veliko zmogljivost, nizko porabo energije in visoko zanesljivost.

## Zaključek

Sejem Embedded world 2026 se je zaključil uspešneje kot kdaj koli prej, saj ga je obiskalo okoli 36.000 obiskovalcev – kar predstavlja več kot 13-odstotno rast v primerjavi s preteklim letom.

Benedikt Weyerer, izvršni direktor sejma Embedded world, je dogodek povzel takole: »Letos se je ponovno na pokazal pomen sejma Embedded world v svetovni skupnosti na področju ugnезdenih sistemov. Energija v dvoranah – nabito polni hodniki, številne plodne razprave in impresivna raznolikost idej – nas je resnično navdihnila. Ta odziv nas izjemno motivira in spodbuja, da nadaljujemo po uspešni poti tega dogodka.«

Kaj še dodati? Prav neprijetno mi je bilo sporočati mojim kolegom, da se EW ne bom udeležil zaradi zdravstvenih težav. Pa ne toliko zaradi samih težav, pač pa zato, ker se je vedno lepo srečati s kolegi iz industrije. Med pogovori se vedno porodi kakšna ideja – ali pa zgolj hudomušna misel, ki me spremlja še mesece po sejmu.

Naslednje leto bo EW potekal od 16. do 18. marca, rezervirajte si datum za ogled.

# Quo vadis, robotum

**Robotski tekač podjetja Honor je za 21 km dolgo pot potreboval nekaj več kot 50 minut, kar je precej manj, kot zmorejo najboljši človeški tekači.**



## FLIK KOT SLOVENSKA PLAČILNA SUVERENOST

Vsakič ko v slovenski trgovini prislonimo kartico ali telefon k terminalu, običajno uporabimo infrastrukturo ameriških kartičnih shem Visa ali Mastercard. To pomeni, da je velik del domačega plačilnega prometa odvisen od tujih sistemov, na katere Slovenija nima vpliva.



### MONITORPRO:

- Računalništvo v oblaku
- Poenotene komunikacije

Honor 600 | Xiaomi Redmi Pad 2 | Pixel Desktop Mode | Google Pixel kot računalnik | Vse za domači laboratorij | Domače rešitve RSS | Simulatorji dronov | Preverjanje starosti v evropskem spletu | Evropske jezikovne storitve | Največje tehnološke prevare

**Monitor**  
www.monitor.si

# Sejem MIS zdaj vsako leto?

AX elektronika d.o.o.  
Avtor: Jurij Mikeln  
E-pošta: stik@svet-el.si

*Sejem MIS2026 se je odvijal od 14. do 17. aprila na sejmišču v Celju. Večina bralcev naše revije ve, da je bil sejem MIS bienalen, se pravi na vsaki 2 leti. Lani se je podjetje Celjski sejem d.d. odločilo, da bo od letos naprej MIS vsako leto.*

Ta odločitev je bila zanimiva, saj je na relativno majhnem področju Slovenije in Hrvaške, večje število industrijskih sejmov v pomladanskem času že kar preveč. Sejemska sezona se začne februarja s sejmom IFAM, potem pa se nadaljuje s sejmom MIS in BIAM & Welding, ki se odvijata celo sočasno v aprilu.

Marsikateri razstavljalet se je letos odločil, da bo prisoten na IFAM-u in naslednje leto na MIS-u, ne tako majhno število pa se je predstavilo bodisi na sejmu MIS bodisi na BIAM & Welding.

Po pregledu podatkov s spleta je bil letos sejem BIAM & Welding največji sejem v regiji s skoraj 400 razstavljalci, sledil mu je MIS z 200 razstavljalci in nato IFAM.

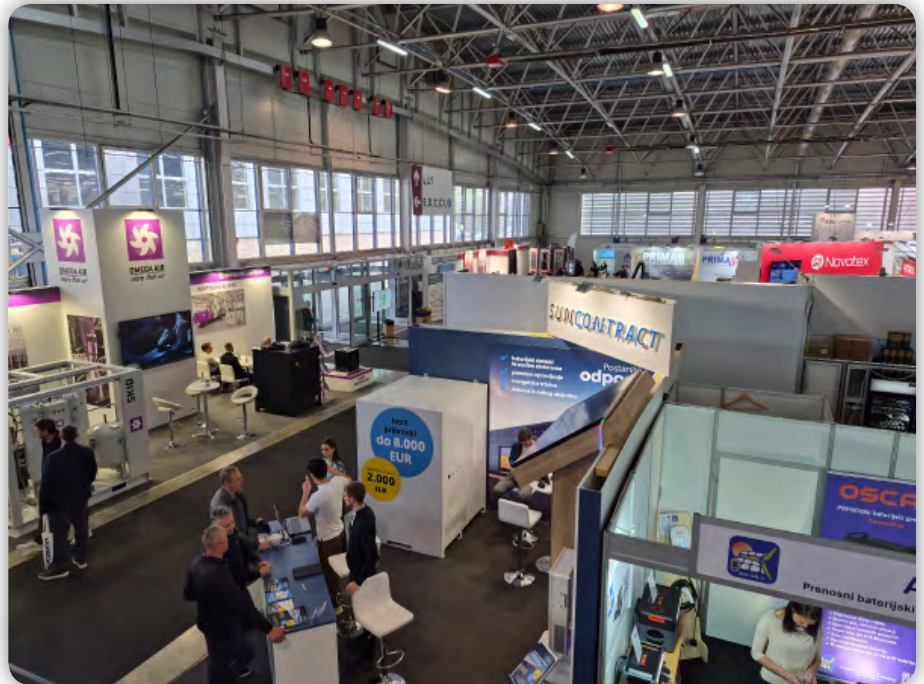
Zakaj se je podjetje Celjski sejem odločilo za to potezo in pričelo z vsakoletno iteracijo sejma ne morem komentirati. Čas bo pokazal, ali se jim bo ta odločitev obrestovala ali ne. Dejstvo pa je, da je sejem MIS2026 zbral veliko število obiskovalcev. In to ne samo iz Slovenije, pač pa tudi iz celotne regije bivše Jugoslavije.

Tudi na našem (majhnem) razstavnem prostoru so se ustavljali obiskovalci iz Hrvaške in Bosne, kar pomeni, da se je organizator sejma potrudil s promocijo sejma tudi v regiji. In prav število obiskovalcev je tisti parameter, ki je pomemben za razstavljalce. Seveda s tem ne mislim na absolutno število obiskovalcev, ki je lahko na nekem sejmu zelo visoko, pač pa število strokovnih obiskovalcev. IFAM se je lahko vsakič pohvalil s številom strokovnih obiskovalcev, je pa letos imel smolo, saj se je odvijal v času zimskih počitnic.

Sejem MIS2026 je ponudil veliko vsebine. Od področja avtomatizacije proizvodnje, do strojegradnje, 3D tiska, robotike in podpornih industrij, kot recimo sistemi za doziranje industrijskih lepil, tako vročih, kot tudi hladnih.

Podjetje **Robatech Gluing Solutions** je predstavilo tako ročne pripomočke in naprave za nanašanje lepila, kot tudi tiste, ki so primerni za avtomatizirano industrijo.

Vsi bralci naše revije veste, da je moja osnovna izobrazba iz področja elektronike in to področje me še posebej pritegne če na sejmu zagledam podjetje, ki že na daleč »diši« po



Slika 1: Pogled na razstavljalce v hali K

elektroniki. Tako me je pritegnilo **podjetje nRF**, ki je predstavilo zanimive naprave za sledenje športnih golobov. Same naprave so zanimive zaradi dejstva, da proizvajalec zagotavlja brezžično povezavo na razdalji do 5 km preko – ne



Slika 2: Podjetje Robatech



*Slika 3: Del prodajnega programa podjetja Robatech*

boste verjeli – Bluetooth tehnologije. V majhen, 3,5 grama težek obroček, ki ga namestijo na nogo goloba, so integrirali GPS sprejemnik, Bluetooth transiver, višinomer, ki deluje na podlagi meritve zračnega tlaka in majhen akumulator. Naprava beleži let goloba in podatke sproti sporoča sprejemni napravi na zemlji.

Pri teh napravah je bil največji izziv načrtovanje anten, tako za Bluetooth in GPS in vse skupaj spraviti v zelo majhno ohišje, ki ga nosi golob.

Nato so naredili korak naprej in so naredili GPS sledilnik za večje ptice. Ta naprava vsebuje mobilno povezavo in tudi polnilne solarne celice, ki polnijo vgrajen akumulator. Modul je velik 3x4 cm in tehta 10 gramov, vsebuje pa GPS, GSM, e-SIM, Bluetooth, vezje za zajemanje energije (angl. energy harvester) in polnilno baterijo. Sledilne naprave so en segment delovanja podjetja, drugi pa so IoT naprave. Tak tipični produkt je čebelarstva tehnica.



*Slika 4: Mali sledilniki za golobe*

Podjetje **Kočevar** naši bralci poznate po varjenju in mikrovarjenju. Tudi na sejmu MIS so se predstavili s svojo tehnologijo in znanjem iz področja varjenja. Tako so predstavili naprave za točkovno varjenje in mikrovarjenje, ki se uporabljajo v avtomobilski industriji oziroma pri pripravi baterijskih sklopov in spajanja različnih žic, ki nadomešča stiskanje s tulci. Pri večjih količinah se pozna tudi strošek tulcev. Varjenje žic pa zagotavlja tudi boljši kontakt, kot je kontakt pri stiskanju s tulci.

Prikazali pa so tudi mikro bradavičasto varjenje, ki se od klasičnega mikrovarjenja razlikuje v tem, da na varilno površino nanesejo »bradavico« materiala, ki služi koncentraciji električnega toka, ki steče iz vira varjenja. S pomočjo bradavice steče tok točno tja, kamor je potrebno za zanesljiv zvar.



*Slika 5: Podjetje Kočevar je predstavilo varilno opremo*

Prikazali so tudi kolutno varjenje zelo tankih pločevin in zelo tankih mrežic. V njihovem programu je tudi kompaktiranje kablov. Imajo tudi možnost varjenja zlatih kontaktov na tiskana vezja. To varjenje poteka pod mikroskopom, zelo fino se mora nastaviti varilni tok, varilna sila, potrebno je izbrati ustrezno varilno elektrodo. To so tehnologije, ki so pomembne za obrambno in vesoljsko industrijo.

Ko beseda že teče o varjenju naj omenim, da je bilo na sejmu videti veliko primerov uporabe robotskega varjenja. Nudili so ga praktično vsi ponudniki robotskih rok. Mojo pozornost je pritegnila robotska roka podjetja **Hennlich**, ki je predstavilo rešitev svojega principala, podjetja IGUS. Njihovo robotsko roko smo podrobno predstavili že v reportaži s sejma IFAM, tokrat pa so robotsko roko predstavili za primer robotskega varjenja.

V okviru zastopniškega programa pa so prikazali tudi varilnega robota podjetja Hitachi.



**Slika 6:** Podjetje Hennlich je predstavilo cenovno ugodno robotsko varilno roko

Podjetje Hennlich je predstavilo tudi tribološko plastiko podjetja IGUS, ki služi mazanju površin v prehrambeni industriji. Tribološka plastika ustreza vsem standardom za prehrabeno industrijo. Tisti, ki ste se v hali L tudi malce ozrli navzgor, ste lahko opazili zanimivo napravo, ki se je premikala po dveh žicah. To je bila kamera za snemanje dogodkov, nekaj



**Slika 8:** Ročna stiskalnica s pnevmatskim 5 mm hodom

podobnega ste lahko videli tudi v Planici. Podjetje Hennlich je za to napravo dobavilo svoja drsna vodila.

Podjetje **MB-NAKLO** je predstavilo novosti svojih partnerjev in principalov. Največ je bilo na njihovem razstavnem prostoru predstavljenih izdelkov podjetja Schunk, ki ima nove serije hitro izmenljivih robotskih sklopk. Izmed izdelkov podjetja Deprag so predstavili izdelke za vijachenje in doziranje vijakov po cevi. Predstavili so delovno mesto z linearno stativo s pozicijsko kontrolo, kjer so kot demonstracijo pokazali vijachenje določenih artiklov z ustreznim navorom in sekvenco. Predstavili so še dve postaji, kjer so predstavili električno podajno enoto.



**Slika 7:** Kamera na žici

V kontekstu te enote imajo dva nova modula, eden je Deprag Airbrake, ki zaduši padec vijaka v ustnik in tako zmanjša obrabo orodja. Za ročno delovno mesto so predstavili čiščenje vijachnega nastavka raznih ostružkov ali okruški. Videli smo podajno enoto, ki je primerna tam, kjer ni veliko prostora. Predstavili so tudi novo zastopstvo za podjetje Gechter, ki proizvaja ročne stiskalnike oziroma popularno »knakerje«. Na sejmu predstavljena ročna stiskalnica ima to lastnost, da ima na koncu hoda še 5 mm pnevmatskega hoda.



Slika 9: Podjetje MB-NAKLO na sejmu MIS

Na ta način so združili prednosti malih pnevmatskih stiskalnic in ročnih stiskalnic. Ker je hod pnevmatske stiskalnice samo 5 mm stiskalnica ne potrebuje standardnih varnostnih mer, ki jih zakonodaja predvideva za pnevmatske stiskalnice.

Podjetje **MIEL** je na sejmu MIS predstavilo svojo opremo za avtomatizacijo. Izpostavili so senzorje različnih vrst, kot so fotoelektrični, induktivni, kapacitivni, senzorji z optičnimi vlakni. Letos so predstavili nov fotoelektrični senzor in pa nov senzor za merjenje distance. Na sejmu so prikazali tudi strojni vid in sledljivost v proizvodnji. Videli smo tudi nove kamere z vgrajeno umetno inteligenco, ki zaznava in prepoznava predmete. Predstavljene so bile komponente za varnost v avtomatizaciji, kot so varnostne zavese, varnostna stikala in podobno.

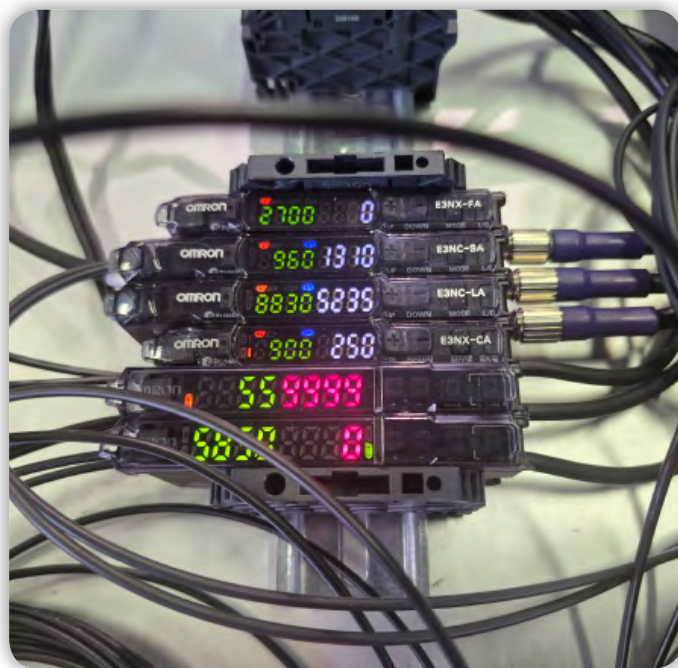
Podjetje **Fanuc** je na sejmu MIS tudi predstavilo kolaborativnega oziroma sodelujočega robota, ki je poganjal enostavno in zabavno aplikacijo za obiskovalce sejma. Kot največji proizvajalec industrijskih robotov imajo tudi največji nabor industrijskih in sodelujočih robotov. Roboti so na voljo za vse

vrste industrije in okolja v industriji, od eksplozivnih con do prehranske industrije, od robotov za varjenje do robotov za pralne aplikacije, ko je v industriji potrebno oprati neke izdelke. Ti roboti so narejeni tako, da zdržijo zahtevno okolje, kjer je veliko vode.

Fanuc roboti so znani po tem, da porabijo manj energije, kot ostali roboti. Obstaja tudi kriterij, ki ga v tujini imenujejo »cost of ownership« - se pravi, koliko stane lastništvo robota. In tudi v tem kriteriju je Fanuc robot najcenejši. Fanucovi roboti pri svojem gibanju uporabljajo princip rekuperacije energije. Nadalje, za isto nosilnost je Fanucov robot precej lažji. Splet vseh teh lastnosti pomeni, da Fanucovi roboti porabijo do 50% manj električne energije kot konkurenčni roboti.



Slika 10: Podjetje MIEL na sejmu MIS



Slika 11: Prikaz fotoelektričnih senzorjev, ki jih je predstavilo podjetje MIEL



*Slika 12: Podjetje Fanuc je predstavilo svoje industrijske robote*

Organizator sejma je sejem razdelil v tri tematsko zaključene dneve.

Prvi dan sejma je potekalo **3. državno tekmovanje dijakov in študentov v varjenju**, ki povezuje izobraževanje z industrijsko prakso ter spodbuja razvoj novih kadrov. Obenem se je začel tudi **Open Forum**, kjer so se skozi strokovna predavanja odpirale aktualne teme, kot so digitalizacija proizvodnje, robotika, pametna proizvodnja in povezovanje logističnih procesov.

Drugi dan sejma je minil v znamenju varilne tehnike, strokovnih vsebin in povezovanja industrije. Osrednji del dneva je zaznamovalo 10. državno in 3. mednarodno tekmovanje varilcev.

Tretji dan sejma, je bil posvečen vzdrževanju, energetiki in naprednim tehnologijam. **Kongres prihodnosti vzdrževanja**, je odprl ključna vprašanja sodobne industrije – od kadrovskih izzivov in digitalne transformacije do uvajanja sistemov za obvladovanje premoženja ter merjenja učinkovitosti (KPI-jev) v vzdrževanju. Poudarek je bil na vlogi umetne inteligence pri diagnostiki in spremljanju stanja strojev, kjer so bile predstavljene konkretne rešitve za optimizacijo delovanja industrijskih sistemov.

Poseben vrhunec tretjega dne je bil VIP večer razstavljalcev s častnim gostom Ivom Boscarolom, ki je s svojo zgodbo, izkušnjami in pogledom v prihodnost navdihnil udeležence ter dodatno poudaril pomen inovacij, podjetništva in povezovanja v industriji. Tej potezi bi mirno lahko rekli primer dobre prakse, ki povezuje razstavljalce in odpira vrata za nove poslovne priložnosti.

## Zaključek

Sejem MIS2026 je bil manjši, kot smo ga bili vajeni iz preteklih



*Slika 13: Humanoidni roboti so bili prisotni na sejmju MIS*

let. Če je organizator lani zapolnil res vse koticke sejmišča, na katerem se je predstavilo več kot 360 razstavljalcev, se je letos poznala odsotnost »rednih« razstavljalcev. Kar pa seveda ne pomeni, da sejem ni bil zanimiv – ravno nasprotno. Na sejmju ste lahko videli res veliko industrijske opreme, ki so jo razstavili različni proizvajalci iz Slovenije in tujine. Presenetljivo veliko



*Slika 14: Razstavljalni prostor uredništva revij Svet elektronike in Svet mehatronike*

je bilo kitajskih razstavljalcev, ki so razstavljali tudi zelo velike industrijske stroje. Marsikdo od njih je te stroje tudi oživel in demonstriral njihovo delovanje.

Tako smo lahko videli med delom velike industrijske stiskalnice, laserske rezalnice in še marsikaj drugega. Prikazani so bili tudi humanoidni roboti podobni tistim, ki smo jih lahko videvali v kitajskih video posnetkih na Youtube.

Na sejmu se je predstavilo tudi naše uredništvo. Hvala vsem, ki ste se oglasili na našem razstavnem prostoru.

Omeniti je potrebno nenavadno odločitev organizatorja sejma, da niso ponudili brezplačnega Wi-Fi-ja niti razstavljalcem niti obiskovalcem. Tista podjetja, ki so imela razstavljeno opremo, ki je potrebovala zanesljiv dostop do spleta, so kabelski internetni priključki naročila. Nikjer do sedaj (v zadnjih 10. letih) pa še nisem doživel, da na sejmu ne bi bilo brezplačnega Wi-Fi-ja tako za obiskovalce ali za razstavljalce. Se mi zdi, da je Wi-Fi postal samo po sebi umeven približno tako, kot osvetlitev ali prezračevanje sejmišča. Razumem, da veliko število razstavljalcev in tudi obiskovalcev pomeni obremenitev za komunikacijsko infrastrukturo, vendar primeri dobrih praks po Evropi kažejo, da imajo vsi sejmu, ki sem jih obiskal, brezplačen Wi-Fi za vse.

Seveda smo vsi »preživel« brez Wi-Fi-ja, saj ima večina ne-



omejen dostop do spleta preko podatkovne povezave, ampak malce grenak priokus pa je vseeno bil prisoten.

Skratka, sejem je postregel z vrsto zanimivih razstavljalcev in dogodkov. Mirno lahko zapišem, da vam je lahko žal, če si sejma niste ogledali. Priložnost boste imeli spet naslednje leto, ko bo MIS zelo verjetno napolnil celjsko sejmišče do zadnjega kotička.

<https://svet-el.si>



# Induktivno brezžično polnjenje za širokopotrošne naprave in sisteme za e-mobilnost z referenčnimi zasnovami podjetja Microchip

Microchip Technology Inc.

Avtor: Vijay Bapu, višji vodja trženja izdelkov v poslovni enoti dsPIC podjetja Microchip

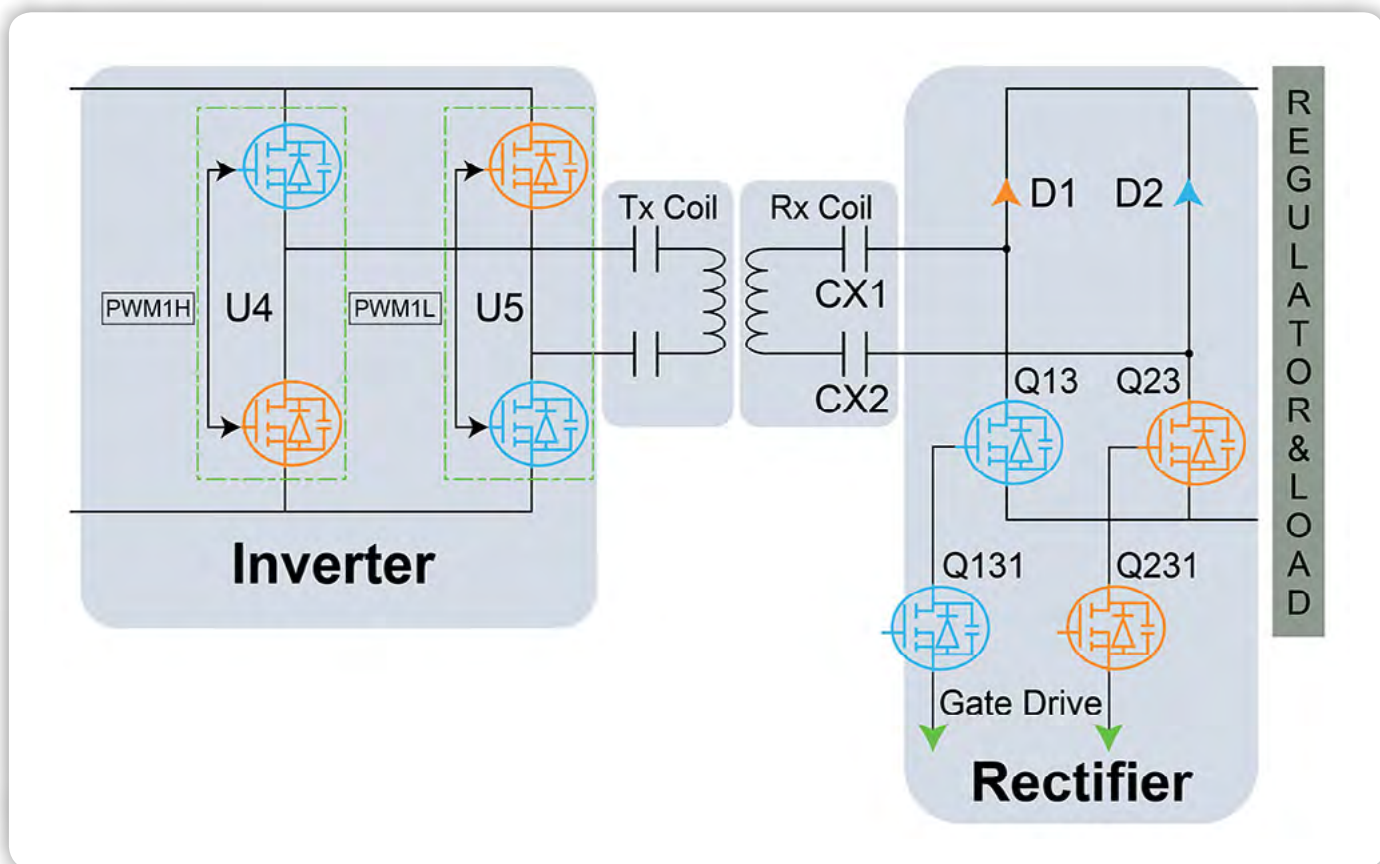
*Kaj imajo električna kolesa in prenosni računalniki skupnega? Oboje se lahko polni brezžično.*

Električna kolesa in prenosni računalniki za napajanje uporabljajo litij-ionske baterije, ki so bile izbrane zaradi svoje lahкости, visoke energijske gostote in dolge življenjske dobe. Oba sistema je mogoče brezžično napolniti s pomočjo metode brezžičnega prenosa energije (WPT), ki z elektromagnetno indukcijo brez kablov prenaša energijo v baterijo. Za električna kolesa obstaja brezžična polnilna podlaga ali induktivna ploščica, na katero se kolo postavi za prenos energije. Pri indukcijskem polnjenju je ena tuljava vgrajena v statično podlago ali ploščico (oddajna tuljava), druga pa se nahaja na kolesu, pogosto v stojalu. To je sprejemna tuljava. Tuljava polnilne podlage,

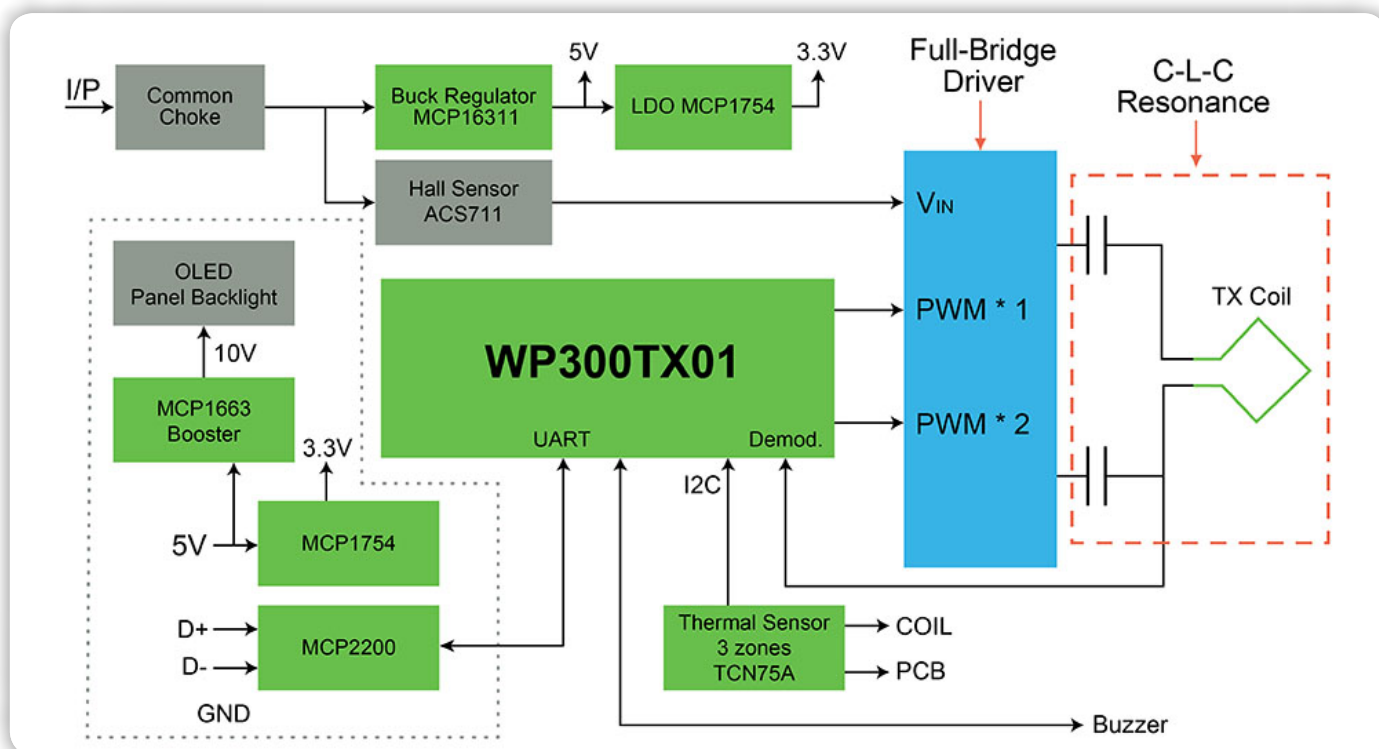
napajana z izmeničnim tokom, ustvari elektromagnetno polje, ki nato proizvaja tok v tuljavi kolesa. Ta izmenični tok se nato pretvori v enosmerni tok, ki napaja baterijo kolesa.

Enako velja za prenosne računalnike ter široko paleto širokopotrošnih in industrijskih naprav, vključno z majhnimi roboti, droni, električnim orodjem, robotskimi sesalniki, brezžičnimi usmerjevalniki in kosilnicami.

Podjetje Microchip ponuja referenčni projekt za brezžični prenos električne energije z elektromagnetno indukcijo moči 300



Slika 1: Blok diagram referenčnega modela za indukcijski prenos moči z močjo 300 W



Slika 2: Blok diagram napajalnega oddajnika

W (Referenčni projekt za brezžični prenos energije 300 W | Referenčni projekti | Microchip Technology) [1], ki ga je mogoče vgraditi v kateri koli tip potrošniškega ali industrijskega sistema z nizko porabo energije za brezžično polnjenje; glej blok diagram na sliki 1.

Sestavljata ga močnostni oddajnik (PTx) Microchip WP300TX01 in močnostni sprejemnik (PRx) Microchip WP300RX01. Sistem deluje z učinkovitostjo več kot 90 % pri moči 300 W in razdalji Z (razdalji med uglašenima tuljavama) 5–10 mm.

Oddajnik (slika 2) se napaja z nazivno napetostjo 24 V, sprejemnik pa izhodno napetost uravnava na nazivnih 24 V.

Delovno območje enosmerne vhodne napetosti te zasnove je 11 V–37 V, vključuje zaščito pred previsoko in prenizko vhodno napetostjo ter zaščito pred previsokim tokom in pregrevanjem prek funkcije spremljanja temperature tiskanega vezja in tuljave. Največji izhodni tok sprejemnika je 8,5 A, izhodna napetost sprejemnika pa je nastavljiva v območju od 12 V do 36 V.

Ta zasnova uporablja lastniški protokol podjetja Microchip, ki je bil razvit po več letih raziskav in razvoja ter za katerega so bili v ZDA podeljeni patenti, kar zagotavlja zanesljiv prenos energije z visokim izkoristkom. Sistem vključuje tudi funkcijo zaznavanja tujkov (angl. Foreign Object Detection FOD), varnostni ukrep, ki preprečuje nevarne situacije, če se v bližini polnilnega polja znajde kovinski predmet. Ko sistem FOD zazna kovinski predmet v bližini območja polnjenja, kjer se ustvarja magnetno polje, prekine prenos energije. Referenčni model vključuje to funkcionalnost v glavno tuljavo, ki prekine dovajanje energije iz oddajnika, dokler predmet ni odstranjen. Sistem FOD deluje tako, da prekine štiri PWM-signale za krmiljenje, pri čemer je štiri največje število, da se prepreči popolna prekinitve polnjenja. Ta referenčni model zazna tudi nekatere kartice in oznake NFC/RFID.

## Oddajnik in sprejemnik

WP300TX01 je naprava s fiksno funkcijo (FFD), namenjena brezžičnemu prenosu energije, prav tako kot čip WP300RX01, ki je namenjen sprejemanju energije. Oba sta med seboj povezana in omogočata brezžični prenos energije z največjo močjo 300 W.

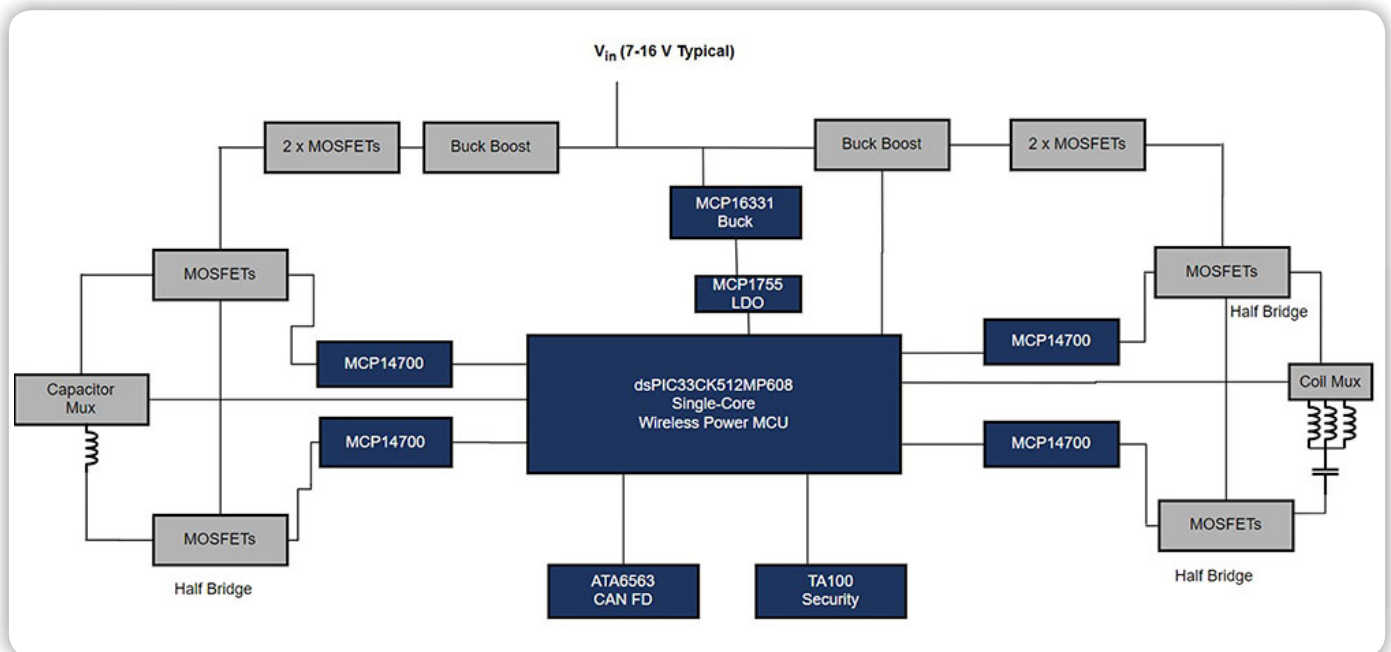
Uporabnik lahko nastavi spodnjo in zgornjo mejo napetosti na vходу ter tudi mejne vrednosti za prenapetost in preobremenitev. Na voljo so trije izhodi za splošne LED diode in več OLED zaslonov ter pet vhodov za stikala. Zasnova omogoča, da se na straneh OLED zaslona prikazujejo in spremljajo trenutni sistemski parametri, pri čemer lahko uporabnik nastavitve OLED zaslona prilagodi tako kot tudi vhodne parametre.

Microchip WP300RX01 deluje pri napetosti od 4,8 V do 5,2 V in pri temperaturi okolja med -40 °C in +85 °C. Tako kot krmilnik oddajnika tudi ta čip zagotavlja zaščito pred prenapetostjo, podnapetostjo, previsokim tokom, preveliko močjo in previsoko temperaturo, z dodatno certifikacijo AEC-Q100 REVG Grade 3 (od -40 °C do +85 °C), ki se nanaša na zmožnost čipa, da zanesljivo deluje v območju temperatur okolja od -40 °C do +85 °C.

Referenčni model poenostavlja in pospešuje razvoj sistemov za brezžični prenos energije, saj omogoča takojšnjo certifikacijo, saj je že pridobil CE certifikat, kar pomeni, da izdelek izpolnjuje vse potrebne zahteve veljavnih direktiv in EU predpisov.

## Vrste brezžičnega polnjenja

Obstajajo različne vrste brezžičnega polnjenja, med drugim resonančno, induktivno, polnjenje s sklopitvijo električnega polja in RF. Induktivno polnjenje pametnih telefonov in drugih elektronskih naprav z manjšo porabo energije temelji na



Slika 3: Blok diagram referenčnega modela brezžičnega Qi 2.0 napajalnika z dvema polnilnima ploščama

odprtem standardu Qi, ki ga je leta 2010 uvedlo združenje Wireless Power Consortium (WPC) z namenom ustvariti univerzalni in medsebojno združljiv koncept polnjenja elektronskih naprav.

Odprti standard spodbuja medsebojno združljivost, s čimer se izogne uporabi več različnih polnilnikov in kablov ter razdrobljenosti trga na različne lastniške rešitve. Ta standard so v svoje izdelke vključili številni proizvajalci, med njimi tudi tehnološki velikani, kot sta Apple in Samsung.

Od leta 2023 omogoča standard Qi 2.0 hitrejše polnjenje mobilnih naprav z močjo 15 W, pri čemer je certificiran za medsebojno združljivost in varnost. Naprave, ki podpirajo standard Qi 2.0, so opremljene s tehnologijo magnetnega pritrjevanja, ki naprave in polnilnike popolnoma poravnava, kar zagotavlja večjo energetske učinkovitost, hitrejše in varnejše polnjenje ter enostavno uporabo. Qi 2.X vključuje tehnologijo Magnetic Power Profile (MPP) z dodatno delovno frekvenco 360 kHz. Pri tehnologiji MPP magnetni obroč zagotavlja, da se tuljava sprejemnika popolnoma poravnava s tuljavo polnilnika, s čimer se izboljša prenos energije in zmanjša segrevanje.

Junija 2025 je bila izdana različica Qi 2.2, ki omogoča 25-vatno polnjenje. Ta različica nadgrajuje udobje in energetske učinkovitost standarda Qi ter hkrati skrajša čas brezžičnega polnjenja.

## Referenčni model za hkratno polnjenje dveh 15-vatnih Qi sprejemnikov

Poleg referenčnega modela za brezžični prenos električne energije z elektromagnetno indukcijo moči 300 W, ki smo ga obravnavali že prej v tem članku, Microchip ponuja tudi referenčni

model brezžičnega oddajnika energije Qi2 Dual-Pad (microchip.com/en-us/tools-resources/reference-designs/qi-2-0-dual-pad-wireless-power-transmitter-reference-design) [2]. Ta referenčni model brezžičnega napajalnika z več tuljavami in dvema polnilnima ploščama omogoča hkratno polnjenje dveh 15-vatnih Qi sprejemnikov, glej sliko 3.



Srce tega modela predstavlja digitalni krmilnik signalov (DSC) Microchip dsPIC33, ki hkrati krmili obe polnilni plošči. Model z dvema polnilnima ploščama je združljiv s Qi 1.3 in Qi 2.x standardi ter s profiloma MPP in EPP (Extended Power Profile). Strojna oprema je prilagodljiva in podpira večino topologij oddajnikov. Poleg MPP podpira tudi profil osnovne moči (BPP) za sprejemnike do 5 W.

Polnilna plošča MPP začne polnjenje s frekvenco preklapljanja inverterja 128 kHz, vendar se ta spremeni na 360 kHz, ko je povezana z MPP PRx. Digitalni krmilnik signalov dsPIC33CK izvaja dve različici polnilnika. Da bi omogočili podporo različnim protokolom, so potrebne odločitve v realnem času, ki temeljijo na tipu polnilne plošče in sprejemnika.

Programsko zasnovana rešitev zagotavlja visoko stopnjo prilagodljivosti za optimizacijo ključnih lastnosti sistema brezžičnega napajanja, kot so učinkovitost, območje polnjenja, razdalja v osi Z in FOD. Za podporo aplikacijam s širokim razponom vhodne napetosti vsak PTx vključuje vhodni pretvornik buck-boost s štirimi stikali (4SWBB) za regulacijo napetosti. 4SWBB se priključi na polni mostični inverter za pogon resonančnega vezja. Pri polnilniku MPP dodatno omrežje stikal za resonančne kondenzatorje omogoča višjo resonančno frekvenco. Polnilnik MP-A13 uporablja podobno vezje za izbiro tuljave, ki omogoča napajanje tuljave z najmočnejšim možnim signalom, kar omogoča širše območje namestitve.

Ta referenčni model je namenjen avtomobilski industriji in vključuje CryptoAuthentication™, strojno (vgrajene v čip)

varno shranjevanje kriptografskih ključev, ki zagotavlja zaščito komunikacije in obdelave podatkov. Poleg tega model vključuje podsistem za varno shranjevanje Trust Anchor TA100/TA010. Arhitektura čipa dsPIC33CK omogoča tudi vključitev dodatnih programskih sklopov, kot so avtomobilski CAN-sklop ali NFC-sklopi za zaznavanje NFC značk.

Treba je omeniti, da je topologija za krmiljenje moči s spremljivo vhodno napetostjo in fiksno frekvenco, vgrajena v oddajnik, idealna za sisteme, ki morajo izpolnjevati stroge zahteve glede elektromagnetnih motenj (EMI) in elektromagnetne združljivosti (EMC).

Poleg vseh teh funkcij, vključno z zaznavanjem tujkov (FOD) prek kalibrirane izgube moči, referenčni model z dvojnimi polnjenjem omogoča tudi merjenje faktorja kvalitete, resonančne frekvence in zaznavanje predmetov na prostem s tehnologijo »ping«, več različnih hitrega polnjenja, med drugim za naprave Apple in Samsung, ter več vrst modulacije sprejemnika, kot sta kapacitivna AC in uporabna AC/DC.

Za večjo varnost je v zasnovi vključena zaščita pred pregrevanjem in samodejno izklopom ter zaščita pred preobremenitvijo. Komunikacijski vmesnik UART-USB omogoča poročanje in odpravljanje napak v podatkovnih paketih, LED-ice pa prikazujejo

stanje sistema in izbiro tuljave. Za dodatne funkcionalnosti sta na voljo stikalo za ponastavitev in vhodi za temperaturne senzorje.

Glede na nenehno razvijajoče se standarde za Qi in edinstvene nove aplikacije, ki zahtevajo brezžično polnjenje z večjo močjo, obstaja na področju brezžičnega polnjenja veliko priložnosti za inovacije in rast. Strokovnjaki iz podjetja Microchip vam lahko ponudijo ustrezno svetovanje, da boste svojo rešitev za brezžično polnjenje nemoteno uvedli na trg.

#### Viri:

- 1: <https://www.microchip.com/en-us/tools-resources/reference-designs/300w-wireless-power-transfer-reference-design>
- 2: <https://www.microchip.com/en-us/tools-resources/reference-designs/qi-2-0-dual-pad-wireless-power-transmitter-reference-design>



*Opomba: Ime in logotip Microchip sta registrirani blagovni znamki podjetja Microchip Technology Incorporated v ZDA in drugih državah. Vse druge blagovne znamke, ki so morda tu omenjene, so last njihovih podjetij.*

<https://www.microchip.com>



## Načrtovano za učinkovito moč

### Opazite vsak vat, prihranite vsak mikroamper

Ste naveličani porabe znatne količine energije zgolj za merjenje porabe energije? Želite prejemati opozorila v realnem času za zaščito sistema, ne da bi pri tem žrtvovali učinkovitost? Z napravama PAC1711 in PAC1811 vam ni več treba žrtvovati življenjske dobe baterije zgolj za spremljanje porabe energije vašega sistema.

PAC1711 in PAC1811 zmanjšata porabo energije za 50 % v primerjavi s tipičnimi 12-bitnimi in 16-bitnimi digitalnimi merilniki porabe energije. Z obema napravama lahko spremljate stanje napajanja, ne da bi izpraznili baterijo, s čimer se povečata čas delovanja in učinkovitost v vseh aplikacijah, ki so odvisne od baterije ali rezervnega napajanja.

Izboljšajte svoj naslednji projekt s PAC1711 in PAC1811, ki združujeta učinkovitost, varnost in enostavno integracijo.



[microchip.com/MorePowerInsight](https://www.microchip.com/MorePowerInsight)



Ime in logotip Microchip ter logotip Microchip so registrirane blagovne znamke podjetja Microchip Technology Incorporated v ZDA in drugih državah. Vse druge blagovne znamke so last njihovih registriranih lastnikov. © 2026 Microchip Technology Inc. Vse pravice pridržane. MEC2637A-SLO-05-26

# SSR-ji z zaklepom poenostavljajo zasnovo stikalnih vezij za termostate, sisteme HVAC, varnostne sisteme in alarmne plošče

DigiKey

Avtor: Rolf Horn, inženir za aplikacije pri podjetju DigiKey

*V pogostih aplikacijah, kot so termostati, klimatske naprave, centralne enote za požarni alarm, varnostni sistemi, avtomatizacija zgradb in industrijski krmilniki, je potreben preprost signal za krmiljenje izmenične ali enosmerne napetosti v nadzorovanem sosednjem tokokrogu.*

Čeprav so te aplikacije tradicionalno delovale z elektromehanskimi releji (EMR), številne zasnove vse bolj zahtevajo manjše dimenzije, večjo dolgoročno zanesljivost, večjo prilagodljivost in funkcionalnost ter manjši skupni šum. Polprevodniški releji (SSR) v majhnih ohišjih izpolnjujejo te potrebe.

V tem članku so obravnavani izzivi pri preklapljanju napajanja z releji v različnih dvo- in tri-žičnih aplikacijah. Nato je predstavljen SSR z zaklepom podjetja Littelfuse [1] in prikazano je, kako ga je mogoče uporabiti za reševanje teh izzivov.

## Začnite z navidezno preprostim problemom

Izkušeni načrtovalci naprav vedo, da so prav osnovni problemi pogosto najtežji za rešitev, kar zadeva tehnično rešitev, seznama materialov (BOM), prostora na tiskanem vezju (PCB), stroškov in uporabniško izkušnjo. Dober primer je prilagoditev obstoječega ožičenja, ki se uporablja za klasično dvožično vezavo v stanovanjih in drugih okoljih, za proženje ogrevalnega sistema. V industriji ogrevanja, prezračevanja in klimatizacije (HVAC) se to imenuje »zahteva po ogrevanju«.

V preteklosti so bili sistemi, kot je ogrevanje z termostatom, precej preprosti tako po zasnovi kot po izvedbi. Termostat, kot je klasični model T-86 (slika 1), preprosto zapre stikalo (kovinsko ali z živosrebrnim stikalom), ko zaznana temperatura pade pod nastavljeno vrednost. Kot dokaz njegove dolgoživosti je bilo od uvedbe leta 1953 prodanih več deset milijonov kosov, mnogi pa so še vedno v uporabi.

Ta kontakt, imenovan »suhi« kontakt, omogoča, da 24-voltna izmenična napetost (VAC), ki je znižana iz omrežne napetosti, napaja tuljavo elektromagnetnega releja (EMR), ki nato vklopi bojler ali drug vir toplote. Termostat je popolnoma pasiven in ne potrebuje niti ne dobavlja električne energije. Relé zagotavlja tudi galvansko ločitev med 24 VAC krmilnim



*Slika 1: Na sliki je prikazan klasični 2-žični termostat T-86. (Vir slike: Muzej Cooper-Hewitt)*

krogom termostata in napetostnim vodom, ki napaja ogrevalni sistem. Je preprost, zanesljiv in enostaven za odpravljanje napak.

Ta dolgoletna praksa se je spremenila s prihodom termostatov z digitalnim nastavljanjem želenih vrednosti in prikazom temperature (slika 2, levo). Kmalu so jim sledili pametni termostati z nastavitvami dneva in časa, ki jih je lahko uporabnik sam nadzoroval, nato pa naprave iz področja interneta stvari (IoT), ki so prinesle povezljivost in večjo naprednost (slika 2, desno). Prehod s pasivnih na aktivne termostate je prinesel novo, nepredvideno zahtevo: vir napajanja. Ker ima pasivni termostat starejše vrste le dva žici, ni enostavnega načina za zagotovitev potrebne napetosti.

Ta težava z napajanjem ni značilna le za starejše termostate in sisteme za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo; pojavlja se tudi v varnostnih sistemih, avtomatizaciji stavb, industrijskih krmilnih sistemih, merilnih napravah in povsod, kjer preprosto sklenjeno stikalo pomeni »vklop«.

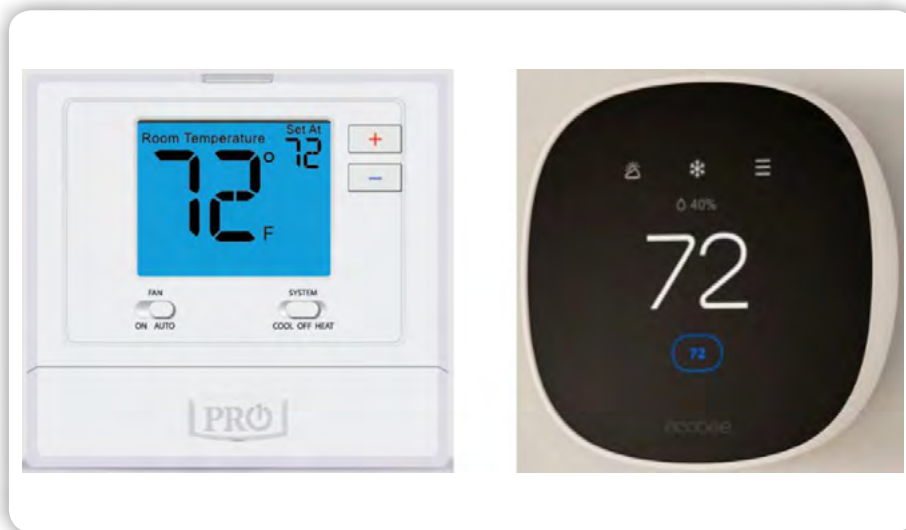
## SSR rešuje dilemo glede baterije in dodatnega kabla

Na srečo obstaja rešitev. CPC1601M [2] (slika 3) je SSR, katerega lastnosti so zasnovane tako, da odpravljajo omejitve dvožilnega sistema.

CPC1601M je neizoliran polprevodniški rele z zaklepom tipa 1-Form-A in nizkim delovnim tokom, vgrajen v miniaturno DFN ohišje velikosti 3 × 3 milimetra (mm) z osmimi kontakti. Integrirano vezje vsebuje vhod SET, ki vklopi rele; izhod RESET, ki ob impulzu rele izklopi; ter vhod TOGGLE, ki rele izmenično vklaplja in izklaplja.

Pomembna inovativna lastnost je, da ima integrirano relejsko vezje CPC1601M dva načina napajanja in da lahko s spremljanjem svojega vhodnega pina HV<sub>CC</sub> potrebno delovno napetost pridobi bodisi iz odprtega tokokroga bodisi iz systemskega napajalnika.

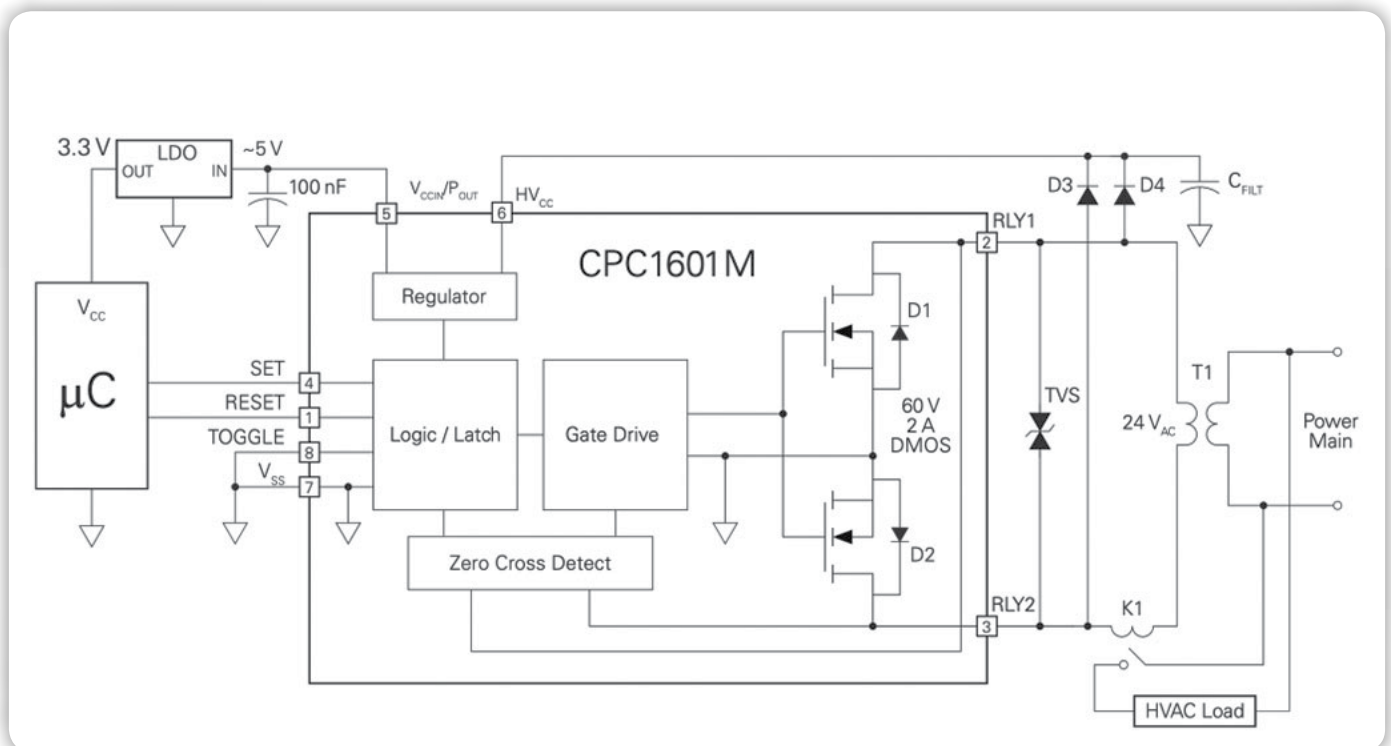
Način delovanja z napajanjem iz obremenitve se uporablja pri viru izmenične napetosti, na primer pri transformatorju z napetostjo 24 VAC na sekundarni strani. Ko obremenitev zagotavlja napajanje, rele ne črpa energije iz omrežnega napajanja, s čimer podaljšuje življenjsko dobo baterije. Rele se občasno odpre, kar mu omogoča, da »pridobiva« energijo iz napetosti obremenitve v odprtem tokokrogu. V večini primerov ta kratka



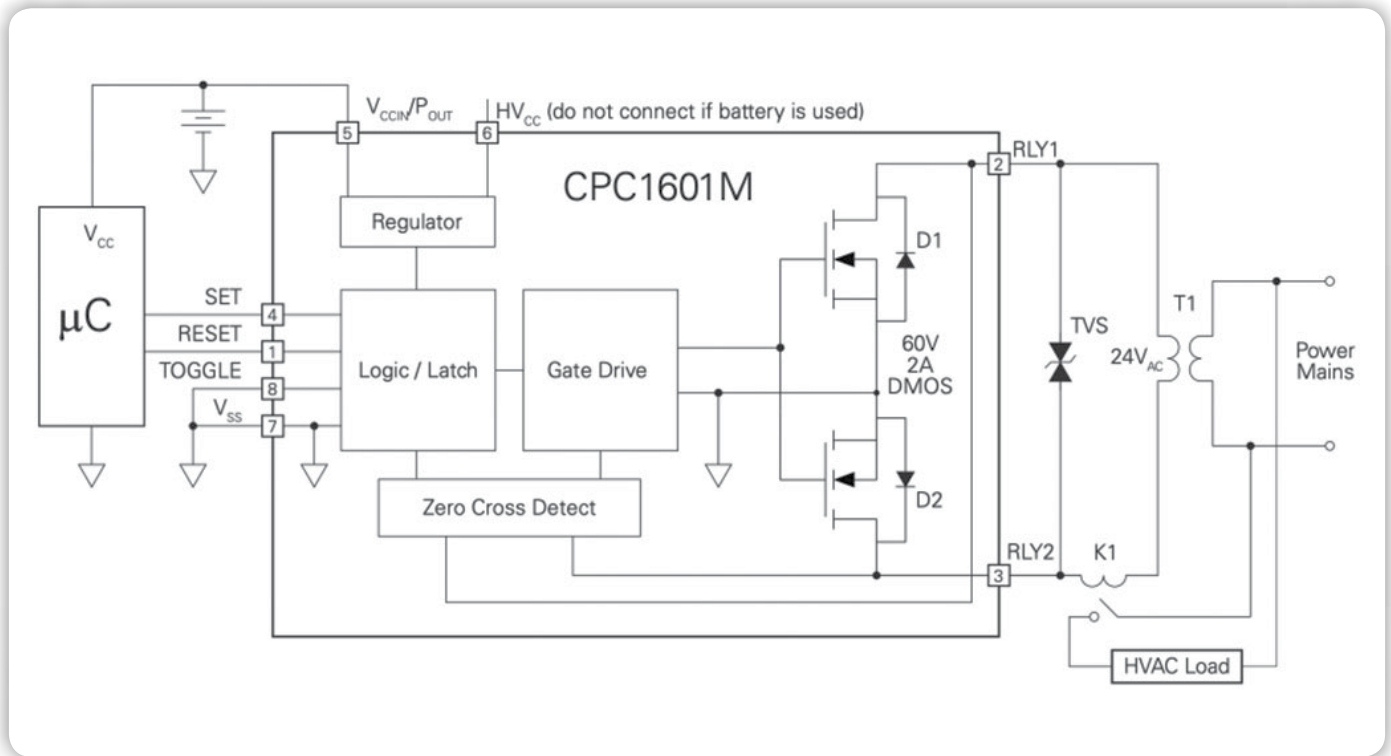
**Slika 2:** Klasični zaprti tokokrog ne more napajati osnovnega digitalnega termostata (levo) ali priključene različice za internet stvari (desno), kar sproža vprašanja o tem, kako napajati te porabnike. (Vir slik: PRO1iaq, Ecobee)

Za rešitev tega problema obstajata dve možnosti napajanja, vsaka pa ima svoje slabosti. Ena je uporaba zamenljive baterije v termostatu, kar je nepraktično tako v stanovanjskih kot v industrijskih okoljih. Druga možnost je napeljava novega, tretjega vodnika za dovajanje 24 VAC napetosti v termostat. Ta vodnik se imenuje »skupni« (C) vodnik.

V mnogih praktičnih primerih, zlasti v stanovanjih, je polaganje novega kablanskega voda od termostata do ogrevalnega sistema zahtevno delo, ki vključuje vlečenje in vijačenje kablov, izrezovanje odprtin v stenah ter vgradnjo protipožarnih zapor v stenske votline.



**Slika 3:** Prikazan je neizoliran polprevodniški rele z zaklepom CPC1601M, tip 1-Form-A, ki ga napaja obremenitev. (Vir slike: Littelfuse)



Slika 4: CPC1601M je mogoče nastaviti tudi za delovanje iz napajalnega vira sistema. (Vir slike: Littelfuse)

prekinitev ne vpliva na delovanje sistema. V načinu napajanja iz obremenitve ni potrebno pomožno napajanje, zato C vodnik termostata ni potreben.

V tipičnem sistemu za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo (HVAC) termostat krmili kontaktor (K1). Kontaktor je običajno visokotokovni elektromagnetni rele, ki krmili obremenitev sistema HVAC. Relé K1 se krmili z vkloppljanjem in izkloppljanjem releja CPC1601M.

Ko je CPC1601M v izklopljenem načinu, se na izhodnih priključkih obremenitve (RLY1 in RLY2) pojavi polna napetost v odprtem tokokrogu iz transformatorja T1. To izmenično napetost usmerjajo notranji DMOS-diodi (D1 in D2) in zunanji diodi (D3 in D4), ki tvorijo polnovalovni usmernik. Usmerjena napetost se nato vodi na filtrski kondenzator (CFILT), ki deluje kot rezervni kondenzator pri delovanju v načinu napajanja z obremenitvijo.

CPC1601M ponuja še eno funkcijo, povezano z napajanjem: zagotavlja izhodno napetost za napajanje povezanega mikrokontrolerja (MCU) in zunanjih vezij. Poleg tega, če je ta izhodna napetost znotraj območja napetostnega razpona MCU, ki ga izbere uporabnik, ločen regulator z majhnim padcem napetosti (LDO) morda ni potreben. Da bi zaščitili izhod stikala pred povratnimi napetostmi prehodnega pojava pri vklopu induktivne obremenitve – kar je v teh aplikacijah pogosta situacija, je med RLY1 in RLY2 nameščena dioda za omejitev prepetosti (TVS).

V načinu delovanja s sistemskim napajanjem (slika 4) se napajanje za CPC1601M črpa iz napajalnika in ne iz obremenitve. V tipični uporabi termostata je vir napajanja baterija. Zaradi izjemno nizke porabe energije je CPC1601M primerna izbira

za aplikacije, v katerih je podaljšanje življenjske dobe baterije ključnega pomena.

V tej konfiguraciji je VCCIN/POUT priključek CPC1601M priključen na sistemsko baterijo, priključek HVCC pa ostane odprt. V tem primeru CPC1601M deluje kot preprost rele z zaklepom, ki ga je mogoče krmiliti s pomočjo signalov SET in RESET ali v načinu TOGGLE.

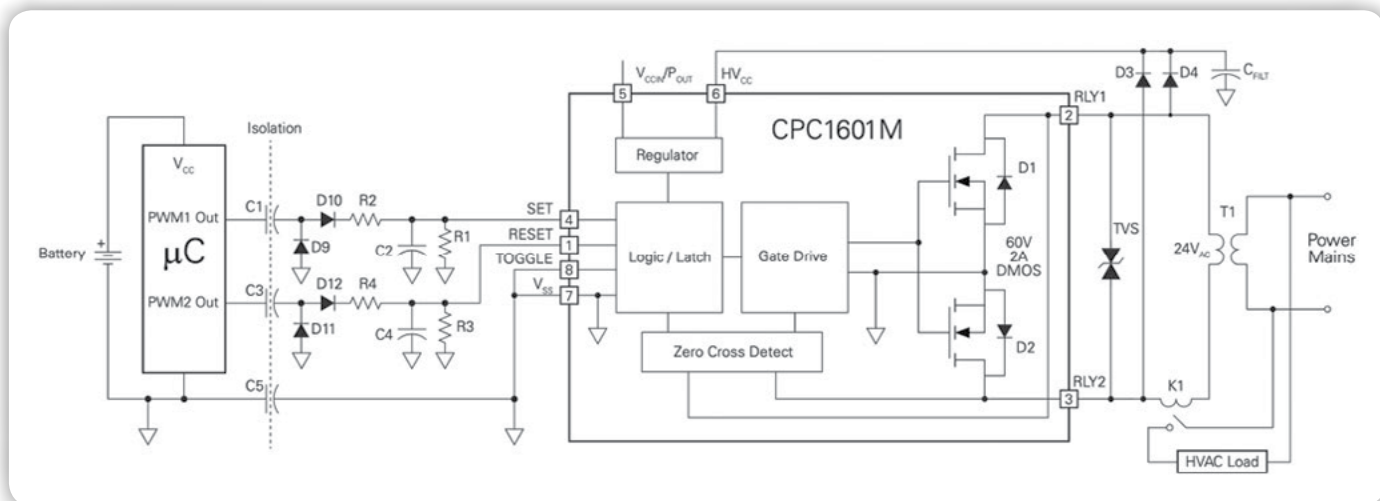
## Kaj pa izolacija?

Čeprav osnovni vezji CPC1601M, ki sta bili doslej prikazani, ne vključujeta galvanse izolacije, je ta včasih potrebna za zagotovitev pravilnega delovanja sistema, na primer v klimatskih sistemih z dvojnimi transformatorjem, kjer so povratne veje transformatorjev ločene in med seboj izolirane. Obstaja veliko načinov za izvedbo izolacije, vsak pa ima svoje prednosti in slabosti.

Izolacijo je s pomočjo CPC1601M mogoče enostavno in stroškovno učinkovito izvesti s preprostim kapacitivno sklopljenim signalom s širinsko modulacijo impulzov (PWM) (slika 5). Sistemski mikrokontroler (MCU) generira več ciklov PWM signala, ki je kapacitivno sklopljen prek izolacijskega kondenzatorja (C1). Ta PWM signal, običajno s frekvenco 200 kilohercov (kHz) in pravokotno obliko s 50-odstotnim delovnim ciklom, se filtrira z R2 in C2. To ustvari enosmerno napetost, ki sproži vhod SET na CPC1601M.

## Oglejte si ključne električne specifikacije

Čeprav je pomembno zagotoviti učinkovito delovanje, mora



**Slika 5:** Galvansko ločitev je mogoče doseči z vgradnjo kondenzatorja in nekaj pasivnih komponent v vezje CPC1601M. (Vir slike: Littelfuse)

delujoča naprava zagotavlja tudi napetost, tok ter druge nazivne vrednosti in lastnosti, ki jih zahteva sistem. V ta namen ima CPC1601M naslednje značilnosti:

- Napajalna napetost od 3 do 5,5 voltov
- Manj kot 1 mikroamper ( $\mu\text{A}$ ) porabe v stanju pripravljenosti, napajane iz omrežja
- Nizka tipična upornost v stanju »vklopljeno« znaša 308 miliohmov ( $m\Omega$ )
- TTL/CMOS združljivi logični vhodi
- Dvosmerna kontakta RLY1 in RLY2, povezana z obremenitvijo, ki se lahko uporabljata za delovanje z izmenično ali enosmerno napetostjo z najvišjo napetostjo 60 voltov ( $V_{\text{peak}}$ )
- Kontakta RLY1 in RLY2, ki podpirata neprekinjeno obremenitev 2 A, izmeničnega ali enosmernega toka
- Napajalni priključek z zajemanjem obremenitve za napajanje zunanjih vezij z močjo do 10 milivatov ( $m\text{W}$ )
- Čas vklopa po impulzu SET ali TOGGLE znaša največ 1 mikrosekundo ( $\mu\text{s}$ ); ustrezen čas izklopa po impulzu RESET ali TOGGLE prav tako znaša največ 1  $\mu\text{s}$
- Zmanjšane elektromagnetne motnje (EMI) zaradi preklopa

- pri prehodu skozi ničlo v načinu napajanja iz obremenitve
- Tiho delovanje, saj ni klicanja elektromagnetnega releja

## Zaključek

Posodobitev sistemov za zapiranje stikal s suhimi kontakti, kakršni se uporabljajo v tradicionalnih krmilnih vezjih s pasivnimi termostati, da bi zdaj aktivnim termostatom zagotovili napajanje prek lokalne baterije ali tretjega vodnika, je v teoriji preprosta, v praksi pa zahtevna. SSR, kot je Littelfuse CPC1601M, rešuje te težave in ponuja druge koristne funkcije, ki izboljšujejo zmogljivost in zanesljivost sistema.

### Viri:

- 1: <https://www.digikey.com/en/supplier-centers/littelfuse>
- 2: <https://www.digikey.com/en/product-highlights/ixys-integrated-circuits/cpc1601m-series-1-form-a-latching-relay>



<https://www.digikey.com>



# POSEBNA PONUDBA

Ob nakupu knjige vam pripada

BREZPLAČNA  
POŠTNINA

<https://trgovina.svet-el.si/>



# Gradnja napajalnikov s komponentami podjetja Diotec

Transfer Multisort Elektronik Sp. z o.o.

*Specializirane diode, tranzistorji in stabilizatorji.*

Pravilno izbrane komponente olajšajo gradnjo sodobnih, energijsko učinkovitih napajalnikov. Vendar pa bodo za maksimalno optimizacijo delovanja naprave potrebni elementi, zasnovani in izdelani z mislijo na takšne aplikacije. Takšne rešitve ponuja Diotec Semiconductor.

V članku predstavljamo pregled izdelkov znamke Diotec, ki so na voljo v ponudbi TME. Pripravljen je bil predvsem z mislijo na napajalne tokokroge in z njimi povezane funkcionalnosti (korekcija faktorja moči, generiranje impulzov, prenapetostna zaščita itd.). Rešitve proizvajalca omogočajo izdelavo naprav, ki se odlikujejo po visoki učinkovitosti, izpolnjujejo nenehno naraščajoče zahteve sodobnega trga energije in napajanja.

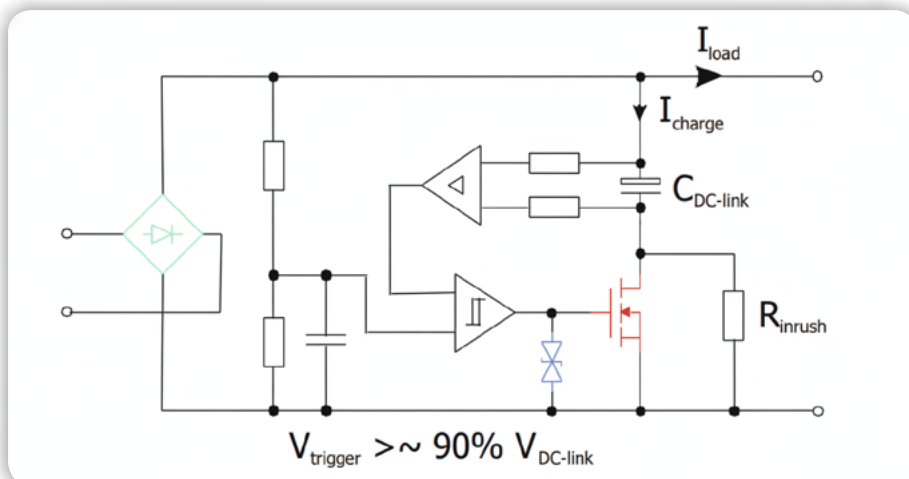
**V tem članku obravnavamo naslednje teme:**

- Omejevanje zagonskega toka
- Pretvorba vhodne napetosti iz omrežne instalacije
- Različne vrste in uporabe usmerniških diod
- Druge vrste diod, uporabljenih v zaščitnih tokokrogih
- Nastavljivi in nenastavljivi stabilizatorji napetosti
- MOSFET tranzistorji, prilagojeni za uporabo v napajalnikih
- IGBT in bipolarne komponente
- Aktivno omejevanje zagonskega toka

Slika 1 prikazuje preprost, a hkrati energetsko učinkovit način omejevanja zagonskega toka v stikalnem napajalniku. Po vklopu omrežne napetosti upor omeji zagonski tok na vrednost, primerno za vhodni mostiček in kondenzator v DC tokokrogu. Ko napetost kondenzatorja doseže približno 90% DC napetosti v tokokrogu, Schmittov prožilnik vklopi MOSFET tranzistor (DC napetost je naložena na AC komponento, projekt mora upoštevati ta nihanja).

Vklopljen MOSFET kratko sklene upor, kar bistveno zmanjša izgube moči. Izhod Schmittovega prožilnika mora biti sposoben zagotoviti potreben tok za polnjenje MOSFET vrat, medtem ko TVS dioda ščiti vrata pred prekomerno napetostjo.

V primeru izpada omrežne napetosti in padca napetosti kondenzatorja pod 90% minimalne DC napetosti se MOSFET prav tako izklopi. Ko se napajanje vrne, upor ponovno omeji zagonski tok. Tako je predstavljeni sistem varnejši od preproste omejevanja zagonskega toka s termistorjem NTC, ki lahko potrebuje celo nekaj minut, da se ohladi in ponovno doseže visoko upornost.



**Slika 1: Shema tokokroga, ki samodejno omejuje zagonski tok v napajalnem tokokrogu.**

Spodaj predstavljamo pregled ponudbe Diotec, v kateri so vsi osnovni polprevodniki, uporabljeni v tem vzorčnem tokokrogu.

## Usmerniški mostički

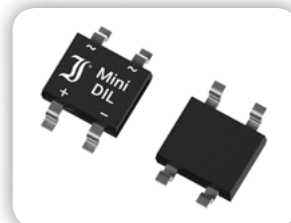
Pri gradnji napajalnikov, priključenih neposredno na omrežje, so pomembni parametri usmerniških mostičkov učinkovitost in sposobnost ohranjanja nizke temperature tudi pri znatni obremenitvi. V ponudbi Diotec Semiconductor so na voljo SMD in THT komponente, prilagojene za eno- in trifazne vhode.

**Enofazni SMT mostički**

**Enofazni THT mostički**

**Trifazni mostički**

- Največja povratna napetost celo 3kV;
- nazivni tok do 50A (450A v impulzu);
- na voljo v ohišjih, prilagojenih za montažo na hladilno telo;
- različice v standardnih formatih za klasično in površinsko montažo.



## Usmerniške diode

V ponudbo usmerniških diod Diotec spadajo tako univerzalne komponente kot tudi specializirani izdelki s posebnimi lastnostmi. Primer slednjih so diode, odporne na avalanšni preboj, ki se uporabljajo v visokofrekvenčnih tokokrogih, izpostavljenih motnjam iz napajalne linije. V napajalnikih se uporabljajo pri dovajanju energije do PWM krmilnika ali tranzistorjev stikalnega pretvornika (bootstrap). Diotec proizvaja tudi superhitre diode, namenjene tokokrogom za korekcijo faktorja moči (PFC, Power Factor Correction).

### Usmerniške diode

### Schottky diode

### Kontrola avalančnega preboja

### Superhitro preklapljanje

- Usmerniške diode z nazivnim tokom celo 80A/300A (1,45kA v impulzu);
- toleranca povratne napetosti do 24kV;
- na voljo modeli THT in SMD, pa tudi priključeni z vijaki;
- posebne različice za avtomobilsko industrijo;
- različice z dvojnimi strukturami (vključno s serijskimi);
- nizki slepi tokovi (celo 0,1μA).

## Druge diode

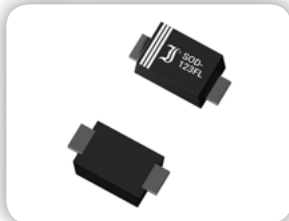
Tu je treba omeniti tudi posebne diode, uporabljene v različnih vrstah napajalnikov, predvsem v zaščitnih tokokrogih. Gre za TVS diode, torej prenapetostne, ki služijo ozemljitvi velikih impulzov. Druga specializirana vrsta so elementi tipa CRD (Current Regulator Diode), ki omogočajo doseganje natančno določenega toka, npr. za napajanje LED indikatorjev, pa tudi kompleksnih polprevodniških sistemov (mikrokontrolerjev), krmilnikov polnjenja akumulatorjev itd.

### TVS prenapetostne diode

### CRD diode

### Zenerjeve diode SMD

### Zenerjeve diode THT



- V ponudbi Diotec Zenerjeve diode so na voljo v širokem razponu parametrov in formatov;
- Zenerjeva napetost od 0,71V do 200V;
- deklarirana moč od 0,2W do 5W;
- različice SMD in THT, enojne in dvojne;
- na voljo različice z izboljšano natančnostjo ( $\pm 2\%$ );
- modeli certificirani za avtomobilске aplikacije.



## Stabilizatorji napetosti

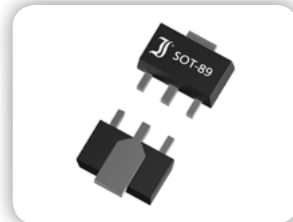
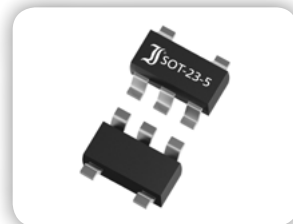
Ponudba znamke Diotec ne vključuje le diod – proizvajalec izdeluje tudi širok izbor komplementarnih polprevodniških vezij, kot so stabilizatorji napetosti. Na voljo so nenastavljive različice (z določenim izhodnim napetostjo) in nastavljive (linearne, nastavljive s priključitvijo posameznih komponent). Pomemben del ponudbe so LDO stabilizatorji, torej Low Dropout, ki ohranjajo stabilno izhodno napetost tudi takrat, ko je vhodna napetost le nekoliko višja od izhodne.

### Linearni nenastavljivi

### Linearni nastavljivi

### LDO stabilizatorji

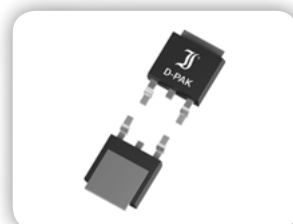
- Stabilizatorji z izhodno napetostjo od -24V do 24V DC in tokovno zmogljivostjo do 3A;
- razpon vhodnih napetosti od -27V do 60V DC (spekter podan za celotno ponudbo);
- izbira klasičnih formatov THT (TO92) in SMT (SOT23);
- minimiziran padec napetosti (celo 20mV);
- široki razponi delovne temperature (npr. -55...150°C).



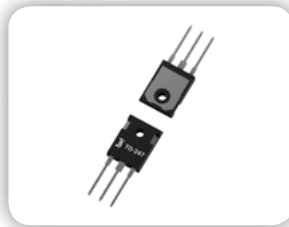
## MOSFET tranzistorji

Seveda v portfelju Diotec ne smejo manjkati MOSFET tranzistorji, prilagojeni za uporabo v stikalnih napajalnikih. Najpomembnejše lastnosti teh komponent so:

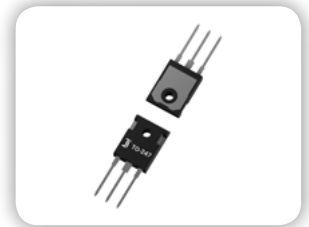
- različice z N ali P kanalom ter večkanalne;
- delovanje z napetostmi ponor-vir do 1,7kV in tokom ponora do 374A;
- deklarirana moč do 750W;



- različice, izdelane v tehnologiji karbida silicija (SiC), posebej zaščitene pred elektrostatičnimi praznjenji, prilagojene za aplikacije v avtomobilski industriji.



- na voljo komponente v ohišjih THT in SMT.



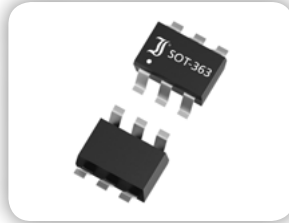
**Bipolarni tranzistorji**

**IGBT tranzistorji**

**MOSFET SMD**

**MOSFET THT**

**Večkanalni MOSFET**



**Vir:**

- <https://www.tme.eu/si/sl/news/about-product/page/75870/izgradnja-napajalnikov-s-komponentami-diotec/>

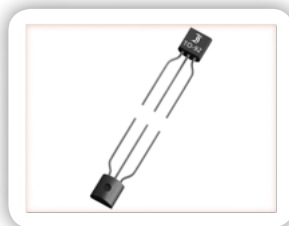
<https://www.tme.eu>




## Ostali tranzistorji

Diotec ponuja tudi druge tranzistorje, uporabljene v napajalnikih in pretvornikih, predvsem bipolarni in IGBT. Splošni opis karakteristike teh elementov vključuje:

- napetosti kolektor-emitor do 700V AC za bipolarni tranzistorje in 1,35kV za IGBT;
- delovna frekvenca dosega do 600MHz (bipolarni) in čas vklopa je skrajšan do 13,5ns, izklopa pa do 130ns (IGBT);
- kolektorski tok v primeru IGBT dosega 100A;



 Tehniška založba Slovenije

# VELIKA ODPRODAJA KNJIG

Izkoristi priložnost in si izberi svojo knjigo po top ceni. Zaloge so omejene, zato pohiti!



Odkrijte ponudbo knjig na [www.tzs.si](http://www.tzs.si) ter na tel: 01 479 02 24

MODRA ŠTEVILKA  
080 17 90

# Uvod v FPGA integrirana vezja

Avtor: Klemen Bravhar  
email: bravhar.klemen@gmail.com

*Sodobni trg polprevodniških komponent ponuja širok spekter integriranih vezij, namenjenih realizaciji analognih, digitalnih ter mešanih (angl. mixed-signal) elektronskih sistemov.*

Tehnološki napredek na področju mikro- in nanoelektronike je omogočil visoko stopnjo integracije, povečanje zmogljivosti ter zmanjšanje porabe energije in fizičnih dimenzij vezij. Posledično lahko sodobna integrirana vezja združujejo več funkcionalnih sklopov na enem integriranemu vezju, vključno z obdelavo signalov, krmilnimi enotami, komunikacijskimi vmesniki in napajalnimi moduli. Takšna stopnja integracije predstavlja temelj razvoja naprednih elektronskih sistemov v industriji, telekomunikacijah, avtomobilski elektroniki, medicinski tehnologiji ter mnogih drugih področjih.

Integrirana vezja imajo fiksno strukturo, ki je določena že v fazi načrtovanja in proizvodnje. To še posebej velja za analogna vezja, kjer je vsaka komponenta natančno prilagojena za opravljanje določene naloge. Posledično je njihova funkcionalnost omejena na specifičen namen, za katerega so bila zasnovana. Nekateri tipi digitalnih integriranih vezij pa so zasnovani z večjo stopnjo prilagodljivosti. Takšna vezja, kot so na primer programirljiva logična vezja (PLD angl.: Programmable Logic Devices) ali programirljiva polprevodniška polja (FPGA angl.: Field Programmable Gate Arrays), omogočajo uporabniku, da po potrebi prilagodi njihovo funkcionalnost glede na specifično aplikacijo, ki jo podpirajo. To jih naredi izjemno uporabne v situacijah, kjer so zahteve aplikacije spremenljive ali še niso dokončno določene.

FPGA vezja uporabniku omogočajo konfiguracijo notranje logične strukture po izdelavi čipa. Z uporabo strojnih opisnih jezikov (angl. Hardware Description Languages – HDL), kot sta VHDL ali Verilog, je mogoče definirati željeno logično funkcionalnost ter medsebojne povezave med logičnimi gradniki znotraj vezja. Na ta način FPGA ne predstavlja zgolj naprave za izvajanje programske kode, temveč omogoča realizacijo prilagojene digitalne arhitekture, ki deluje paralelno in je optimizirana za specifično aplikacijo.

## Struktura FPGA vezja

Pomembna prednost FPGA vezij je možnost ponovne konfiguracije implementirane logične strukture brez kakršnih koli škodljivih posledic za samo vezje. Logično funkcionalnost je mogoče kadar koli spremeniti z nalaganjem nove konfiguracije, kar omogoča visoko stopnjo prilagodljivosti in skrajšuje razvojni cikel sistema.

Omenjena lastnost temelji na uporabi pomnilniških tehnologij, saj shranjeno stanje v posameznih pomnilniških celicah določa funkcionalnost notranjih logičnih blokov ter medsebojnih povezav. Te pomnilniške elemente v FPGA vezjih imenujemo konfiguracionjski pomnilnik.

Na trgu sta trenutno uveljavljeni predvsem dve tehnologiji kon-

figuracijskega pomnilnika: statični pomnilnik SRAM ter Flash pomnilnik. Večina sodobnih FPGA vezij temelji na SRAM celicah, ki omogočajo hitro rekonfiguracijo in visoko zmogljivost, vendar zahtevajo ponovno nalaganje konfiguracije ob vsakem vklopu napajanja. FPGA vezja na osnovi Flash tehnologij ob ponovnem zagonu ne potrebujejo nalaganje konfiguracije, saj je konfiguracija že shranjena v lokalnem konfiguracionjskem pomnilniku. Toda so zaradi svojih lastnosti (počasnega nalaganja) manj prisotni na trgu v primerjavi z FPGA vezji na osnovi SRAM celic.

Če se podrobneje posvetimo arhitekturi FPGA, ugotovimo, da so ta vezja sestavljena iz več medsebojno povezanih gradnikov, ki omogočajo realizacijo kompleksnih digitalnih sistemov. Med ključne komponente sodijo kombinacijska logična vezja (implementirana z uporabo iskalnih tabel – LUT), sekvenčna vezja (obliki D-flip-flop celic), pomnilniški bloki (Block RAM), namenske digitalne procesne enote (npr. DSP bloki) ter številni drugi specializirani gradniki.

Vse omenjene komponente so med seboj povezane preko programabilnih povezovalnih matrik, ki omogočajo prilagodljivo usmerjanje signalov znotraj vezja. Funkcionalnost posameznih gradnikov ter njihova medsebojna povezljivost sta določeni s konfiguracionjskim pomnilnikom, ki definira logične funkcije in topologijo povezav v FPGA strukturi.

Kombinacija LUT (logičnih) vrat in sekvenčnih vezij predstavlja osnovo za implementacijo digitalnih sistemov. LUT-i omogočajo realizacijo kombinacijskih logičnih funkcij, medtem ko sekvenčna vezja z uporabo pomnilnih elementov omogočajo shranjevanje trenutnega stanja sistema. Na ta način je mogoče opisati in realizirati tudi časovno odvisno delovanje logičnih funkcij, kar je bistveno pri načrtovanju sodobnih digitalnih vezij.

V nadaljnjih člankih se bomo osredotočili predvsem na realizacijo kombinacijskih logičnih funkcij in sekvenčnih vezij, saj ti predstavljata osnovna gradnika vsake digitalne arhitekture znotraj FPGA.

## Uporaba FPGA vezji

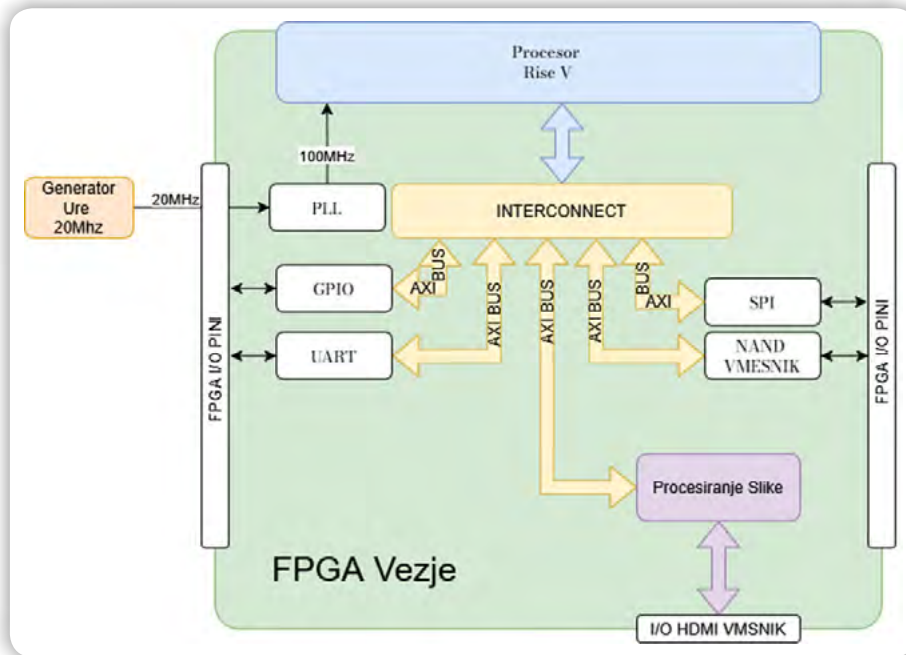
Kot je bilo že omenjeno v uvodu, se FPGA vezja uporabljajo v številnih industrijskih področjih, kjer omogočajo zajem podatkov iz okolja, njihovo obdelavo ter posredovanje obdelanih podatkov drugim sistemskim enotam. Zaradi fleksibilne vhodno-izhodne (I/O) infrastrukture je na FPGA mogoče priključiti različne senzorje in druga integrirana vezja, kar omogoča visoko stopnjo prilagodljivosti pri načrtovanju elektronskih sistemov.

Poleg tega je v FPGA mogoče implementirati tudi kompleksne

## Primerjava FPGA proti mikrokontrolerju

FPGA ne smemo enačiti z mikrokontrolerjem, saj se njuno delovanje, arhitekturna zasnova ter sam pristop k načrtovanju in integraciji aplikacij bistveno razlikujejo. Mikrokontroler temelji na fiksni procesorski arhitekturi, ki izvaja programsko kodo zaporedno, medtem ko FPGA omogoča implementacijo prilagodljive strojne logike, kjer se funkcionalnost definira na ravni digitalnih vezij.

Posledično se razlikuje tudi način razmišljanja pri razvoju sistema. Pri mikrokontrolerju razvijalec razmišlja predvsem v smislu zaporednega izvajanja programske kode in upravljanja perifernih enot, medtem ko je pri FPGA pristop usmerjen v načrtovanje paralelnih strojnih struktur, časovno analizo, razporeditev virov ter optimizacijo podatkovnih poti.



Slika 1: Primer uporabe FPGA vezja

procesorske arhitekture, kot je odprtokodna arhitektura RISC-V. Takšne implementacije običajno realiziramo kot t. i. mehka procesorska jedra (soft-core procesorje), katerih arhitektura je opisana v jeziku za opis strojne opreme (HDL) in sintetizirana v programabilno logiko.

Glavna omejitev takšnih rešitev je, da praviloma delujejo pri nižjih delovnih frekvencah v primerjavi z namensko izdelanimi integriranimi vezji tipa ASIC (Application-Specific Integrated Circuit), ki imajo fiksno, vnaprej določeno strukturo in so optimizirana za specifično aplikacijo. Pri ASIC rešitvah ima uporabnik na voljo vnaprej definiran nabor perifernih enot, arhitekturnih značilnosti in komunikacijskih vmesnikov, pri čemer dodatne prilagoditve po izdelavi vezja niso več mogoče.

Nasprotno pa implementacija procesorske arhitekture v FPGA omogoča visoko stopnjo prilagodljivosti, saj lahko uporabnik arhitekturo procesorja, nabor perifernih enot, širino podatkovnih poti, velikost predpomnilnikov ter druge sistemske komponente prilagodi specifičnim zahtevam aplikacije. Takšen pristop omogoča optimizacijo sistema z vidika porabe virov, zmogljivosti in energetske učinkovitosti.

## Sodelovanje FPGA vezja in procesorja

Pomembno je tudi sodelovanje med FPGA vezjem in procesorjem, saj lahko njuna kombinacija bistveno izboljša zmogljivost sistema. FPGA zaradi svoje prilagodljive arhitekture omogoča učinkovito zajemanje in predobdelavo podatkov iz okolice v realnem času, medtem ko procesor izvaja kompleksnejše algoritme in nadzor nad sistemom. Medsebojna komunikacija med obema integriranimi vezjema običajno poteka preko hitrih podatkovnih vodil, kot je sodobno vodilo PCI Express.

Sodobna FPGA vezja omogočajo implementacijo kompleksnih mikroelektronskih arhitektur, pri katerih sta v istem ohišju integriranega vezja združena prilagodljiva FPGA logika in zmogljiv procesorski podsistem. Takšna integracija omogoča tesno sodelovanje med programirljivo logiko in splošnonamenskim

Lastnost	FPGA (Field-Programmable Gate Array)	Mikrokontroler
Arhitektura	Programirljiva logična struktura, sestavljena iz logičnih blokov, povezovalne mreže in pomnilnih elementov	Fiksna arhitektura z integriranim procesorskim jedrom, pomnilnikom in perifernimi enotami
Način izvajanja	Paralelno izvajanje operacij v strojni logiki	Sekvenčno izvajanje ukazov na procesorskem jedru
Programiranje	Opis strojne opreme z jeziki, kot sta VHDL ali Verilog	Programska koda v jezikih, kot sta C ali C++
Prilagodljivost	Zelo visoka – možno je prilagoditi celotno digitalno arhitekturo	Omejena na funkcionalnosti vgrajenega procesorja in perifernih modulov
Hitrost obdelave	Zelo visoka pri paralelnih in časovno kritičnih nalogah	Omejena s frekvenco procesorja in sekvenčnim izvajanjem
Latenca	Zelo nizka, ker operacije potekajo neposredno v strojni logiki	Višja zaradi zaporednega izvajanja ukazov
Poraba energije	Lahko višja, odvisno od implementacije in kompleksnosti logike	Običajno nižja pri enostavnih nalogah
Razvojna zahtevnost	Višja – zahteva razumevanje digitalnega načrtovanja	Nižja – podobno klasičnemu programiranju
Tipične aplikacije	Visokohitrostna obdelava signalov, komunikacijski sistemi, pospeševanje algoritmov	Vgrajeni sistemi, krmiljenje naprav, IoT aplikacije

procesorjem, kar bistveno poveča fleksibilnost in zmogljivost sistema. FPGA del sistema je primeren predvsem za izvajanje časovno kritičnih operacij, paralelno obdelavo podatkov ter neposredno povezovanje z zunanji napravami, medtem ko procesorski del omogoča izvajanje kompleksnejših algoritmov, nadzor nad sistemom ter upravljanje komunikacijskih protokolov. Kombinacija obeh pristopov omogoča učinkovito razdelitev nalog med strojno in programsko implementacijo, kar vodi do večje učinkovitosti, nižje latence ter boljše prilagodljivosti celotnega sistema glede na zahteve aplikacije.

## FPGA razvojno okolje

Razvoj aplikacij za FPGA vezja predstavlja zahteven in večstopenski proces. Ta vključuje načrtovanje električne sheme, razvoj tiskanega vezja (PCB) ter končno integracijo FPGA vezja s procesorskim sistemom. Ker je celoten razvojni proces precej kompleksen, se bomo v tem članku osredotočili predvsem na kratek pregled razvoja RTL aplikacije za FPGA vezja. V nadaljnji seriji člankov se bomo podrobneje obravnavali tudi druge faze razvoja, vključno z načrtovanjem strojne opreme, integracijo sistema ter optimizacijo delovanja FPGA vezja.

Pri razvoju digitalnih vezij se pogosto uporablja modeliranje na ravni prenosa registrov, znano kot Register-Transfer Level (RTL). RTL predstavlja nivo abstrakcije, pri katerem je digitalni sistem opisan kot skupek registrov, med katerimi se podatki prenašajo preko kombinacijskih logičnih funkcij. Registri predstavljajo pomnilne elemente, ki shranjujejo stanje sistema in so običajno sinhronizirani s taktim signalom. Kombinacijska logika pa določa, kako se vhodni podatki obdelujejo in kako se izračunani rezultati prenesejo v naslednje stanje sistema.

Prvi korak pri razvoju vgrajenega sistema z FPGA vezjem je temeljita raziskava razpoložljivih možnosti na trgu. Ker trg trenutno ponuja veliko različnih FPGA vezij — od preprostih, cenovno dostopnih različic, do zmogljivih in specializiranih čipov za zahtevnejše aplikacije — je ključno, da izberemo tisto vezje, ki najbolje ustreza zahtevam naše specifične aplikacije. Pri tem moramo upoštevati več dejavnikov: zahtevano procesorsko zmogljivost, število logičnih elementov, porabo električne energije, razpoložljive vhodno-izhodne priključke ter seveda ceno.

Cenovni razpon FPGA vezij je izjemno širok — od nekaj deset evrov za enostavnejše čipe, namenjene prototipiranju in učenju, pa vse do nekaj tisoč evrov za visoko zmogljiva vezja, ki se uporabljajo v telekomunikacijah, obrambi in industriji. Skrbna analiza teh parametrov nam omogoča, da vgrajeni sistem optimiziramo tako po porabi električne energije, kot po skupnih stroških razvoja in proizvodnje. Napačna izbira FPGA vezja v tej fazi lahko namreč povzroči visoke stroške preoblikovanja sistema v kasnejših fazah razvoja, zato se tej začetni raziskavi splača posvetiti dovolj časa in pozornosti.

Naslednji korak razvoja RTL aplikacije je potrebno razmisliti, kateri strojni opisni jezik (hardware description language – HDL) je najprimernejši za razvoj. Danes poznamo tudi pristope na višjem nivoju abstrakcije, znane kot sinteza na visoki ravni (High-Level Synthesis – HLS). Med takšna orodja sodijo na primer MATLAB HDL Coder, SystemC in NI LabVIEW, ki omogočajo

opis funkcionalnosti sistema na višjem nivoju ter samodejno generiranje RTL kode.

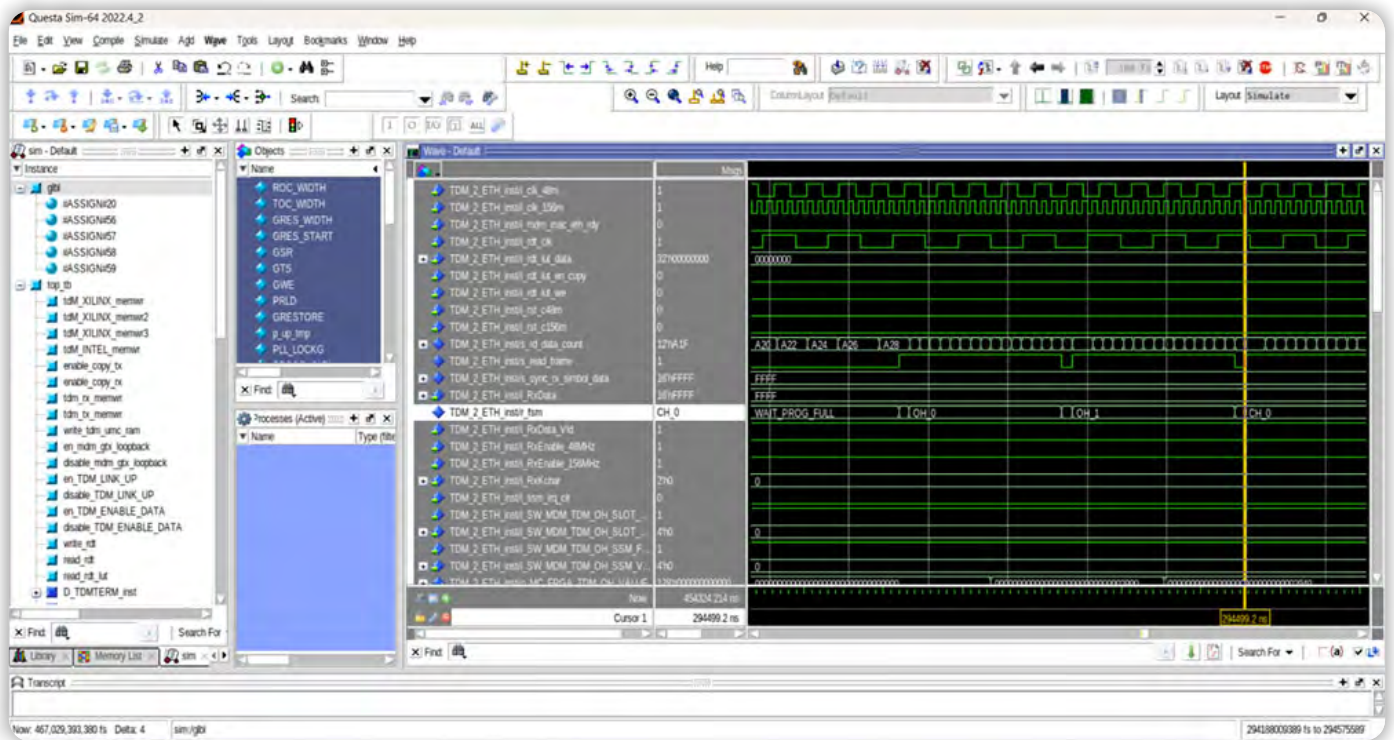
Na drugi strani poznamo tudi klasične HDL jezike nižjega nivoja abstrakcije, kot so Verilog, SystemVerilog in VHDL. Njihova glavna prednost je, da omogočajo natančnejši opis digitalnega vezja na nivoju logičnih funkcij in sekvenčnih elementov, kar razvijalcu omogoča večji nadzor nad končno arhitekturo in časovnim obnašanjem vezja. V primerjavi s pristopi HLS, kjer je opis pogosto podan na nivoju funkcionalnih blokov ali algoritmov, klasični HDL jeziki omogočajo bolj neposredno načrtovanje digitalne logike.

Takšen pristop omogoča jasno ločevanje med sekvenčnim delom vezja (registri in stanje sistema) ter kombinacijskim delom (logične operacije nad podatki). RTL opis zato predstavlja pomemben vmesni nivo med visokim algoritmičnim opisom sistema in končno implementacijo na nivoju logičnih vrat, ki jo generirajo sintezna orodja. Zaradi svoje preglednosti, determinističnega časovnega obnašanja in dobre podpore v razvojnih orodjih je RTL modeliranje danes eden ključnih pristopov pri razvoju digitalnih sistemov na FPGA vezjih.

Z vidika prilagodljivosti in nadzora nad implementacijo so zato HDL jeziki v številnih primerih še vedno zelo uporabni, predvsem pri razvoju časovno kritičnih ali visoko optimiziranih digitalnih sistemov. V nadaljevanju te serije člankov bomo za razvoj RTL aplikacij uporabljali strojni opisni jezik VHDL.

Ko izberemo ustrezen tip FPGA vezja in HDL jezik, s katerim bomo razvijali predvideno aplikacijo, lahko pričnemo s podrobnim načrtovanjem funkcionalnosti. Ta faza se pogosto začne s klasičnim pristopom — s svinčnikom in papirjem — s pomočjo katerega na abstraktnem nivoju narišemo blokovni diagram naše aplikacije. Ta diagram prikazuje glavne funkcionalne bloke sistema ter povezave in tokove podatkov med njimi, kar nam omogoča jasen pregled nad celotno arhitekturo še preden začnemo s pisanjem kode.

Ko je abstraktna zasnova sistema dovolj dorečena, jo preneseemo v HDL jezik. Opis digitalnega vezja zapišemo v ustreznem urejevalniku besedila, kot so Notepad++, Visual Studio Code ali vgrajeni urejevalnik, ki je del razvojnega orodja proizvajalca FPGA vezja (npr. Vivado pri podjetju Xilinx oziroma AMD, ali Quartus Prime pri podjetju Intel oziroma Altera). Vsak od teh urejevalnikov ima svoje prednosti — specializirani vgrajeni urejevalniki na primer pogosto ponujajo samodejno dopolnjevanje sintakse, označevanje napak in neposredno integracijo s simulacijskimi ter sintetizacijskimi orodji, medtem ko splošni urejevalniki, kot je Visual Studio Code, z ustreznimi razširitvami omogočajo prijetnejše in bolj prilagodljivo razvojno okolje. Ko opišemo vezje v izbranem HDL jeziku, je naslednji ključni korak funkcionalna simulacija. S tem korakom preverimo in potrdimo, da je RTL opis, zapisan v izbranem jeziku (npr. VHDL ali Verilog), pravilno zasnovan ter da vse integrirane funkcionalnosti izpolnjujejo zahteve vgrajenega sistema, ki ga razvijamo. Simulacija se izvede na podlagi testnih okolij, imenovanih testbench, ki generirajo vhodne signale in preverjajo ustreznost izhodnih signalov glede na pričakovano obnašanje vezja. Omenjeni testbench-i so v večini primerov prav tako razviti v



Slika 2: Primer simulacijskega okolja

jezikih VHDL ali Verilog, saj to omogoča enotno razvojno okolje in lažjo integracijo v obstoječ projekt.

Za izvedbo simulacije lahko uporabimo različna orodja. Med odprtokodnimi simulatorji sta najbolj razširjena GHDL, namenjen simulaciji vezij, opisanih v jeziku VHDL, ter Verilator, ki je optimiziran za jezik. Ti orodja sta priljubljena zlasti med hobisti in v akademskem okolju, saj sta brezplačni in dobro dokumentirani. Poleg odprtokodnih rešitev na trgu obstajajo tudi komercialni simulatorji, kot sta ModelSim in QuestaSim podjetja Siemens EDA, ki ponujajo naprednejše zmogljivosti za razhroščevanje in analizo signalov ter so pogosto izbira v profesionalnem in industrijskem okolju. Številna razvojna okolja proizvajalcev FPGA vezij, kot je Xilinx Vivado vključujejo lastne simulatorje, kar poenostavi razvojni proces, saj ni potrebe po namestitvi ločenih orodij.

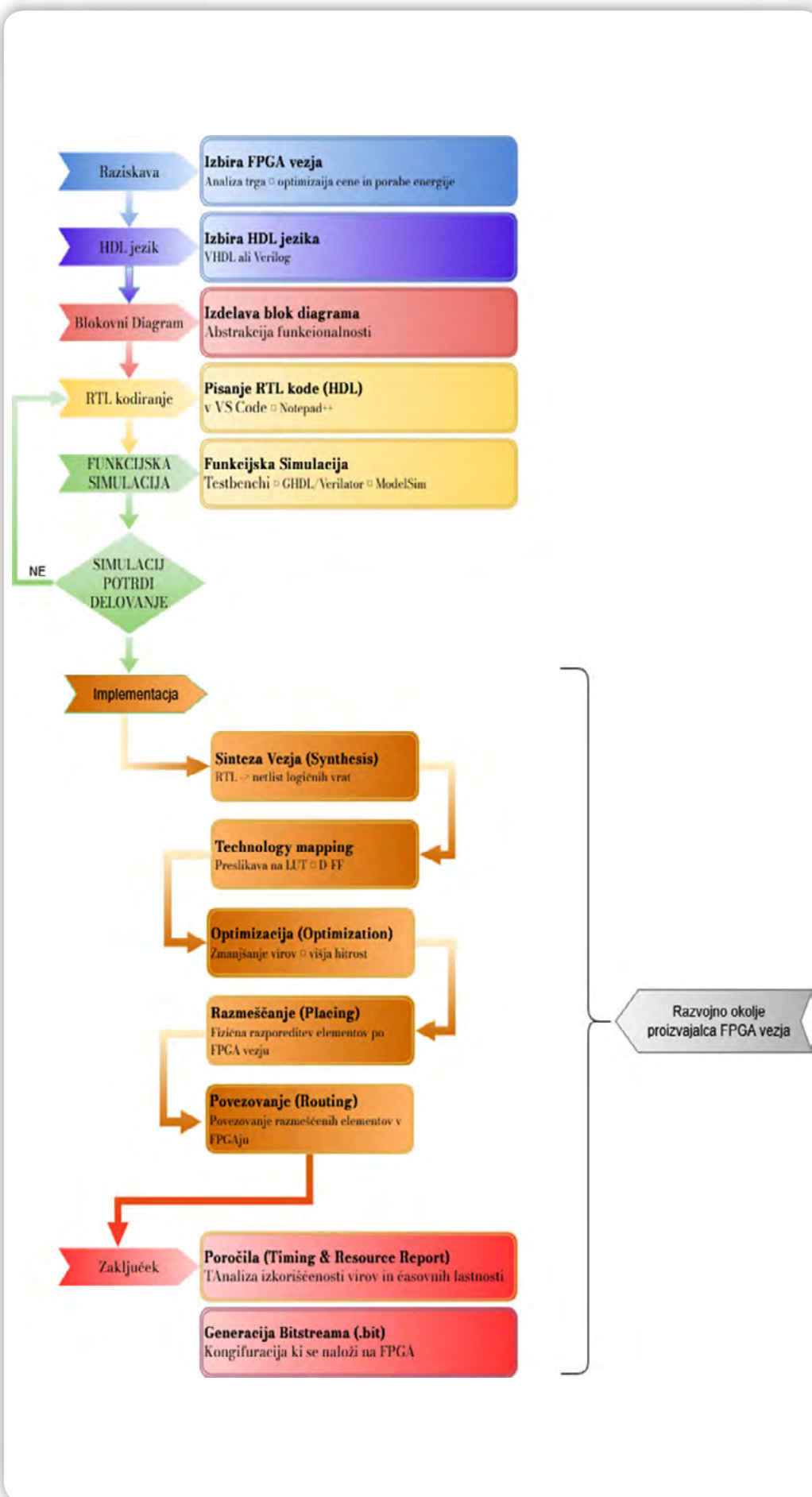
Ko smo zadovoljni s simulacijo, lahko pričnemo z integracijo razvite RTL kode v razvojno okolje, ki podpira izbrano FPGA vezje. Ne glede na to, katero okolje izberemo, vsa orodja sledijo enakim temeljnim korakom — od sinteze RTL vezja vse do generacije konfiguracijske datoteke, ki je na koncu naložena na izbrani FPGA. Ti koraki si sledijo v naslednjem vrstnem redu:

- **Sinteza vezja (Synthesis):** V tem koraku orodje prevede RTL opis, zapisan v HDL jeziku, v mrežo logičnih vrat (ang. netlist). Sinteza je prvi korak, pri katerem se abstraktni opis vezja pretvori v konkretne logične elemente.
- **Preslikava na FPGA tehnologijo (Technology Mapping):** Sintetizirano vezje se preslika na dejanske logične elemente, ki so na voljo v izbranem FPGA čipu, kot so LUT (Look-Up Table) elementi, flip-flopi in pomnilniški bloki.
- **Optimizacija vezja (Optimization):** Orodje optimizira preslikano vezje z namenom zmanjšanja porabe logičnih virov, izboljšanja hitrosti delovanja ter zmanjšanja porabe električne energije.

- **Razmeščanje komponent (Placement):** Logični elementi vezja se fizično razporedijo znotraj FPGA čipa ob upoštevanju časovnih in prostorskih omejitev.
- **Povezovanje (Routing):** Razmeščeni elementi se med seboj povežejo z uporabo razpoložljivih povezovalnih virov znotraj FPGA arhitekture.
- **Generacija poročil (Timing & Resource Report):** Orodje izdela podrobna poročila o izkoriščenosti virov FPGA vezja ter o časovnih lastnostih implementiranega vezja, kar razvijalcu omogoča oceno pravilnosti in učinkovitosti implementacije.
- **Generiranje konfiguracijske datoteke (Bitstream Generation):** V zadnjem koraku orodje generira konfiguracijsko datoteko (.bit oziroma .bin), ki vsebuje popoln opis konfiguracije FPGA vezja in se neposredno naloži na čip.

Ko razvojno okolje uspešno generira konfiguracijsko datoteko (.bit), jo prenesemo na FPGA vezje, kjer v realnem času preverimo, ali razviti RTL izpolnjuje vse zahteve sistema. Prenos konfiguracijske datoteke na čip je mogoč preko različnih vmesnikov, pri čemer je izbira odvisna od uporabljenega razvojnega okolja in strojne opreme. Najpogosteje se za ta namen uporabljata vmesnika JTAG in UART, ki sta prisotna na večini razvojnih plošč. Vmesnik JTAG je zlasti razširjen, saj omogoča ne le programiranje FPGA čipa, temveč tudi razhroščevanje in spremljanje notranjih signalov vezja med delovanjem v realnem času.

Testiranje na realnem strojnem sistemu je ključni korak v procesu razvoja, saj simulacijsko okolje ne more v celoti nadomestiti dejanskih razmer delovanja. Na fizičnem vezju se namreč pokažejo učinki, ki jih simulacija ne zajame — kot so časovne zakasnitve na ravni strojne opreme, elektromagnetne motnje, nihanja napajalne napetosti in drugi fizikalni pojavi. Če v tej fazi ugotovimo, da razviti RTL ne izpolnjuje vseh zahtev sistema,



Slika 3: Osnovni koraki razvoja RTL-a za FPGA vezje

se vrnemo na ustreznih korak v razvojnem procesu, popravimo HDL kodo ali prilagodimo konfiguracijo ter postopek sinteze in implementacije ponovimo.

Poleg tega je priporočljivo, da ob vsakem pomembnejšem implementacijskem koraku izvedemo tudi simulacijo. Ta pristop nam omogoča sproten nadzor nad pravilnostjo delovanja vezja in bistveno olajša razhroščevanje, saj lahko natančneje določimo, v katerem koraku je prišlo do nezaželenih napak.

## Zaključek

FPGA vezja predstavljajo izjemno prilagodljivo kategorijo integriranih vezij, ki uporabniku omogočajo visoko stopnjo arhitekturne in funkcionalne prilagoditve. Njihova temeljna prednost je možnost konfiguracije strojne strukture glede na specifične zahteve aplikacije, kar omogoča optimizacijo z vidika zmogljivosti, porabe virov in časovnih karakteristik.

S pomočjo FPGA je mogoče implementirati tako preproste logične funkcije, ki temeljijo na Boolovi algebri, kot tudi kompleksne in računsko zahtevne digitalne sisteme, vključno z digitalno obdelavo signalov, komunikacijskimi protokoli ter procesorskimi arhitekturami.

Zaradi svoje paralelne narave delovanja, prilagodljive povezovalne infrastrukture in možnosti integracije specializiranih strojnih blokov FPGA predstavlja zmogljivo platformo za razvoj naprednih digitalnih sistemov, kjer klasične sekvenčne arhitekture pogosto ne zadoščajo zahtevam po visoki prepustnosti, nizki latenci ali determinističnem odzivu.

<https://svet-el.si>

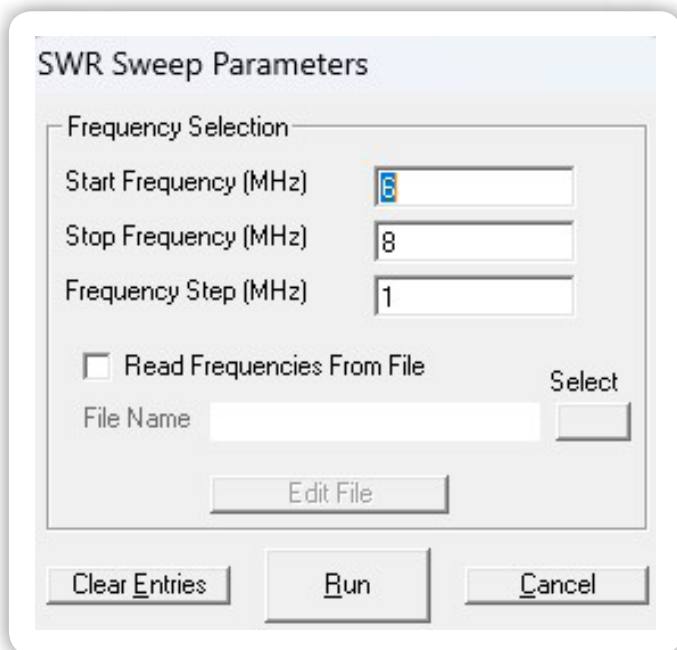
# Program EZNEC Pro+ kot pripomoček za načrtovanje in simulacijo delovanja anten (2. del)

Avtor: Boštjan Tovšak  
email: tovsakb@gmail.com

*V prvem delu smo se seznanili z grafičnim vmesnikom programa in funkcijami. Naučili smo se narisati preprost model ravnega dipola in ga parametrično opisati. V nadaljevanju pa se bomo seznanili še, kako v simulatorju poženemo izris SWR in Smithov-ega diagrama in kako lahko spreminjamo višino antene. Izvedli bomo še eno simulacijo za primer zavihanega U-dipola.*

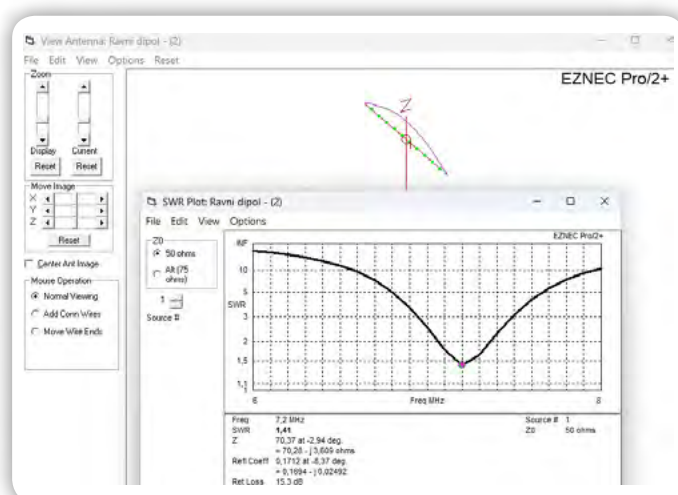
## Graf SWR

V glavnem meniju kliknemo gumb SWR. Odpre se okno za vpis parametrov, frekvenčnega območja in koraka (slika 12). Po vpisu parametrov kliknemo Ok in program se izvede. Dobimo grafični prikaz. Kot vidimo, je impedanca v najnižji točki SWR zelo blizu karakteristični tj  $73 \Omega$  (slika 13).

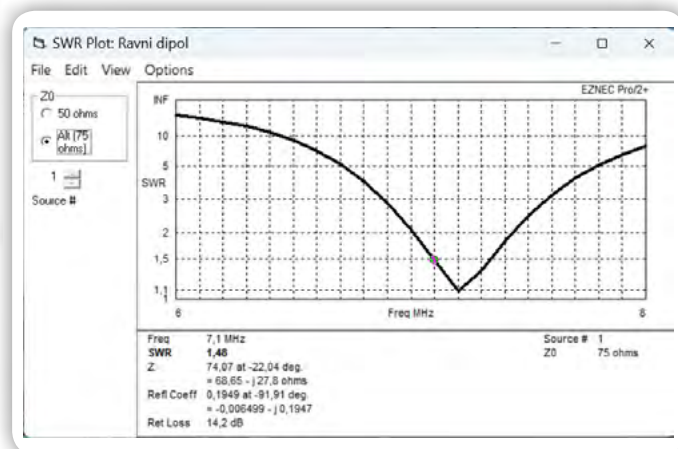


Slika 12: Vhodni parametri za izračun SWR

V SWR grafu s klikom miške na krivulji izbiramo vrednosti v posamezni točki. Nas zanima vrednost SWR in posledično impedanca, ki v tem primeru znaša  $70,28 \Omega$  in SWR 1,41 pri bremenu  $50 \Omega$  (pri  $7,1 \text{ MHz}$  je SWR že blizu 2). Če v opcijah grafa izberemo alternativno breme na anteni, Alt ( $75 \Omega$ ), SWR pade 1,1, saj se impedanci antene in nanjo priklopljenega bremena skoraj ujemata. (slika 14). Alternativno impedanco lahko tudi ročno nastavljamo v glavnem oknu v vrstici.

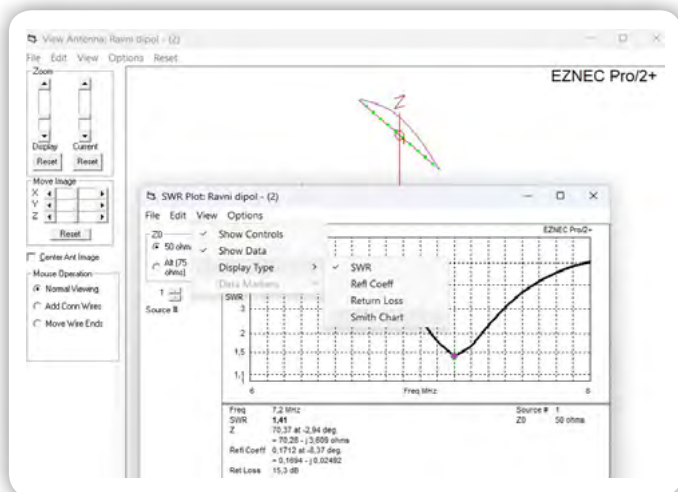


Slika 13: Najnižji SWR za našo izračunano dolžino dipola pri  $7,2 \text{ MHz}$  in impedanca  $70,28 \Omega$

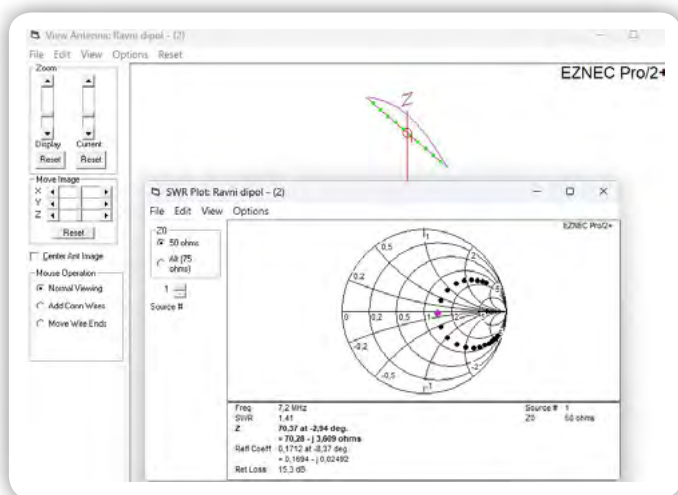


Slika 14: SWR pri alternativnem bremenu  $75 \Omega$

Alt SWR Z0. Ker pa je impedanca našega sprejemnika in prenosnega kabla  $50 \Omega$ , to ne pride v poštev. Želimo čim boljše impedančno prilagoditev antene in sprejemnika za  $50 \Omega$ .



**Slika 15:** Izbira Smith-ovega diagramav v meniju View, Display Type



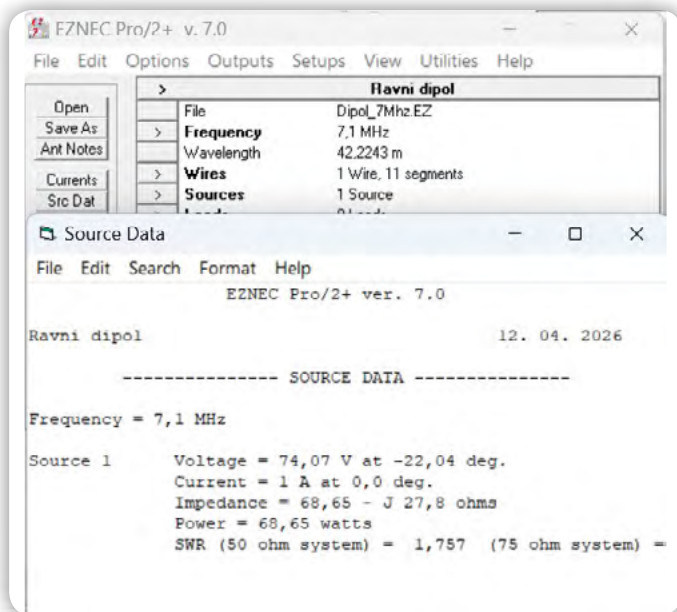
**Slika 16:** Smith-ov diagram ravnega dipola

Zelo uporabna je tudi opcija izbire Smith-ovega diagrama (slika 16). Izberemo ga v meniju View, Display Type (slika 15). Roza točka kaže lokacijo impedance izbranega SWR v grafu.

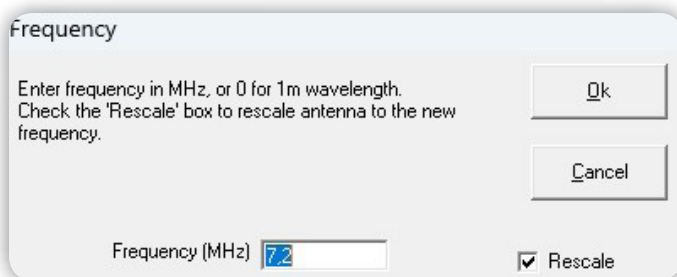
V pogledu Geometry naše antene lahko v meniju Currents izbiramo prikaz tokov, magnitud in faze. Na sliki 15 je z roza barvo označena magnituda toka. V oknu antene imamo možnost nastavitve dodatnih opcij pogleda.

## Pa lahko SWR še kako izboljšamo?

Seveda. Kot smo videli predhodno, je bil najnižji SWR pri frekvenci 7,2 MHz, ki pa ni enaka naši zeleni resonančni, 7,1 MHz. V glavnem oknu kliknemo gumb Src Dat (slika 17). Dobimo izpis vrednosti impedance in SWR pri resonančni frekvenci, tj. 7,1 MHz. Imaginarna komponenta impedance je negativna, kar pomeni, da ima antena bolj kapacitivni značaj ali drugače, njena dolžina je prekratka. Če uspemo to vrednost znižati, se bo SWR izboljšal. V ta namen kliknemo na vrstico Frequency v glavnem oknu. Vanj vpišemo vrednost frekvence, ki smo

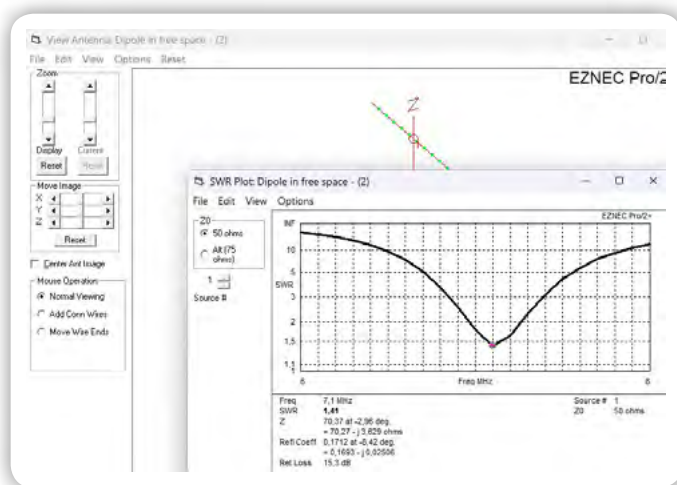


**Slika 17:** Izpis impedance in SWR pri definirani frekvenci 7,1 MHz



**Slika 18:** Preračun dimenzij antene pri razliki frekvenc

jo dobili pri najnižji vrednosti SWR v grafu. Za naš primer je bila frekvenca 7,2 MHz v najnižji točki. Kliknemo Ok. Nato ponovno kliknemo isto vrstico. Vpišemo našo zeleno resonančno frekvenco 7,1 MHz in poleg označimo opcijo Rescale (slika 18). Na ta način bo program ponovno preračunal dolžino antene glede na odstopanje od predhodno vpisane (tiste v grafu SWR in naše zelene).



**Slika 19:** Minimalni SWR (predhodno 1,75, sedaj 1,41) se je po preračunu odmika frekvenc prestavil iz 7,2 MHz na 7,1 MHz

Wires										
No.	End 1				End 2				Diameter	Segs
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Conn	X (m)	Y (m)	Z (m)	Conn		
1	0	-10,3437	20,2817		0	10,3437	20,2817		1,01409	11

Slika 20: Po preračunu SWR za frekvenco 7,1 MHz, je dolžina antene podaljšana in dodana višina

Če sedaj ponovno zaženemo izračun SWR vidimo, da imamo minimalen SWR pri resonančni frekvenci 7,1 MHz (slika 19). Tudi v tabeli Wires so korigirane vrednosti, ki jih je popravil program (slika 20). Poleg dolžine (prej 10,2 m, sedaj 10,34 m), je popravil tudi višino naše antene od tal. Prej 20 m, sedaj 20,28 m.

## Sevalni diagram modela dipol antene

V glavnem oknu programa kliknemo gumb FF Plot (slika 21). Iz diagrama za elevacijo (kot nad horizontom, za DX radijske zveze med  $10^\circ$  in  $20^\circ$ ) lahko razberemo kotno širino snopa in dobitka pri različnih kotih. Roza barva linij na grafu označuje maksimalni kot sevanja antene pri padcu dobitka za  $\sqrt{2}$  oz. 3dB.

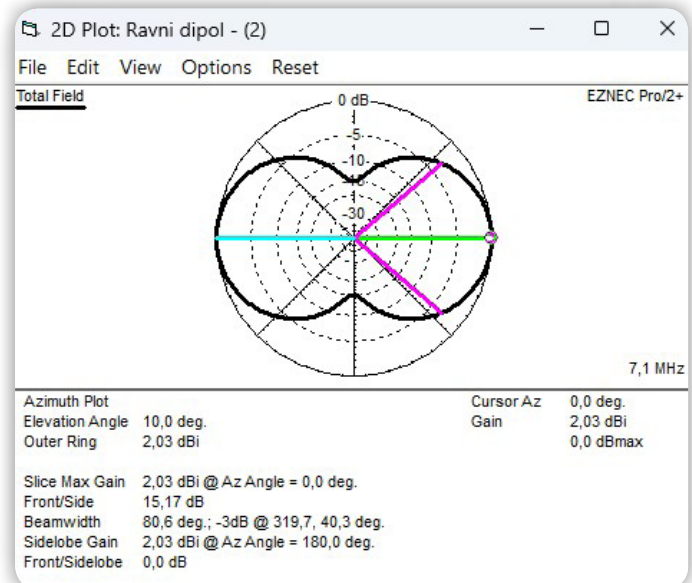
Če v glavnem oknu nastavimo Plot Type na 3D, dobimo izris sevalnega diagrama antene v prostoru (slika 22).

## Primer zavihanega polvalnega dipola za frekvenčno področje 40 metrov

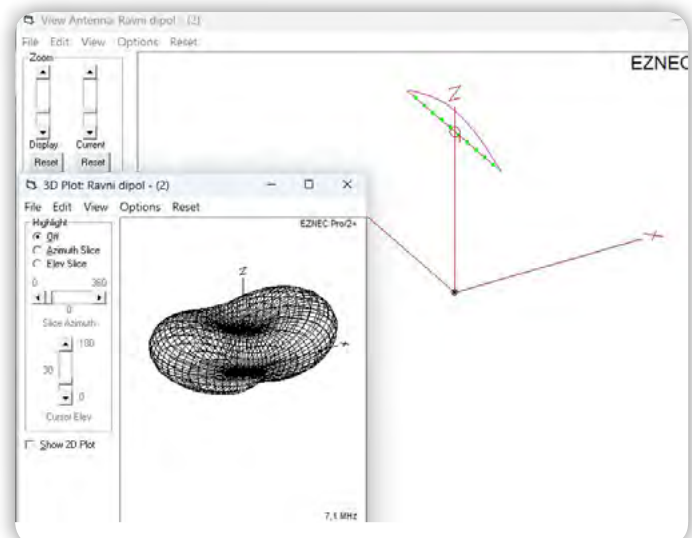
Zgradili bomo še en model antene, kompleksnejše izvedbe. Poslužili se bomo metode vihanja krakov dipola v obliki črke U. To pogosto pride prav v primerih, ko smo omejeni s prostorom znotraj stavbe (npr. podstrešje). Na ta način spreminjamo električno dolžino antene (in posledično induktivnost oz. kapacitivnost). Več navodil glede izračuna (tudi graf odvisnosti dolžine zavihka od SWR in koeficiente) najdete na spletni povezavi <https://www.qsl.net/kk4obi/Center-fed%20Folded-end%20Horizontal.html> [1].



Za konkreten primer bomo uporabili najkrajši možen zavihke dipola, tj. na dolžini  $0,5 \times \lambda/2$  od centra napajanja dipola. S pomočjo grafa in koeficientov, lahko določimo potrebno dolžino zavihanega dela, ki je funkcija valovne dolžine. Za naš primer je za zavihke pri  $0,5 \times \lambda/2$  priporočen koeficient  $> 0,18$ . Izbrali bomo koeficient 0,20 pri katerem je v grafu SWR za 50  $\Omega$  obremenitve podan SWR enak približno 1:1,4. Ta koeficient (0,20) pomnožimo z izračunano polnovalovno dolžino, zaokroženo na 21 m ( $21 \text{ m} \times 0,20 = 4,2 \text{ m}$ ). Del izračunanega dipola (4,2 m)



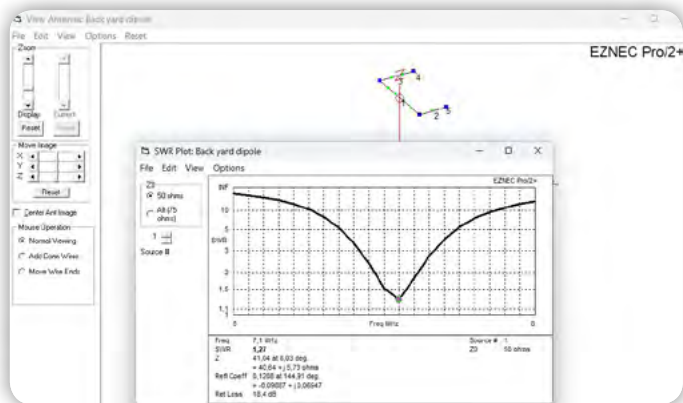
Slika 21: Sevalni azimutni diagram ravnega dipola pri elevaciji  $10^\circ$  na višini 20 m



Slika 22: Sevalni diagram ravnega dipola v prostoru

na razdalji 5,25 m od centra napajanja zavihamo navzdol za kot  $90^\circ$  ali vzporedno s tlemi.

Topologija zavihanega dipola je po izračunu sledeča: dolžina



Slika 23: SWR zavihanega dipola na višini 20 m

horizontalnega kraka 5,25 m, zavihani del 4,20 m, preostanek skupne dolžine (10,5 m – 5,25 m – 4,20 m = 1,05 m) pa zopet zavijamo za 90° nazaj proti centru napajanja. Načrtovani model antene na sliki je že optimiziran, kajti zavijana vzporedna kraka (1,05 m) sta korigirana (skrajšana iz 1,05 m na 0,75 m, točki 5 in 4 na anteni). Pri frekvenci 7,1 MHz tako dosežemo teoretični SWR 1:1,27 (sliki 23 in 24). V grafu na spletni povezavi je definirana vrednost SWR 1:1,3.

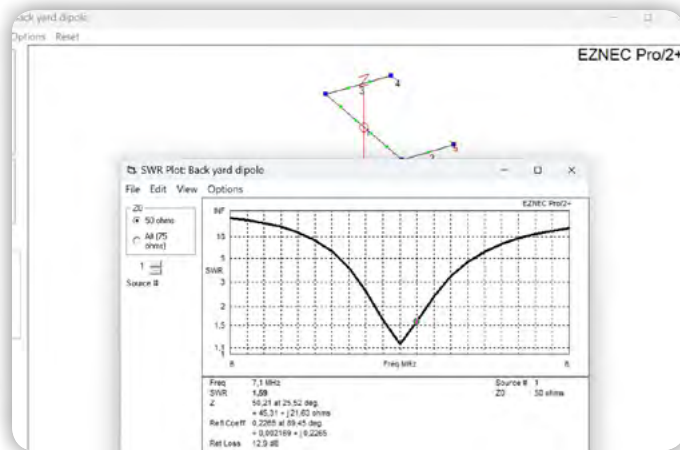
## Zaključek

Smo pri koncu simulacije. Zavihane dele dipola nismo zavijali navzdol proti tloravni, kot je navedeno v povezavi o kreiranju zavihanega dipola, ampak vzporedno s tlemi (smo eksperimentalni, saj to naredi stvari zanimive). Očitno to ne vpliva bistveno na rezultat. Pri frekvenci 7,1 MHz, je izračunan SWR 1:1,27 in impedanca 40,64 Ω na višini 20 m (slika 23).

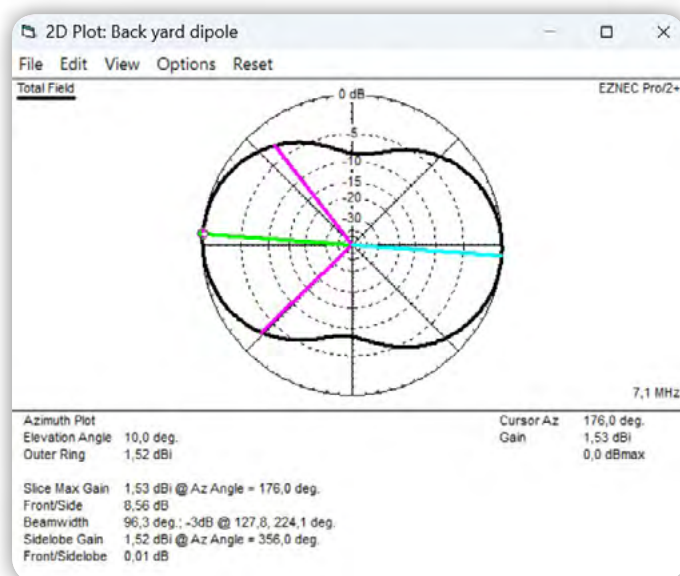
Sedaj poskusimo znižati višino antene od tal na 10 m (slika 25). Višino spreminjamo v tabeli Wires. Za vrednost koordinate Z v vseh poljih vpišemo 10. Impedanca se je povečala za cca. 5 Ω na 45,31 Ω in SWR je zrasel na 1:1,59.

Za zavihani dipol bi tako kot za ravnega glede na naravo dipol antene, pričakovali nižjo impedanco pri bližanju tloravni. Očitno se pri zavihanem dipolu impedanca obnaša drugače. Kapacitivna narava zavihkov dipola in razporeditev tokov z bližanjem tloravni višata impedanco, kar je nasprotno kot pri ravnem dipolu.

Če pogledamo rezultate 2D sevalnega azimutnega diagrama,



Slika 25: SWR zavihanega dipola na višini 10 m z markerjem na frekvenci 7,1 MHz



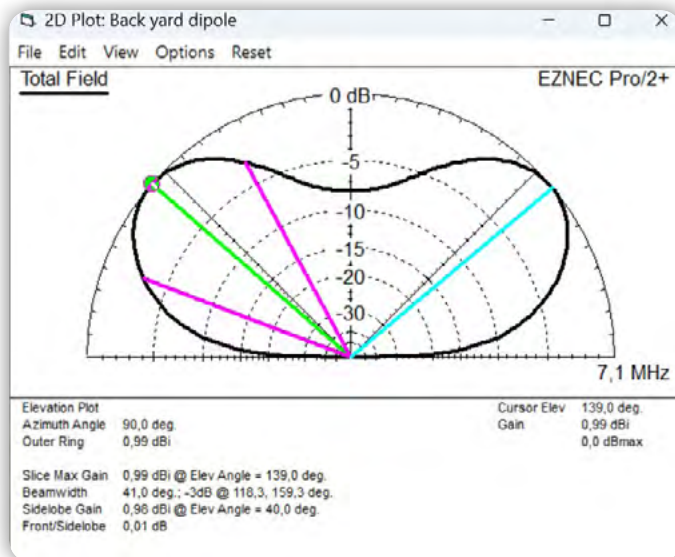
Slika 26: Azimutni sevalni diagram zavihanega dipola na višini 20 m

ima ravnega dipol pri frekvenci 7,1 MHz in višini 20 m, v azimutni ravnini, širino sevalnega snopa 80°, zavihani dipol pokriva širše področje 96°.

In kaj lahko rečemo o programu? Izračuni in diagrami so v skladu s pričakovanji. Ponuja pestro paleto možnosti simulacij, izračuna

Wires													
Wire Create Edit Other													
<input type="checkbox"/> Coord Entry Mode <input type="checkbox"/> Preserve Connections <input type="checkbox"/> Show Wire Insulation <input checked="" type="checkbox"/> Show Loss													
Wires													
No.	End 1				End 2				Diameter (mm)	Segs	Wire Loss		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Conn	X (m)	Y (m)	Z (m)	Conn			R (ohm-m)	Perm	Type
1	0	-5,25	20	W2E1	0	5,25	20	W3E1	4	5	0	1	Zero
2	0	-5,25	20	W1E1	4,2	-5,25	20	W5E1	4	2	0	1	Zero
3	0	5,25	20	W1E2	5,25	5,25	20	W4E1	4	3	0	1	Zero
4	5,25	5,25	20	W3E2	5,25	4,5	20		4	1	0	1	Zero
5	4,2	-5,25	20	W2E2	4,2	-4,5	20		4	1	0	1	Zero

Slika 24: Tabela koordinat zavihanega dipola antene z optimiziranimi vrednostmi dolžin



**Slika 27:** Primer sevalnega diagrama zavihanega dipola po elevaciji na višini 20 m (kot naklona 10° nad horizontom)

in poteka tokov na anteni, dodajanje induktivnih in kapacitivnih bremen. Kljub nerodnosti za risanje pa je dobrodošel brezplačni pripomoček za modeliranje in simulacijo anten.

Na spletu obstaja podoben brezplačen simulacijski program 4nec2, ki ima naprednejši grafični vmesnik. Je pa krivulja učejna položnejša, potrebnih je več ur za razumevanje. Najdete ga na spletni povezavi [https://www.qsl.net/4nec2\[2\]](https://www.qsl.net/4nec2[2]). Uporablja enake računske pogone (NEC-2, NEC-4) kot EZNEC Pro+.

Poskusil sem iz EznecPro+ uvoziti model antene v 4nec2. Model je naložil z obvestilom o napaki. Kljub temu je bilo možno prikazati geometrijo antene. Nato sem poskusil še v obratni smeri. 4nec2 ima v svoji mapi models bistveno več pripravljenih modelov anten. EZNECPro+jih je brez težav prebral in simuliral, kar je pričakovano, saj oba programa uporabljata isti računski pogon NEC-2.



A kot pravijo, ni stvari kot je zastoj kosilo. Tudi pri 4nec2 se plača, če hočemo uporabljati napredne možnosti NEC-4 ali NEC-5.



#### Viri:

- 1: [https://www.qsl.net/kk4obi/Center-fed Folded -end Horizontal.html](https://www.qsl.net/kk4obi/Center-fed%20Folded-end%20Horizontal.html)
- 2: <https://www.qsl.net/4nec2>



<https://svet-el.si>

## 12. SLOVENSKA FOTOVOLTAIČNA KONFERENCA

ETI

gen-isonce



SIST

SLO-PV 2026

torek, 23. junij 2026



[www.slo-pv.si](http://www.slo-pv.si)



UNIVERZA  
V LJUBLJANI

FE

Fakulteta  
za elektrotehniko

Laboratorij za fotovoltaiiko  
in optoelektroniko

# Python in MikroPython – 5. del

Avtor: dr. Simon Vavpotič

*V preteklem nadaljevanju smo lotili programiranja krmilnikov dronov. Začeli smo z osnovnimi funkcijami, kot sta krmiljenje motorjev s pomočjo pulzno-širinske modulacije (PWM) in zajemanje vrednosti iz merilnika pospeškov ter nadaljevali s programskim upravljanjem drona.*

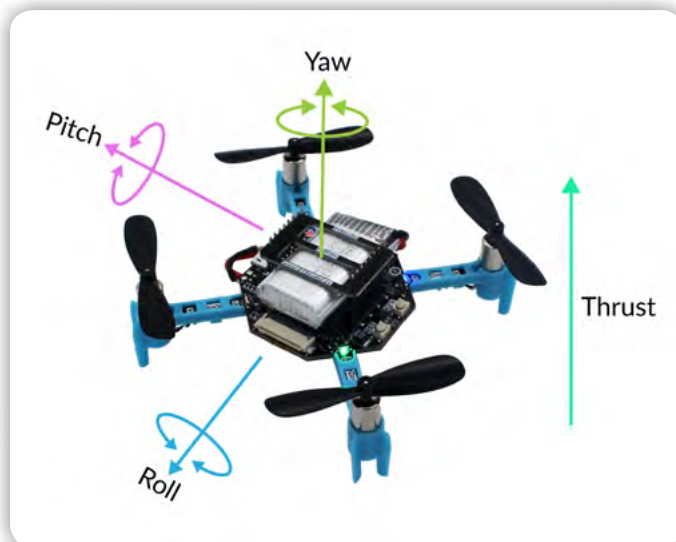
Za preverjanje pravilnosti delovanja programov smo uporabili tudi simulator drona, s katerim lahko predhodno preverimo odzivanje programske kode v Pythonu v različnih situacijah, ne da bi, zaradi pogosto trivialnih programerskih napak, tvegali poškodovanje ali uničenje pravega drona. Tokrat se lotimo programiranja pravega drona na osnovi ESP32 modula in MicroPythona.

## Dron z MikroPython krmilnikom

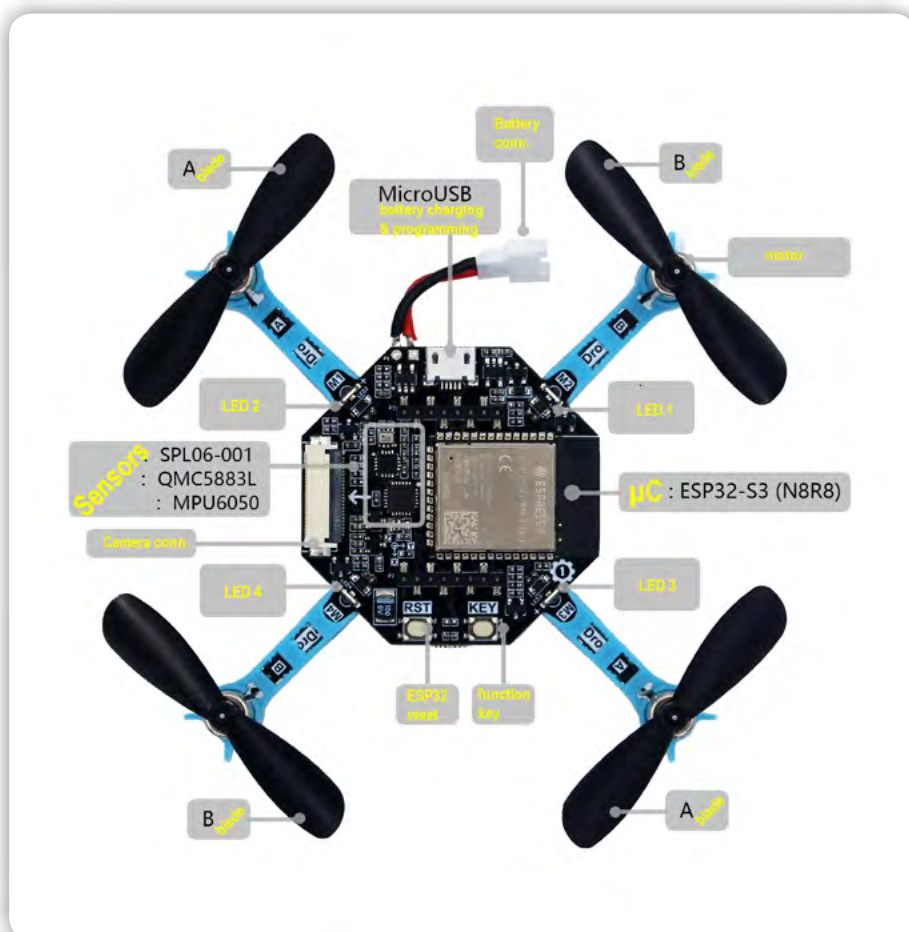
ESP32 modul je zaradi majhne teže in ugnezdene Wi-Fi/Bluetooth komunikacije kot nalašč za gradnjo manjših dronov. Na spletu najdemo množico majhnih gotovih odprtokodnih dronov na osnovi ESP32 pa tudi takih za sestavljanje. Programiramo jih lahko v različnih razvojnih okoljih, kot so: Arduino, Espressif Systems IDF, Microsoft Visual Studio Code in Thonny (MicroPython). Ker se pričujoča serija člankov osredotoča na programiranje v Pythonu in MicroPythonu, se bomo v nadaljevanju lotili izdelave krmilnega programa v MicroPythonu za upravljanje pravega drona.

Ko v spletni iskalnik vnesemo geslo »ESP32 drone MicroPython«, odkrijemo kar nekaj zanimivih projektov. Podrobnejši odgovor dobimo, če isto geslo vnesemo v Google AI ali Chat GPT. Dron za osnovno delovanje in poganjanje interpreterja za MicroPython sicer potrebuje osnovno programsko opremo v obliki nizkonivojskih programskih knjižnic, katerih izvorna koda je največkrat v programskem jeziku C++, vendar ta del programa navadno podpira zgolj osnovne funkcije, medtem kot je logika za usmerjanje in odločanje med poletom prepuščena programski kodi v katerem od enostavnejših programskih jezikov, denimo MicroPythonu.

PyDrone [1] je odličen za učenje programiranja dronov v MicroPythonu, saj njegova ugnezdjena programska oprema podpira upravljanje z visokonivojskimi ukazi, kot sta: `drone.take_off()` in `drone.landing()`, ki samodejno poskrbita za varen vzlet in pristaneke drona. Vodenje drona zato izvedemo s (skoraj) enako programsko opremo kot vodenje njegovega modela v simulatorju.



Slika 1: pyDrone



Slika 2: Zgradba pyDrona

Izvorno kodo projekta PyDrone najdemo na [2], kjer je tudi obsežna dokumentacija, a žal samo v kitajščini. Dron uporablja MPU6050 merilnik pospeška in druge senzorje, med katerimi je tudi kamera.

Flix [3] je podoben projekt, ki prav tako temelji na ESP32-S3 modulu, a je k sreči vsa dokumentacija v angleščini. Priloženi so tudi videi poletov z dronom. Ugnezdena programska oprema vsebuje vse glavne Python knjižnice, priložen pa je tudi simulator, ki deluje v okolju Gazebo 11, ki ga lahko poganjamo v operacijskem sistemu Ubuntu 20.04. Za druge Linux OS so potrebne prilagoditve. Tako lahko programsko opremo preizkusimo tudi brez pravega drona. Navodila za uporabo sicer niso za začetnike, a so podrobna in natančna.

## Ugnezdena programska oprema

V programsko kodo MicroPythonskih knjižnic se ne gre spuščati, zato pa je toliko zanimivejša koda, ki z visoko nivojskimi ukazi usmerja in nadzira delovanje drona. Na spletu najdemo kar nekaj primerov za pyDrone, programsko kodo pa lahko, tako kot za simulacijo drona, izdelata tudi Google AI. Poglejmo program, ki iz daljinskega upravljalnika sprejema osnovne ukaze in upravlja drona.

Prvi deli programa izvede pripravo drona za letenje, ki obsega kalibracijo in zagon Wi-Fi dostopne točke, na katero se povežemo z Wi-Fi postajo (daljinskim upravljalnikom) in ga upravljamo.

```
import network,socket,time
from machine import Timer
import drone

#izgradnja objekta drona in izbira načina
delovanja
d = drone.DRONE(flightmode = 0)

#Kalibracija delovanja dona
while True:

    #izpis kalibracijskih podatkov
    print(d.read_cal_data())

    #Preverjanje, ali je dron že skalibriran
    if d.read_calibrated():
        print(d.read_cal_data())
        break # prekinitev neskončne zanke
in nadaljevanje glavnega programa po
uspešni kalibraciji
    time.sleep_ms(100) # čakanja 100 ms
za ponovitev kalibracije

#Podprogram za vzpostavitev dostopne točke,
na katero se poveže daljinski upravljalnik

def startAP():
    wlan_ap = network.WLAN(network.AP_IF)
```

```
print('Connect pyDrone AP to Config
WiFi.')
wlan_ap.active(True)
wlan_ap.config(essid='pyDrone',authmode=0)

while not wlan_ap.isconnected(): #čakanje
na povezavo klienta
    pass

#Nadaljevanje glavnega programa za zagonom
dostopne točke, s katero se poveže
daljinski upravljalnik
startAP()
```

Drugi del programa se izvede, ko se daljinski upravljalnik poveže z dronom. Krmilnik slednjega (ESP32 modul) vzpostavi programske strukture za komunikacijo (t.i. žep), v katere se prenašajo sporočila z daljinskega upravljalnika, določi tudi svoj IP naslov za komunikacijo in IP naslov daljinskega upravljalnika. Komunikacija poteka prek vrat 2390. Vse omenjeno poteka prek protokola UDP in lahko steče šele, ko je vzpostavljena osnova povezava med dronom in daljinskim upravljalnikom na fizičnem nivoju. V nadaljevanju vidimo ukaz connect iz objekta žep, s katerim se vzpostavi komunikacijska povezava tudi na logičnem nivoju – med aplikacijo drona in aplikacijo daljinskega upravljalnika.

```
# UDP socket izgradnja objekta (žepa) komu-
nikacijo z daljinskim upravljalnikom
s=socket.socket(socket.AF_INET, socket.
SOCK_DGRAM)
s.bind(('0.0.0.0', 2390)) #določitev komu-
nikacijskih vrat strežnika (oz. drona): 2390

#določitev naslova strežnika IP naslov stre-
žnika (oz. drona)[]192.168.4.1
data,addr = s.recvfrom(128)
print(addr)

#vzpostavitev povezave z daljinskim uprav-
ljajalnikom
s.connect(addr)
s.setblocking(False) #ni čakanja na odziv
pri pošiljanju in sprejemanju podatkov
```

Tretji del programa predstavlja funkcija komunikacijskega žepa, ki so jo kitajski avtorji poimenovali Socket\_fun, pri čemer vsekakor niso mislili na zabavo, ampak na funkcijo. Funkcija s prav takim imenom je tudi v programu daljinskega upravljalnika, vendar opozorimo, da je v njej povsem druga koda. Namen funkcije Socket\_fun drona je zajem krmilnih ukazov in njihova prevedba na osnovne krmilne funkcije.

Prvi del podprograma zajame 128 bajtov podatkov, iz njih prebere želene vrednosti zasuka, nagiba, vrtenja in potiska, ki jih nato prek ukaza control posreduje objektu drona d, v katerega so ugnezdeno nizkonivojske funkcije za upravljanje elektronike. Pri tem je obseg vsake od vrednosti med -100 in 100 (predznačeno 1-bajtno število), kar zahteva prilagoditev

iz nepredznačenega 1-bajtnega števila, pri čemer se vrednosti med 100 in 155 preslikajo v vrednost 0, vrednosti med 0 in 100, v negativno vrednost med -100 in 0, vrednosti nad 155 do 255 pa vrednosti od 0 do 100. Tako se hkrati izognemo vplivom zelo majhnih odmikov krmilne palice, ki jih pri vođenju drona morda nehote naredimo s prsti, ali pa so stalno prisotni, če krmilna palica ni dobro kalibrirana.

```
#podprogram za krmiljenje dronove elektro-
nike
def Socket_fun(tim):

    try:
        text=s.recv(128) #sprejem bloka 128
        podatkov
        control_data = [None]*4

        #analiza zajetnih podatkov za usmerjanje
        drona
        for i in range(4):
            if 100 < text[i+1] < 155 :
                control_data[i] = 0
            elif text[i+1] <= 100 :
                control_data[i] = text[i+1]
- 100
            else:
                control_data[i] = text[i+1]
- 155
        print('control:',control_data)

        #rol:[-100:100],rol:[-100:100],yaw:[
-100:100],thr:[-100:100]
        d.control(rol = control_data[0], pit
= control_data[1], yaw = control_data[2],
thr = control_data[3])
```

V nadaljevanju funkcije žepa so podprte še funkcije tipke standardne igralne tablice A, B, X in Y. Tipka Y sproži funkcijo take\_off, ki drona samodejno dvigne na višino 120 cm nad zemljo. Konstanto v programu lahko seveda prilagodimo svojim željam. Tipka A sproži samodejni pristane drona s pomočjo ukaza landing, tipka X pa ugasne motorje drona. Iz programa vidimo, da tipka B zaenkrat še nima določene funkcije, razen tega, da na standardno konzolo za razhroščevanje izpiše črko B.

```
#izvajanje funkcij, ki so vezane na
funkcijske tipke upravljaljske konzole oz.
igralne palice
if text[5] == 24: #Tipka Y na igralni
tablici sproži vzlet drona na višino 120 cm
od tal.
    print('Y')
    #vzlet drona, ki se dvigne 120
cm od tal
    d.take_off(distance = 120)

if text[5] == 72: #Tipka A na igralni
tablici sproži samodejno pristajanje.
    print('A')
    #dron samodejno mehko pristane
```

```
d.landing()

if text[5] == 40: #Tipka B na igralni
tablici je še brez funkcije.
    print('B')

if text[5] == 136: # Tipke X na igral-
ni tablici ustavi motorje drona.
    print('X')
    #zaustavitev motorjev drona
    d.stop()
```

Zadnji del funkcije žepa ima nalogo sporočanja stanja drona, ki ga vrne daljinskemu upravljalniku v polju devetih 2-bajtnih vrednostih, ki vsebujejo vrednosti nagiba, zasuka,

```
states = d.read_states()
print('states: ',states)
state_buf = [None]*18
for i in range(9):
    for j in range(2):
        if j == 0:
            state_buf[i*2+j] = in-
t((states[i]+32768)/256)
        else:
            state_buf[i*2+j] = in-
t((states[i]+32768)%256)

s.send(bytes(state_buf)) #posredno-
vanje stanja drona prek povezave Wi-Fi

except OSError:
    pass

#Nastavitev periodičnega preverjanje zajema
podatkov prek Wi-Fi na vsakih 50 ms.
tim = Timer(1)
tim.init(period=50, mode=Timer.PERIODIC,
callback=Socket_fun)
```

Kot vidimo je program sorazmerno enostaven za razumevanje. Lahko ga realiziramo celo zgolj z ESP32 modulom, na katerega poprej naložimo programsko opremo pyDrone. Brez motorjev in zmogljive baterija sicer modul ne bo mogel leteti, a lahko s štirimi LED (namesto motorjev) vseeno preverimo osnovno delovanje programske kode, če imamo tudi daljinski upravljalnik.

## MicroPython program za daljinski upravljalnik

Daljinski upravljalnik sestavljajo: standardna igralna ploščica s dvema igralnima palicama in številnimi tipkami (lahko takšna kot jo uporabljamo za igranje računalniških igrig), ESP32-S3 modul, ki rabi tudi za komunikacijo Wi-Fi/Bluetooth, majhen barvni prikazovalnik in baterijski modul za napajanje. ESP-32-S3 modul je z igralno ploščico povezan prek svojega USB priključka, s prikazovalnikom pa prek GPIO priključkov. Za povezljivost skrbijo standardne programske knjižnice, ki so tudi del projekta pyDrone.

Prvi del programske kode daljinskega upravljalnika poskrbi za povezavo z dronom, ki deluje kot dostopna točka. Pri tem je IP naslov 192.168.4.1 strežniške aplikacije v prejšnjem poglavju opisane programske kode drona že nekaka stalnica za majhne projekte, v kateri smo obenem določili tudi komunikacijska vrata 2390. Lahko bi tudi druga, a vsekakor taka, ki še niso uporabljena za druge funkcionalnosti.

```
import network,usocket,time,controller
from machine import Pin,Timer
import tftlcd

# Wi-Fi prijavnimi parametri za dostopno točko (dron)
SSID = 'pyDrone'
PASSWORD = ''
addr=('192.168.4.1',2390) #IP naslov in vrata dostopne točke

#lokalni IP določi dostopna točka
ip_local = ''
#za krmiljenje drona uporabljamo kar igralno ploščico ali igralno palico
gamepad = controller.CONTROLLER()
```

Drugi del programske kode daljinskega upravljalnika se ukvarja z zagonom TFT LCD prikazovalnika (ustvari objekt l), pri katerem najprej definira 3-bajtno konstante za posamezne barve, nato pa pobriše zaslon z belo barvo (l.fill(WHITE)).

```
#definicija LCD prikazovalnika za prikaz osnovnih podatkov
l = tftlcd.LCD15()
#določitev barv za barvni prikaz
RED = (255,0,0)
GREEN = (0,255,0)
BLUE = (0,0,255)
BLACK = (0,0,0)
WHITE = (255,255,255)
DEEPPGREEN = (0,139,0)
#izbriši prikazovalnik – da je v celoti bel
l.fill(WHITE)
```

Tretji del programske kode vzpostavi povezavo Wi-Fi z dronom, pri čemer uporablja GPIO priključek 46 za krmiljenje LED, ki sproti ponazarja stanje povezave Wi-Fi. Utripanje LED pomeni, da je vzpostavljanje povezave v teku, vzpostavljena pa je, ko LED stalno sveti.

```
#Vzpostavitev Wi-Fi povezave
def WIFI_Connect():
    global ip_local
    WIFI_LED=Pin(46, Pin.OUT) #določitev priključka za Wi-Fi LED
    wlan = network.WLAN(network.STA_IF) #izbira načina delovanje – postaja Wi-Fi
    wlan.active(True)
    # vzpostavitev odjemalske Wi-Fi povezave z dostopno točko
    start_time=time.time()
```

```
# shranitev začetnega časa
if not wlan.isconnected():
    print('Connecting to network...')
    l.printStr('Connecting Wi-Fi...',10,10,color=BLUE,size=2)
    l.printStr('SSID: pyDrone',10,60,color=BLACK,size=2)
    l.printStr('KEY: None',10,100,color=BLACK,size=2)
    wlan.connect(SSID,PASSWORD) #povezava za dronom (dostopno točko)
    while not wlan.isconnected():
        #Utripanje LED med vzpostavljanjem Wi-Fi povezave
        WIFI_LED.value(1)
        time.sleep_ms(300)
        WIFI_LED.value(0)
        time.sleep_ms(300)
        #Če povezava ni vzpostavljena v 15 sekundah, prekini vzpostavljanje
        if time.time()-start_time > 15 :
            print('WIFI Connected Timeout!')
            wlan.active(False)
            break
    if wlan.isconnected():
        #LED za Wi-Fi sveti, če je povezava vzpostavljena
        WIFI_LED.value(1)
        #Izpis informacij o nastavitvah Wi-Fi omrežja na prikazovalnik
        print('network information:', wlan.ifconfig())
        ip_local = wlan.ifconfig()[0]
        return True
    else:
        return False

#Ponavljaj klic zgoraj definirane funkcije WIFI_Connect, dokler povezava ni vzpostavljena
while not WIFI_Connect():
    pass
```

Četrti del programske kode poskrbi še za vzpostavitev logične UDP povezave z aplikacijo drona. Začne se z brisanjem vsebine prikazovalnika TFT LCD, nakar sledi povezava žepa z vrati 2390.

```
#brisanje vsebine prikazovalnika – prebravanje z belo
l.fill(WHITE)

#Vzpostavitev UDP povezave s strežniško aplikacijo drona
s=usocket.socket(usocket.AF_INET, usocket.SOCK_DGRAM)
s.bind((ip_local, 2390)) # povezava z vrati 2390
s.setblocking(False) #brez čakanja na
```

```
vzpostavitev pri izvedbi ukaza connect
s.connect(addr)
```

Peti del programske predstavlja funkcija žepka daljinskega upravljalnika Socket\_fun, ki najprej poskuša prebrati 128 bajtov podatkov iz drona s klicem funkcije recv(128), nakar iz prvih 18 bajtov prebere devet 2-bajtnih števil, ki opisujejo stanje drona v obliki vrednosti preteklih in trenutnih vrednosti vrtenja, nagiba in zasuka ter trenutne povprečne vrednosti potiska motorjev (večji potisk pomeni hitrejše premikanje). Prebere tudi napetost baterije, ki je izpisana zeleno, dokler je nad 3,1 V in z rdečo, ko je manjša ali enaka 3,1 V, kar pomeni, da je baterija drona že skoraj izpraznjena.

```
#obdelava podatkov iz drona in krmiljenje
def Socket_fun(tim):
    try:
        text = s.recv(128) #sprejem bloka
        128 bajtov podatkov iz drona
        # print(text) # izpis podatkov je
        zakomentiran,

        state_buf = [None]*9

        #zajem stanja drona iz prvih 9 2-baj-
        tnih besed v strukturo state_buf
        for i in range(9):
            state_buf[i] =
            text[i*2]*256+text[i*2+1] - 32768
            print(state_buf)

        #izpis preteklih parametrov letenja:
        ROL(vrtenje), PIT(nagib), YAW(zasuk)
        l.printStr('ROL: '+str('%0.2f'%(sta-
        te_
        buf[0]/100))+ ' ',10,10,color=BLACK,size=2)
        l.printStr('PIT: '+str('%0.2f'%(sta-
        te_
        buf[1]/100))+ ' ',10,40,color=BLACK,
        size=2)
        l.printStr('YAW: '+str('%0.2f'%(sta-
        te_
        buf[2]/100))+ ' ',10,70,color=BLACK,size=2)

        #izpis trenutnih parametrov letenja:
        ROL(vrtenje), PIT(nagib), YAW(zasuk),
        THRUST (potisk)
        l.printStr('ROL: '+str(int(state_
        buf[3]/10))+ ' ',10,110,color=BLUE,size=2)
        l.printStr('PIT: '+str(int(state_
        buf[4]/10))+ ' ',130,110,color=BLUE,si-
        ze=2)
        l.printStr('YAW: '+str(int(state_
        buf[5]/200))+ ' ',10,140,color=BLUE,si-
        ze=2)
        l.printStr('THR: '+str(state_buf[6]*2-
        100))+ ' ',130,140,color=BLUE,size=2)
        #izpis višine trenutne letenja
        l.printStr('ALT: ' + str('%0.2f'%(sta-
        te_
        buf[8]/100))+ ' M ',10,180,color=
        DEEPPGREEN,
```

```
size=2)
        #Izpis napetosti baterije z zeleno
        barvo, ki je ta večja od 3.1V
        if state_buf[7] > 310 :
            l.printStr('BAT: '+str('%0.2f'%(sta-
            te_
            buf[7]/100))+ ' V ',10,210,color=DE-
            EPGREEN,size=2)
        else: # Izpis napetosti baterije z
            rdečo barvo, ki je ta enaka ali manjša od
            3.1V
            l.printStr('BAT: '+str('%0.2f'%(sta-
            te_
            buf[7]/100))+ ' V (LOW)',10,210,co-
            lor=RED,size=2)
        except OSError:
            pass
```

Zadnji del programske kode s funkcijo časovnika najprej vzpostavi samodejno periodično zaganjanje funkcije Socket\_fun na vsakih 50 ms, nato pa na vsakih 50 ms v neskončni zanki posreduje stanje igralne plošče dronu.

```
#Periodično izvajanje funkcije Socket_fun
za prikaz parametrov na prikazovalniku
vzporedno z neskončno zanko
tim = Timer(1)
tim.init(period=50, mode=Timer.PERIODIC,-
callback=Socket_fun)

while True: # neskončna zanka za krmiljenje
    v = gamepad.read() #branje stanja igral-
    ne plošče
    s.send(bytes(v)) #posredovanje stanja
    igralne plošče dronu
    time.sleep_ms(50) #počakaj 50 ms pred
    ponovitvijo neskončne zanke
```

Kot vidimo, ima daljinski upravljalnik barvni prikazovalnik predvsem za lepši izgled. Strojno opremo lahko poenostavimo tako, da namesto prikaza na prikazovalniku uporabimo zaporedno povezavo module ESP32 in prikaz izvedemo na prenosnem računalniku. To zahteva le spremembo podprograma Socket\_fun, ne pa tudi neskončne zanke, ki posreduje krmilne ukaze z igralne plošče dronu.

**RAČUNALNIŠKE NOVICE**  
bralcem revije  
**SVET ELEKTRONIKE**  
ponujajo POSEBNO  
PONUDBO!

**12 ŠTEVILOK** revije  
**RAČUNALNIŠKE NOVICE**  
plačate samo stroške pošiljanja  
**9,70 €** za vseh 12 števil, brez vezave.

Navedete geslo  
SVET ELEKTRONIKE.

**12 številk  
BREZPLAČNO**

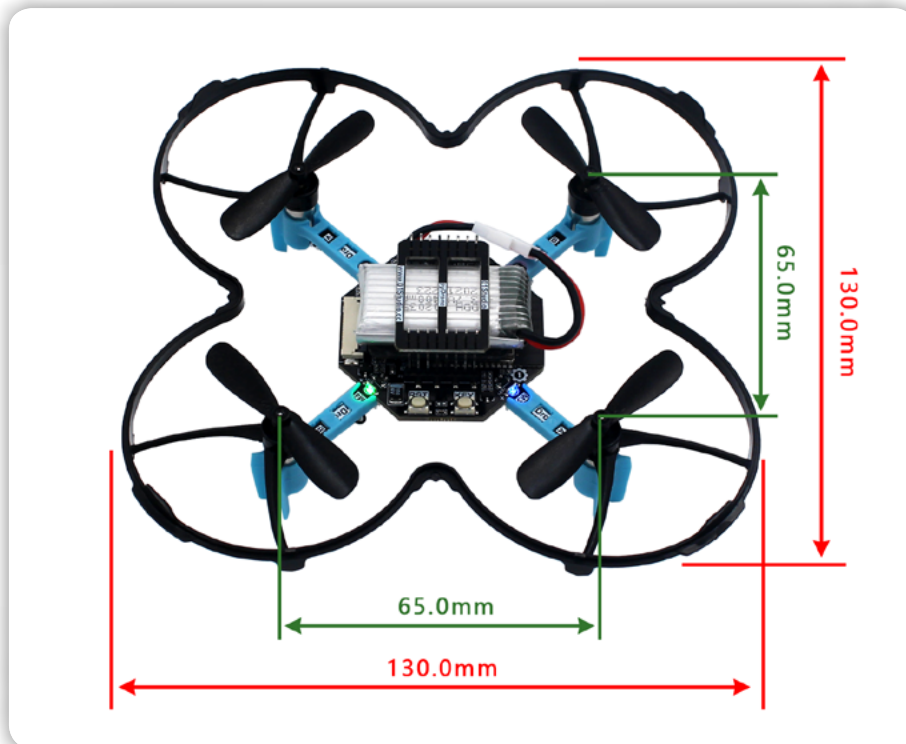
Naročite lahko na: [maja@stromboli.si](mailto:maja@stromboli.si) 01 620 88 00

## Prihodnjič

Tokrat nam je zmanjkalo prostora, da bi preverili tudi možnosti za gradnjo pametnega drona z Raspberry Pi 5 s 16 GB RAM in Raspberry Pi AI HAT+ 2 modulom z 8 GB RAM, ki omogoča hitro prepoznavanje predmetov v prostoru in uporabo velikih jezikovnih modelov (LLM) za pomoč pri odločanju. Zato se tega lotimo prihodnjič, ko si bomo ogledali še nekatere druge primere.

### Viri:

- 1: [cnx-software.com/2025/07/02/pydrone-esp32-s3-drone-programmable-with-micropython](https://cnx-software.com/2025/07/02/pydrone-esp32-s3-drone-programmable-with-micropython)
- 2: [github.com/01studio-lab/pyDrone](https://github.com/01studio-lab/pyDrone)
- 3: [github.com/okalachev/flix](https://github.com/okalachev/flix)



Slika 3: Dimenzije pyDrona.

<https://svet-el.si>

16. - 20. 9.  
2026

Celjski sejem

MOS 58

# svet MEHATRONIKE



## TEMATIKE

- novice
- robotika
- avtomatizacija
- strojništvo
- primeri dobre prakse

## NAROČNINA

4 revije na leto

## TOČKA REVIJE

Poiščite **brezplačno revijo** v izbranih trgovinah!

<https://svet-me.si/tocke-revije/>



## AX ELEKTRONIKA

ZALOŽNIK

AX ELEKTRONIKA d.o.o.

Depala vas 39, 1230 Domžale

## TEMATIKE

- novice
- elektronika za začetnike
- programiranje
- samogradnje

## NAROČNINA



# svet ELEKTRONIKE



programming has never been easier

# Smo uradni zastopnik za ELNEC v Sloveniji!

## BeeProg3



70-0074



## BeeProg4



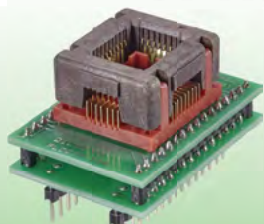
## BeeProg4C



## BeeProg204P



70-0036



AX, d.o.o. • Depala vas 39 • 1230 Domžale • 01 528 56 88 • <https://trgovina.svet-el.si> • [stik@svet-el.si](mailto:stik@svet-el.si)