

SE
339

REVILJA ZA ELEKTRONIKO, AVTOMATIKO, RAČUNALNIŠTVO IN TELEKOMUNIKACIJE

svet ELEKTRONIKE

ISSN 1318-4679



9 771318 467014



letnik XXXII

april 2025

številka 339

cena:

5,50 €



**Visokotemperaturni rele
dovoljuje bolj zgoščena
tiskana vezja**

PROSTOR ZA NALEPKO



**IFAM je letos praznoval
20 let**

**Zaznavanje toka
z uporabo vezi na tiskanih vezjih**

4-jedrni 64-bitni PIC64

**Regulacija temperature
fermentacije pивine s krmilnikom ESP8266**

**CGD napoveduje
prebojno 100kW+ tehnologijo**



**Preprosto reševanje zahtev
EMI in ESD**



Ključ do vašega uspeha

Letalska in vesoljska industrija je zahtevna.

DigiKey zagotavlja hitro dostavo delov, kjer koli in kadar koli jih potrebujete, da se vaše odštevanje ne bo zaustavilo.

Poiščite svoj ključni izdelek na [digikey.si](https://www.digikey.si)

DigiKey

we get technical

UVODNIK

- 4 Spet se bomo več srečevali!
Jurij Mikeln

NOVICE

- 5 Novi Embitov modul, ki združuje nizko porabo energije, razširljivost in odpornost proti šumom, je namenjen pametnim stavbam
<https://neocortec.com>
- 6 Posodobljena programska oprema Motor Control Studio podjetja Toshiba poenostavlja rešitve za krmiljenje motorjev
<https://www.toshiba.com>
- 7 CGD napoveduje prebojno 100kW+ tehnologijo, ki omogoča, da GaN naslavlja več kot 10 milijard dolarjev vreden trg inverterjev za električna vozila
Cambridge GaN Devices
- 8 Microchip predstavlja ekosistem električnih dvokolesnikov za pospešitev inovacij na področju e-mobilnosti
<https://www.microchip.com>
- 9 Podjetje Power Integrations je predstavilo integrirana vezja TinySwitch-5 za visoko učinkovite napajalnike
<https://www.power.com>
- 11 Visokotemperaturni rele dovoljuje bolj zgoščena tiskana vezja
<https://omron.eu>

PREDSTAVLJAMO

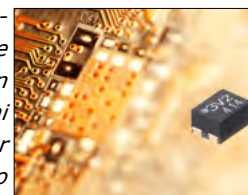
- 12 IFAM je letos praznoval 20 let predstavljanja industrije
Avtor: Jurij Mikeln
<https://svet-el.si>
- 18 Moduli Wi-Fi 6 povezave s poenostavljeno brezžično Bluetooth LE tehnologijo za industrijsko rabo
Avtor: Rolf Horn
<https://www.digikey.com>
- 22 Preprosto reševanje zahtev EMI in ESD
Avtor: Daniele Carnevale
<https://www.rutronik.com>
- 24 Elektromagnetna združljivost
Avtor: Izr. prof. dr. Marko Jankovec
<https://fe.uni-lj.si>
- 29 Zaznavanje toka z uporabo vezi na tiskanih vezjih
Avtor: Jerry Steele
<https://www.microchip.com>
- 32 Hitro in preprosto nadgradite na najnovejše Wi-Fi standard z uporabo predhodno certificiranih modulov
Avtor: Chetan Joshi
<https://holdings.panasonic/global>

PROGRAMIRANJE

- 36 Uporaba Click Power Meter 2 za spremljanje majhnih moči
Avtor: Brian Millier
- 42 4-jedrni 64-bitni PIC64
Avtor: dr. Simon Vavpotič
- 45 PID regulator s krmilnikom ESP8266
Avtor: Boštjan Tovšak

Visokotemperaturni rele dovoljuje bolj zgoščena tiskana vezja

Omron Electronic Components Europe je predstavil MOS FET rele G3VM S-VSON(L), ki je zasnovan za uporabo v polprevodniški testni opremi, komunikacijski opremi ter testni in merilni opremi. Rele lahko deluje pri temperaturah okolice do 125 °C, kar je boljše od prejšnjih izvedb, ki so bile omejene na temperaturo okolice 110 °C...

**Stran:11****IFAM je letos praznoval 20 let**

Nekateri bralci revije Svet elektronike se boste spomnili, kako smo pričeli z IFAM-om 20 let nazaj, ko smo prvič organizirali strokovno konferenco Trendi in tehnologije avtomatizacije v Portorožu. Omenjena konferenca se je pričela z relativno malo pozornosti osrednjih slovenskih medijev, temu primerna je bila tudi...

**Stran:12****Preprosto reševanje zahtev EMI in ESD**

Številne izzive v proizvodnji elektronike in aplikacijah je mogoče rešiti z obsežno družino izdelkov Flex Suppressor. Z njo je mogoče enostavno izboljšati integriteto signala, zmanjšati presluhe in povečati zanesljivost elektronskih naprav. Vsak razvijalec elektronike pozna problematiko...

**Stran:22****Zaznavanje toka z uporabo vezi na tiskanih vezjih**

Ko je potrebno zaznavanje toka, se oblikovalci običajno najprej odločijo za uporabo namenskih uporov, zasnovanih za to nalogo. Občasno pa se pojavi skušnjava, da bi razmislili o zaznavanju toka v sledi tiskanega vezja. Za natančno zaznavanje toka v bremenu so potrebni upori za zaznavanje toka, ki se običajno imenujejo „tokovni šent upori“...

**Stran:29**www.omron.com



Jurij Mikeln

REVIJA ZA ELEKTRONIKO,
AVTOMATIKO,
RAČUNALNIŠTVO
IN TELEKOMUNIKACIJE

Ustanovljena leta 1994, izhaja mesečno, 11 števk 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 pisanega soglasja uredništva.

Umetna inteligenca in EMC

Drage bralke in dragi bralci revije Svet elektronike!

Nedolgo nazaj sem obiskal sejem/konferenco Embedded World v Nürnbergu. Kot nekateri od vas, ki ste morda obiskali ta sejem, sem tudi jaz tam videl marsikaj zanimivega. Pokazanega je bilo veliko tega, kako se umetna inteligenca – kot jo z angleško kratico AI poimenujemo, počasi in vztrajno pojavlja na skoraj vseh področjih. Reportažo s sejma Embedded World boste lahko prebrali v naslednji številki, lahko pa vam namignem, da sem videl AI pomočnika, ki za nas nariše električno shemo v Altium, Eagle, Kicad in še nekaterih drugih programih. Če smo vajeni, da nam ChatGPT napiše tekst neke tehnične rešitve – ChatGPT namreč ne »zna risati«, nam zdaj AI orodja znajo narisati shemo in izbrati komponente iz ponudbe uveljavljenih dobaviteljev elektronskih komponent, kot recimo DigiKey, Mouser in podobni.

Kam vse se bo »vtihotapila« AI, je težko napovedati, se pa gotovo »vtihotapijo« motnje v naše naprave, če jih ne načrtujemo pravilno. V reviji Svet elektronike začnemo s serijo člankov, v katerih bomo obravnavali EMC – elektromagnetno kompatibilnost oziroma združljivost. Sodelavec Fakultete za elektrotehniko v Ljubljani, izr. prof. dr. Marko Jankovec se je odločil, da bo to področje predstavil v reviji Svet elektronike, saj morajo naše naprave delovati skladno z EMC priporočili. Če naprave generirajo preveč motenj sosednjim napravam, so posledice lahko dramatične. Ena takšnih najbolj dramatičnih posledic je bila potopljena vojaška ladja. Zakaj se je ladja potopila, si lahko preberete v tokratni številki.

Seveda je zanimivih člankov še mnogo več, zato vas vabim, da si revijo Svet elektronike priskrbite pri svojem prodajalcu revij.

In seveda vabljeni, da od 8. do 11. aprila obiščete sejem MIS 2025 v Celju ter se oglasite na našem razstavnem prostoru v hali L, kjer boste v 1. nadstropju našli naš razstaveni prostor. Tisti, ki ste nas obiskali v zadnjem letu, ste se lahko prepričali, da je naš kapučino daleč najboljši od vseh na sejmu.

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,...

Novi Embitov modul, ki združuje nizko porabo energije, razširljivost in odpornost proti šumom, je namenjen pametnim stavbam

Neo Cortec

Podjetji NeoCortec in Embit sta na sejmu Embedded World 2025 predstavili brezžični omrežni modul NeoMesh z dvema pasovoma in dvema načinoma delovanja ter LoRa® modulacijo.

Na Embedded World 2025 dogodku v Nürnbergu v Nemčiji med 11. in 13. marcem 2025 sta podjetje NeoCortec, proizvajalec dvosmernega brezžičnega omrežnega protokola mesh z izjemno nizko porabo energije, v hali 3 na stojnici 426, in podjetje Embit, proizvajalec brezžičnih modulov, v hali 3 na stojnici 639 predstavila dvopasovni (subGHz/2,4GHz) vgrajeni brezžični omrežni modul NeoMesh in sklad LoRaWAN®, ki podpirata LoRa. Po prvi predstavitvi možnosti oblikovanja brezžičnega omrežja NeoMesh z modulacijo LoRa na 2,4 GHz brezžičnem omrežnem modulu na sejmu electronica 2024 ta novi dvopasovni modul omogoča uporabo nove tehnologije v veliko več aplikacijah in strankam ponuja večjo prilagodljivost. Kombinacija preproste in obsežne razširljivosti omrežja NeoMesh ter nizke porabe energije z dokazano sposobnostjo LoRa modulacije podjetja Semtech, da dobro deluje z zelo velikim dosegom v šumnih okoljih, npr. v stavbah, kjer je veliko dodatnih radijskih šumov, kot sta Wi-Fi in Bluetooth, bistveno povečuje vrednostno ponudbo obeh vodilnih brezžičnih tehnologij.

„Hitro razvijajoča se pokrajina interneta stvari zahteva prilagodljivo in vsestransko brezžično povezljivost za različne, kritične primere uporabe v različnih panogah,“ je dejal Shahar Feldman, višji direktor za trženje izdelkov brezžičnih integriranih vezij pri podjetju Semtech. „To sodelovanje med podjetjema NeoCortec in Embit zagotavlja prav to - združuje omrežja LoRaWAN® in Neomesh s podporo LoRa® v eno samo, inovativno in stroškovno učinkovito napravo. S povečanjem vsestranskosti ob hkratnem zmanjšanju stroškov ta rešitev predstavlja korak naprej na področju povezljivosti interneta stvari, ki omogoča širšo tržno širitev v več sektorjih.“

Thomas Steen Halkier, izvršni direktor podjetja NeoCortec, pojasnjuje: „Vse različne tehnologije za brezžično povezovanje obstajajo, ker se ukvarjajo z različnimi izzivi. Zdaj lahko oblikovalci izkoristijo kombinacijo vodilnih rešitev. Pričakujemo, da bo ta razvoj odprl še več priložnosti za brezžično povezovanje v pametnih stavbah in drugih aplikacijah.“



Programska oprema NeoMesh se izvaja v LoRa modulu, ki ga proizvaja podjetje Embit S.R.L. Modul EMB-LR1121-e, ki je v celoti skladen s svetovnimi predpisi za sub-GHz in 2,4GHz frekvenčni pas in ga je mogoče uporabljati kjer koli na svetu, temelji na Semtechovem oddajniku LR1121 dolgega dosega, ki je združen z MCU STM32. Podrobnosti je razložil Fabio Bonizzi, izvršni direktor podjetja Embit: „Veseli nas, da smo lahko na sejmu Embedded World 2025 predstavili prvi komercialno dostopni brezžični omrežni modul z dvema pasovoma in dvema načinoma delovanja, ki vključuje tehnologiji LoRaWAN in NeoMesh.“

Podjetje NeoCortec je bilo ustanovljeno leta 2007 z namenom razvoja in patentiranja več inovacij, povezanih z brezžičnimi senzorskimi omrežji. Glavni izdelek je NeoMesh. NeoMesh je brezžični komunikacijski protokol za vgradnjo v pametne naprave, ki omogoča komunikacijo med napravami in z oblakom. NeoMesh je v celoti zgrajen iz nič, da bi premagal nekatere omejitve, ki jih imajo na primer Zigbee, Zwave, Bluetooth in Thread: razširljivost glede števila naprav, dosega in porabe energije. V podjetju NeoCortec si prizadevajo, da bi z uporabo omrežja NeoMesh naredili neinteligentne velike stavbe pametnejše. Enostavna nadgradnja brez kablov. Sistem NeoMesh je na voljo na dvosmernih brezžičnih komunikacijskih moduli mesh omrežja z izjemno nizko porabo energije ter na podlagi licence na številnih različnih nabornih čipov.

V nasprotju z drugimi tehnologijami mesh omrežij je omrežje NeoMesh dinamično in razširljivo, saj podpira več tisoč vozlišč, ki vsa več let delujejo na baterije. Enostavno ga je namestiti, saj ne potrebuje ojačevalnikov ali drugih naprav, ki se napajajo iz električnega omrežja. Omrežje NeoMesh lahko tudi samodejno preusmeri signale in tako samozdravi omrežje v primeru okvare vozlišča.

O podjetju NeoCortec

Podjetje NeoCortec je bilo ustanovljeno leta 2007 z namenom razvoja in patentiranja več inovacij, povezanih z brezžičnimi senzorskimi omrežji. Glavni izdelek je NeoMesh. NeoMesh je brezžični komunikacijski protokol za vgradnjo v pametne naprave, ki omogoča komunikacijo med napravami in z oblakom. NeoMesh je v celoti zgrajen iz nič, da bi premagal nekatere omejitve, ki jih imajo na primer Zigbee, Zwave, Bluetooth in Thread: razširljivost glede števila naprav, dosega in porabe energije. V podjetju NeoCortec si prizadevajo, da bi z uporabo omrežja NeoMesh naredili neinteligentne velike stavbe pametnejše. Enostavna nadgradnja brez kablov. Sistem NeoMesh je na voljo na dvosmernih brezžičnih komunikacijskih moduli mesh omrežja z izjemno nizko porabo energije ter na podlagi licence na številnih različnih nabornih čipov.

<https://neocortec.com>



Posodobljena programska oprema Motor Control Studio podjetja Toshiba poenostavlja rešitve za krmiljenje motorjev

Toshiba

Poenostavi uporabo brezkrtačnih enosmernih pogonov (BLDC) in sinhronskih motorjev s trajnimi magneti (PMSM).

Toshiba Electronics Europe GmbH („Toshiba“) je izdala MCU Motor Studio 4.0 (MMS), najnovejšo posodobitev Toshiba bina programskega orodja in ugnedene programske opreme za krmiljenje motorjev TXZ+™ naprednega razreda mikrokontrolerjev.

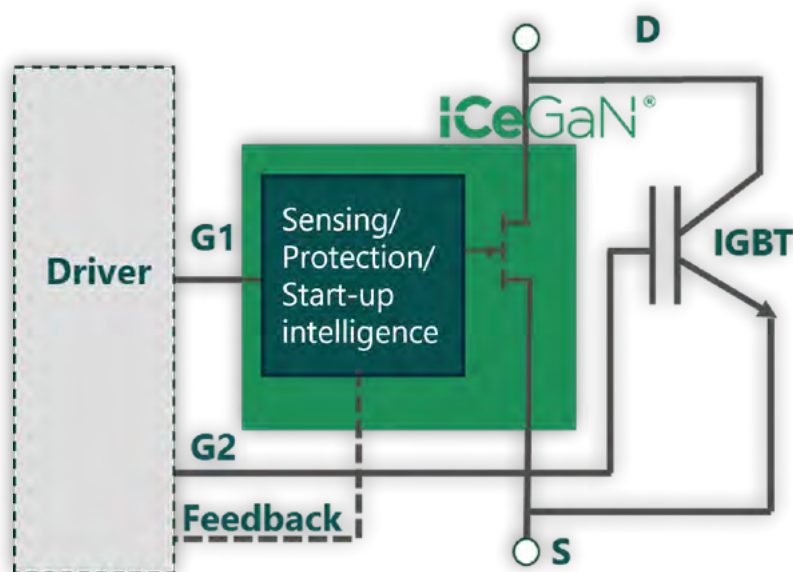
Ta izdaja programa MCU Motor Studio zdaj dodaja konfiguracije „bare-metal“, ki zajemajo vse podprte naprave in omogočajo uporabo brez operacijskega sistema v realnem času. Pokritost MCU je razširjena z najnovejšo Toshiba skupino TPM4KNF10x. Nove funkcije, implementirane v tej izdaji, vključujejo podporo za fazo change-down, ki omogoča gladek prehod z vektorskega krmiljenja na sinusno komutacijo (način Force); izboljšanje PWM shift-2 zaznavanja toka 1-shunt tako za strojno krmiljenje na osnovi vektorskega motorja (VE) kot tudi za programsko implementirano FOC. Dodana sta tudi sprememba smeri/obratno vrtenje s FOC, ki temelji na opazovalniku fluksa, in način „STOP zavore“. MMS 4.0 vključuje digitalni osciloskop s prostim tokom (DSO) za neprekinjeno beleženje do štirih parametrov v realnem času, ki dopolnjuje obstoječe enkratno beleženje DSO v realnem času, ki se nasprotno izvaja v krajših časovnih intervalih z vnaprej določenim številom vzorcev in frekvenco vzorčenja.

MMS 4.0, ki je združljiv z operacijskim sistemom Windows 11, je na voljo za prenos s Toshiba bina spletnega mesta. Načrtovana prihodnja posodobitev bo uporabnikom omogočila namestitve programa Motor Tuning Studio (MTS), ki je trenutno na voljo za prenos kot spremljevalno orodje, kot samostojne knjižnice v MMS 4.0, kar bo uporabnikom omogočilo priročen dostop do funkcij obeh orodij prek enega grafičnega uporabniškega vmesnika (GUI).

Poleg tega namerava MIKROE izdati Clicker 4 Inverter Shield 2, najnovejši dodatek k seriji razširitvenih plošč Clicker 4, ki bo v celoti podprt v novi različici MMS 4.0.

O podjetju Toshiba Electronics Europe

Toshiba Electronics Europe GmbH (TEE) evropskim potrošnikom in podjetjem ponuja široko paleto izdelkov trdih diskov



(HDD) ter polprevodniških rešitev za avtomobilsko industrijo, industrijo, internet stvari, nadzor gibanja, telekomunikacije, omrežje, potrošniške aplikacije in belo tehniko. Poleg trdih diskov širok portfelj podjetja med drugim zajema tudi močnostne polprevodnike in druge diskretne naprave, od diod do logičnih integriranih vezij, optične polprevodnike ter mikrokontrolerje in aplikacijsko specifične standardne izdelke (ASSP).

Poleg tega TEE ponuja tudi Toshiba bina baterijske celice in module SCiB™ z litijevim titanovim oksidom (LTO) za uporabo v težkih pogojih ter keramične podlage iz silicijevega nitrida (SiN), ki se zaradi svojih lastnosti odvajanja toplote in trdnosti uporabljajo v močnostnih polprevodniških modulih, inverterjih in pretvornikih.

Podjetje TEE ima sedež v Düsseldorfu v Nemčiji, podružnice v Franciji, Italiji, Španiji, na Švedskem in v Združenem kraljestvu pa zagotavljajo trženjske, prodajne in logistične storitve. Za dodatne informacije o podjetju in izdelkih obiščite Toshiba bina spletne strani na naslovih www.toshiba.semicon-storage.com, www.scib.jp/en in www.toshiba-tmat.co.jp/en/.

<https://www.toshiba.com>



CGD napoveduje prebojno 100kW+ tehnologijo, ki omogoča, da GaN naslavlja več kot 10 milijard dolarjev vreden trg inverterjev za električna vozila

Cambridge GaN Devices

Vzporedna kombinacija ICeGaN HEMT in IGBT zagotavlja visok izkoristek pri nižjih stroških.

Podjetje Cambridge GaN Devices (CGD), ki razvija energetsko učinkovite napajalne naprave na osnovi GaN, ki omogočajo enostavnejše načrtovanje in izvajanje okolju prijaznejše elektronike, je danes razkrilo več podrobnosti o rešitvi, s katero bo podjetje s svojo ICeGaN® tehnologijo iz galijevega nitrida (GaN) lahko obravnavalo aplikacije pogonskih sklopov električnih vozil z močjo nad 100 kW. Trg, vreden več kot 10 milijard USD. Combo ICeGaN® združuje pametne ICeGaN HEMT in IGBT (bipolarne tranzistorje z izoliranim vratom) v istem modulu ali IPM, kar povečuje učinkovitost in ponuja stroškovno učinkovito alternativo dragim silicijevim karbidnim (SiC) rešitvam.

Dr. Giorgia Longobardi, ustanoviteljica in izvršna direktorica družbe CGD je dejala: „Danes se v inverterjih za pogon EV uporabljajo IGBT, ki so poceni, vendar neučinkoviti pri majhnih obremenitvah, ali pa SiC naprave, ki so zelo učinkovite, vendar tudi drage. Naša nova rešitev Combo ICeGaN bo revolucionarno spremenila industrijo električnih vozil, saj pametno združuje prednosti GaN tehnologij in silicija, ohranja nizke stroške in najvišjo raven učinkovitosti, kar seveda pomeni hitrejšo polnjenje in daljši doseg. Že sodelujemo s proizvajalci električnih vozil prvega reda in njihovimi partnerji v dobavni verigi, da bi ta tehnološki napredek uvedli na trg.“

Lastniški pristop Combo ICeGaN uporablja dejstvo, da lahko ICeGaN in IGBT naprave delujejo v vzporedni arhitekturi s podobnimi razponi pogonske napetosti (npr. 0-20 V) in odlično robustnostjo vrat. Pri delovanju je ICeGaN stikalo zelo učinkovito, z nizko prevodnostjo in nizkimi stikalnimi izgubami pri razmeroma majhnih tokovih (majhna obremenitev), medtem ko IGBT prevladuje pri razmeroma velikih tokovih (proti polni obremenitvi ali v pogojih prenapetosti). Combo ICeGaN ima koristi tudi od visokih nasičenih tokov in sposobnosti lavinskega lepljenja IGBT ter zelo učinkovitega preklapljanja ICeGaN. Pri višjih temperaturah začne bipolarna IGBT komponenta delovati pri nižjih napetostih v stanju vklopa, kar dopolnjuje izgubo toka v ICeGaN. Nasprotno pa bo pri nižjih temperaturah ICeGaN prevzel več toka. Funkcije zaznavanja in zaščite so inteligentno upravljane za optimalno krmiljenje Combo ICeGaN



in povečanje varnega območja delovanja (SOA) naprav ICeGaN in IGBT.

Tehnologija ICeGaN inženirjem električnih vozil omogoča, da izkoristijo prednosti GaN v DC-DC pretvornikih, polnilnikih na vozilu in potencialno v pogonskih pretvornikih. Combo ICeGaN dodatno razširja prednosti GaN tehnologije podjetja CGD na bogat trg priključnih pretvornikov z močjo nad 100 kW. ICeGaN IC so se izkazali za zelo robustne, IGBT pa so se izkazali v aplikacijah za električna vozila. Podobne, lastniške vzporedne kombinacije ICeGaN naprav z MOSFET-i SiC je dokazala tudi družba CGD, vendar je kombinacija ICeGaN - ki je zdaj podrobno opisana v objavljenem dokumentu IEDM - veliko bolj ekonomska rešitev. CGD pričakuje, da bo konec tega leta pripravil delujoče predstavitvene različice kombiniranega ICeGaN.

Prof. Florin Udrea, ustanovitelj in tehnični direktor podjetja CGD je dejal: „Ker že tri desetletja delam na področju energetskih naprav, sem se prvič srečal s tako čudovito dopolnjujočim se tehnološkim parom. ICeGaN je izjemno hiter in odličen pri majhnih obremenitvah, medtem ko IGBT prinaša velike prednosti pri polni obremenitvi, prenapetostnih pogojih in pri visokih temperaturah. ICeGaN zagotavlja inteligenco na čipu, IGBT pa lavinsko zmogljivost. Oba uporabljata silicijeve

podlage, ki prinašajo prednosti glede stroškov, infrastrukture in možnosti izdelave."

O podjetju Cambridge GaN Devices

Podjetje Cambridge GaN Devices (CGD) oblikuje, razvija in trži GaN tranzistorje in integrirana vezja, ki omogočajo radikalni korak k energetski učinkovitosti in kompaktnosti. Naše poslanstvo je uvesti inovacije v vsakdanje življenje z zagotavljanjem energetsko učinkovitih GaN rešitev brez napora. ICeGaN® tehnologija podjetja CGD je dokazano primerna za velikoserijsko proizvodnjo, podjetje pa hitro povečuje obseg proizvodnje in vzpostavlja partnerstva s strankami. Podjetje CGD, ki nima tovarne rezin, je bilo ustanovljeno na Univerzi

v Cambridgeu, njegova ustanoviteljica, izvršna direktorica dr. Giorgia Longobardi in tehnični direktor, profesor Florin Udrea, pa sta še vedno močno povezana s svetovno znano skupino za visokonapetostno mikroelektroniko in senzorje (HVMS) na Univerzi. CGD-jeva tehnologija ICeGaN HEMT je zaščitena z močnim in stalno rastočim portfeljem intelektualne lastnine, ki je posledica zavezanosti podjetja k inovacijam. Tehnično in komercialno strokovno znanje ekipe CGD skupaj z obsežnimi izkušnjami na trgu močnostne elektronike je bilo temeljnega pomena za tržno uveljavitev njene lastniške tehnologije.

<https://camgandevices.com/>



Microchip predstavlja ekosistem električnih dvokolesnikov za pospešitev inovacij na področju e-mobilnosti

Microchip Technology Inc.

Skalabilne in prilagodljive rešitve za oblikovanje različnih modelov e-skuterjev in e-koles.

Trg električnih dvokolesnikov spreminja prometno industrijo, saj potrošniki uporabljajo e-skuterje in e-kolesa za rekreacijo in vsakodnevno vožnjo na delo. Microchip Technology (Nasdaq: MCHP) napoveduje uvedbo ekosistema Electric Two-Wheeler (E2W), celovitega nabora predhodno potrjenih referenčnih modelov, ki se ukvarja s ključnimi izzivi pri razvoju e-skuterjev in e-koles, vključno z energetsko učinkovitostjo, integracijo sistema, varnostjo in časom, potrebnim za dajanje na trg. S ponudbo skalabilnih rešitev avtomobilskega razreda Microchip proizvajalcem omogoča, da racionalizirajo razvoj in izdelajo zanesljiva, funkcionalno bogata električna dvokolesa.

Microchipove avtomobilске komponente in modularni referenčni modeli zagotavljajo prilagodljivo in razširljivo platformo, ki se prilagaja različnim stopnjam moči in zahtevam po funkcijah. Razvijalci lahko s podporo obsežnih projektnih datotek, shem, popisa materiala (BOM) in globalne tehnične podpore na trgu hitro ponudijo e-skuterje in e-kolesa naslednje generacije z optimizirano močjo, varnostjo in inteligenco.

„Proizvajalci se pogosto spopadajo z op-

timizacijo energetske učinkovitosti, zagotavljanjem nemotene integracije sistema in izpolnjevanjem spreminjajočih se varnostnih standardov,“ je dejal Joe Thomsen, podpredsednik Microchipove poslovne enote dsPIC.

„Microchipov ekosistem za električna dvokolesa neposredno rešuje te izzive pri načrtovanju s predhodno potrjenimi, visoko zmogljivimi rešitvami, ki pomagajo pospešiti razvoj izdelkov in povečati zanesljivost vozil.“



Ključne rešitve Microchipovega E2W ekosistema

Optimizirana moč in učinkovitost baterije

- Napredni sistem za upravljanje akumulatorja (BMS) z inteligentnim pretvarjanjem energije in zaznavanjem povečuje izkoristek energije, da podaljša življenjsko dobo akumulatorja in doseg vozila ter poveča varnost.
- Referenčna zasnova pretvorbe 48 V v 12 V zagotavlja visoko učinkovito distribucijo energije, kar izboljša splošno zanesljivost sistema.

Hitre in prilagodljive rešitve polnjenja

- Referenčna zasnova za 7,4 kW enofazni izmenični polnilnik za EV ponuja zanesljivo domače polnjenje z vgrajenimi zaščitnimi funkcijami.
- Dvojna polnilna vrata USB-PD so zasnovane tako, da omogočajo hitro in prilagodljivo polnjenje mobilnih naprav, kar povečuje udobje uporabnika.

Visoko zmogljiv nadzor sledenja motorja

- Referenčne zasnove krmiljenja motorjev z močjo od 350 W do 10 kW zagotavljajo gladko pospeševanje, izboljšano energetske učinkovitost in natančno krmiljenje.
- Predhodno integrirana vdelana programska oprema in modularna zasnova poenostavlja razvoj sistema in skrajšuje čas, potreben za dajanje na trg.

Brezhibna integracija sistemov in pametno upravljanje vozila

- Nadzorna enota vozila (angl. Vehicle Control Unit - VCU), daljinski vstop brez ključa (angl. Remote Keyless Entry - RKE), zaznavanje odpiranja/izklopa rok in zvočni sistem

opozarjanja vozila (angl. Hands-On/Off Detection and Acoustic Vehicle Alerting System - AVAS) skupaj povečujejo varnost in zaščito električnega dvokolesnika.

- Integrirana telematika in sledenje premoženja zagotavlja spremljanje v realnem času, preprečevanje kraje in upravljanje voznega parka.

Inteligentni zaslon na dotik in povezana uporabniška izkušnja

- Okrogla instrumentna plošča LCD 720x720 z Microchipovim MPU SAM9X75 z MIPI® DSI, dvojnimi GbE in NAND Flash omogoča vizualizacijo podatkov v realnem času in pametno povezljivost.
- Krmilniki maXTouch® ATMXT640UD in ATMXT641TD z zaslonom na dotik zagotavljajo natančno delovanje na dotik v ekstremnih vremenskih razmerah in dežju tudi z debelimi rokavicami.
- Diagnostika na daljavo, ki jo omogoča oblak, in sledenje zmogljivosti izboljšata izkušnjo voznika in optimizirata delovanje voznega parka.

Microchipov ekosistem za električna dvokolesa zagotavlja vnaprej potrjene, visoko zmogljive rešitve, ki proizvajalcem pomagajo skrajšati čas razvoja, optimizirati energetske učinkovitost in povečati varnost e-skuterjev in e-koles. Če želite izvedeti več, obiščite Microchipovo spletno stran Electric Two-Wheeler.

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>



power
integrations™

Podjetje Power Integrations je predstavilo integrirana vezja TinySwitch-5 za visoko učinkovite napajalnike

Power Integrations

Peta generacija ikonične družine stikal omogoča izhodno moč do 175 W in dosega 92-odstotni izkoristek v klasični flyback arhitekturi

Podjetje Power Integrations (NASDAQ: POWI), vodilno na področju visokonapetostnih integriranih vezij za učinkovito pretvorbo energije, je predstavilo TinySwitch™-5, ki povečuje izhodno moč najbolj priljubljene družine integriranih off-

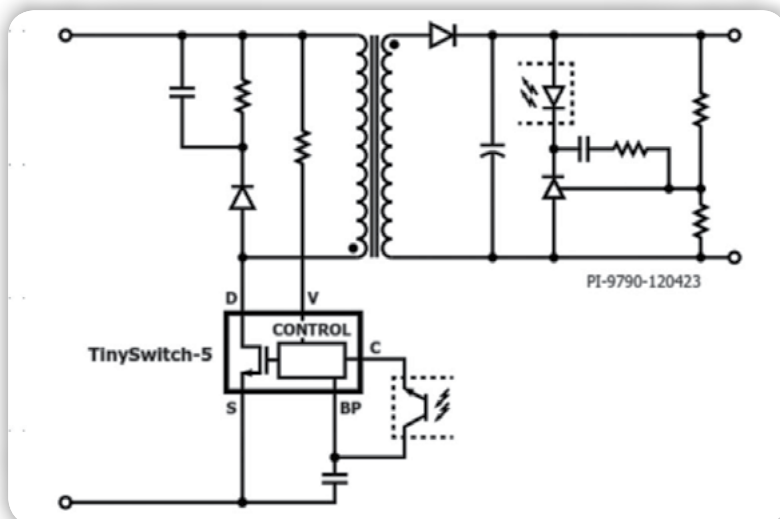
line stikalnih integriranih vezij na 175 W.

Novi TinySwitch-5 dosega do 92-odstotno učinkovitost z osnovnimi diodnimi usmerniki in optično sklopljeno povratno povezavo.



Po vsem svetu je bilo prodanih več kot šest milijard enot, zato se integrirana vezja TinySwitch pogosto uporabljajo za napajanje in pomožno napajanje v napravah, računalništvu, komunikacijah, industriji in medicini. Oblikovalci že dolgo cenijo izdelke TinySwitch zaradi njihove preprostosti zasnove in visoke učinkovitosti - zlasti pri majhni obremenitvi. TinySwitch so bili prvi z nagrajeno tehnologijo EcoSmart™ podjetja Power Integrations, ki je od leta 1998 z zmanjšanjem porabe energije v stanju pripravljenosti prihranila približno 200 teravatih ur električne energije.

IC-ji stikalnih pretvornikov TinySwitch-5 so opremljeni z naprednim krmilnikom, ki nemoteno krmili frekvenco preklapov in dovajanje energije za čim večjo učinkovitost, tudi pri majhnih obremenitvah. To omogoča načrtovanje napajalnikov, ki brez težav izpolnjujejo omejitve porabe energije pri majhnih obremenitvah 300 mW, ki jo določa Direktiva 2009/125/ES o izdelkih, povezanih z energijo (ErP), pri čemer še vedno zagotavljajo do 220 mW izhodne moči za zaslon, krmilne in komunikacijske funkcije. Izboljšano ohišje pomeni, da lahko integrirana vezja TinySwitch-5 brez hladilnika proizvedejo do 75 W, zaščita pred pre nizko in previsoko napetostjo linije pa zagotavlja robustnost za uporabo v državah z nestabilnim omrežnim napajanjem. Silvestro Fimiani, direktor trženja izdelkov pri podjetju Power Integrations, je dejal: „TinySwitch je zaradi svoje učinkovitosti in enostavne uporabe postal zlati standard za majhne napajalnike. S TinySwitch-5 lahko oblikovalci povečajo največjo moč do 175 W, hkrati pa zlahka dosežejo 220 mW moči in zadovoljijo potrebe proizvajalcev naprav, za katere velja pravilo Evropske unije ErP o 300 mW moči v stanju pripravljenosti.“



Dobavljivost

Cena za TinySwitch-5 se začne pri 0,35 USD za 10.000 enot. Na voljo so referenčni modeli, ki opisujejo: 12 W enojni napajalnik (DER-1017); 26,5 W dvojni napajalnik z odličnim izkoristkom v stanju pripravljenosti (RDR-1016); 36 W enojni napajalnik z visokim izkoristkom pri majhni obremenitvi (DER-1040); in 120 W napajalnik z 92-odstotnim izkoristkom pri 230 V AC (DER-1027). Za dodatne informacije se obrnite na prodajnega predstavnika podjetja Power Integrations ali na enega od pooblaščenih svetovnih distributerjev podjetja - DigiKey, Newark, Mouser in RS Components - ali obiščite spletno stran www.power.com.

O podjetju Power Integrations

Podjetje Power Integrations, Inc. je vodilni inovator na področju polprevodniških tehnologij za visokonapetostno pretvorbo energije. Njegovi izdelki so ključni gradniki v ekosistemu čiste energije, saj omogočajo proizvodnjo energije iz obnovljivih virov ter učinkovit prenos in porabo energije v aplikacijah od milivatov do megavatov. Za več informacij obiščite www.power.com.

<https://www.power.com>



Part Number	Metal Heatsink		
	Peak or Open Frame O/P Power (W)		
	400 VDC	230 VAC ± 15%	85 - 265 VAC
TNY5071K	25	22	15
TNY5071V	25	22	15
TNY5072K	35	32	20
TNY5072V	35	32	20
TNY5073K	50	45	30
TNY5073V	50	40	25
TNY5074K	60	55	35
TNY5074V	60	50	30
TNY5075K	75	70	45
TNY5075V	75	60	35

Open frame power supply in 50°C ambient

Part Number	Metal Heatsink		
	Peak or Open Frame O/P Power (W)		
	400 VDC	230 VAC ± 15%	85 - 265 VAC
TNY5075E	120	105	70
TNY5076E	170	155	105
TNY5077E	190	175	120



Package K: eSOP-12
(PCB cooling)



Package V: eDIP-12
(Heatsink)



Package E: eSIP-7
(heatsink)

Visokotemperaturni rele dovoljuje bolj zgoščena tiskana vezja

Omron Corporation

Omron Electronic Components Europe je predstavil MOS FET rele G3VM S-VSON(L), ki je zasnovan za uporabo v polprevodniški testni opremi, komunikacijski opremi ter testni in merilni opremi.

Rele lahko deluje pri temperaturah okolice do 125 °C, kar je boljše od prejšnjih izvedb, ki so bile omejene na temperaturo okolice 110 °C. Kot MOS FET rele se ga krmili z napetostjo, kar odpravlja potrebo po izbiri vhodnega upora, hkrati pa sprošča dodaten prostor na plošči.

Ker postajajo naprave vedno manjše in bolj zapletene, morajo oblikovalci na vsako ploščo vgraditi več komponent. Vendar vsaka elektronska komponenta med delovanjem ustvarja toploto, kar lahko ogrozi učinkovitost in zanesljivost. Izboljšana temperaturna učinkovitost relejev G3VM omogoča zasnovo bolj gosto zapolnjenih plošč tiskanega vezja. V praksi lahko to pri testnih aplikacijah omogoči hkratno izvedbo več testov v krajšem času.

Temperaturna zmogljivost olajša tudi oblikovanje manjših aplikacij, saj lahko G3VM prenese večjo količino toplote, ne da bi pri tem izgubil učinkovitost. Rele tehta le 0,1 g in meri 2,0 mm (dolžina) x 1,45 mm (globina) x 1,3 mm (višina). Rele G3VM S-VSON(L) je na voljo v štirih različicah z vhodnimi tokovi naprej od 0,54 mA do 6,6 mA in trajnim tokom bremena od 0,4 A do 1,5 A.

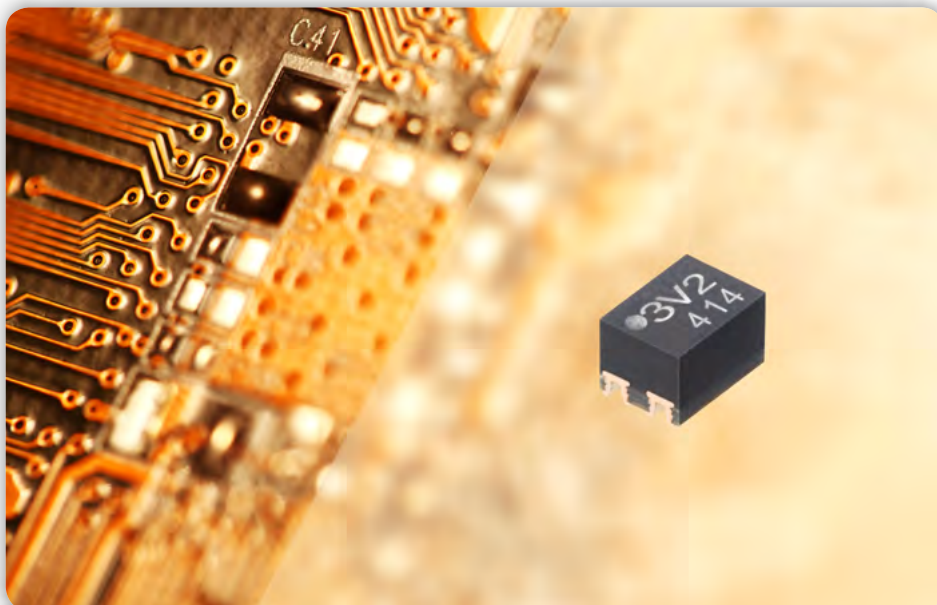
Za več informacij obiščite: <https://components.omron.com/eu-en/products/relays/G3VM-31QV2H-61QV3H-61QV4H-61QV3L>

O podjetju OMRON Electronic Components Europe

Podjetje OMRON Corporation je 1. aprila 2022 objavilo, da se je njegov oddelek za elektromehanske komponente (EMC) preimenoval v OMRON Device and Module Solutions (DMS) v skladu z globalno dolgoročno vizijo „Oblikovanje prihodnosti 2030“.

OMRON Electronic Components Europe je evropska podružnica oddelka za rešitve za naprave in module. Spremenjeno ime divizije odraža novo usmeritev v zagotavljanje rešitev strankam po vsem svetu in v Evropi. Podjetje se sooča z novimi družbenimi in okoljskimi spremembami, česar se podjetje OMRON zaveda in se nanje odziva.

Podjetje želi svojim strankam ponuditi rešitve, ki jim bodo



pomagale pri reševanju teh univerzalnih izzivov. V skladu z dolgoročno strategijo namerava OMRON še naprej prispevati k uvajanju novih virov energije in hitrih komunikacij, tako da bo omogočil izdelavo trdnejših, naprednejših in učinkovitejših naprav. Te naprave bodo ljudem olajšale in izboljšale življenje, zlasti z doseganjem ogljične nevtralnosti, uresničevanjem digitalne družbe in podaljševanjem povprečne življenjske dobe.

OMRON Electronic Components Europe močno podpira svoje stranke v zahodni in vzhodni Evropi z osmimi regionalnimi pisarnami, mrežo lokalnih pisarn in partnerstvi s specializiranimi, lokalnimi, regionalnimi in globalnimi distributerji.

O podjetju OMRON Corporation

Podjetje OMRON Corporation je vodilno na področju avtomatizacije, ki temelji na osnovni tehnologiji „zaznavanje in nadzor + razmišljanje“. Poslovna področja podjetja OMRON zajemajo širok spekter, od industrijske avtomatizacije in elektronskih komponent do sistemov družbene infrastrukture, zdravstvenih in okoljskih rešitev. Podjetje OMRON, ustanovljeno leta 1933, ima po vsem svetu približno 30.000 zaposlenih, ki zagotavljajo izdelke in storitve v približno 120 državah in regijah. Za več informacij obiščite <https://www.omron.com/global/en/>

<https://omron.eu>



IFAM je letos praznoval 20 let predstavljanja industrije

AX elektronika d.o.o.
Avtor: Jurij Mikeln

Nekateri bralci revije Svet elektronike se boste spomnili, kako smo pričeli z IFAM-om 20 let nazaj, ko smo prvič organizirali strokovno konferenco Trendi in tehnologije avtomatizacije v Portorožu.

Omenjena konferenca se je pričela z relativno malo pozornosti osrednjih slovenskih medijev, temu primerna je bila tudi udeležba podjetij – razstavljalcev na konferenci. Konferenca je kasneje prerasla v sejem IFAM, ki je v tej obliki in s tem imenom odprla vrata tudi letos na Gospodarskem razstavišču v Ljubljani od 11. do 13. februarja.

Na letošnjem sejmu, ki je torej praznoval 20. obletnico, smo tako videli mnogo podjetij, ki so se predstavila na prej omenjeni konferenci, nekaj jih je pa tudi manjkalo. Razlogov za to je verjetno več, gotovo pa je glavni razlog to, da sta sejma IFAM in MIS relativno blizu v koledarju sejmov, saj se IFAM odvija v februarju, MIS pa že v aprilu.

Kakor koli že, sejem IFAM se je letos dogajal v malce manjši udeležbi razstavljalcev, kar pa ne pomeni, da je zaradi tega bil obisk kaj bistveno manjši. Pravzaprav smo bili razstavljalci prijetno presenečeni z obiskom že prvega dne, ki je velikokrat slabo obiskan tudi na drugih strokovnih sejmihi. V tej kratki reportaži bomo povzeli, kaj vse se je dogajalo na sejmu IFAM 2025.

Podjetje **Rittal** je na sejmu predstavilo izdelke in storitve matičnega podjetja, hkrati pa so predstavili tudi poslovni enoti EPLAN in RAS.

Tokrat so se v podjetju Rittal odločili, da so 2x dnevno na sejmu predstavili svoje novitete s pomočjo video posnetka in predstavitve v živo. Predstavili so nov zbiralni sistem RiLineX, ki je plod 40-letnega razvoja v distribuciji električne energije. Izdelek je tako nov, da so ga javnosti predstavili v Ljubljani še pred svetovno premiero aprila v Hannovru. Zbiralni sistem je popolnoma zaščiten pred dotikom po IP 2XB in se ga lahko nadgradi do IP 4X. Sistem je testiran na kratki stik do 52,5 kVA in je primeren za napetosti do 1.000 V AC ali 1.500 V DC. Sistem je narejen tako, da prihrani do 30% časa pri načrtovanju in do 50% časa pri sestavi sistema.

Poleg omenjenega sistema ponujajo tudi zbiralke, ki so lahko iz bakra ali aluminija debelin 5 oziroma 10 mm. V demonstracijskem videu so nam pokazali tudi napravo, ki oblikuje zbiralke po zahtevah kupcev.

Na voljo so sistemi za omare širine 600, 800, 1000 in 1200 mm, dobavljiv je pa tudi modularni sistem, ki je narejen iz manjših gradnikov. Največji ima dimenzije 200 mm, so pa na voljo tudi manjši. Montaža sistema je zelo enostavna po »klik« sistem. V primerjavi s klasično montažo je prihranek ocenjen do 50% časa.



Na sejmu so predstavili veliko ohišij iz njihove ponudbe. Tako so prvič predstavili ohišja TopTech zunanje ohišje. Predstavili so tudi prenovljeno CX konzolo in pa montažno mizo, kjer se montirajo zbiralni sistemi.

Na sejmu so predstavili tudi montažno mizo, na kateri sodelavci lahko udobno sestavljajo komponente. Tako sestavljeno ploščo nato lahko montirajo v ohišje.





EPLAN je predstavil programsko opremo za načrtovanje v navezavi na Rittal-ove proizvode. Predstavili so tudi digitalne rešitve v oblaku Eplan Cloud, kjer so aplikacije za vpogled v projekt ali pa recimo DataPortal za prenos podatkov. Po novem pa ima podjetje Rittal na njihovem oblaku tri aplikacije: Epocket, ki služi kot digitalni žep za dokumentacijo pri določenem izdelku. Nadalje je na oblaku RiTherm aplikacija, ki služi preračunavanju hlajenja ali ogrevanja omare. Na oblaku se nahaja tudi RiPanel za konfiguracijo ohišja. Za varnost ohišja skrbi Microsoftov Azure service, Eplan pa ima tudi dodatno svoje varnostne sisteme.



Podjetje **Tipteh** je na sejmu IFAM predstavilo program Krohne, ki ga je v preteklosti zastopalo podjetje Memos doo. Predstavili so opremo za procesno merjenje, predvsem pretoka, tlaka in temperature, česar prej niso imeli v svoji ponudbi. Predstavili so tako opremo kot tudi določene storitve. Izvajajo tudi primerjalne meritve in tako so intenzivno stopili v svet procesne avtomatizacije. V svetu izdelčne avtomatizacije so zelo prisotni, kar so na sejmu IFAM predstavili s celovito opremo iz področij sen-



zorjev, opreme za varnost strojev, opreme in storitev za vision identifikacijo, motornih pogonov, PLC krmilnikov, V/I modulov in IT opreme, kot so industrijski računalniki, daljinski dostopi, povezava v oblak in podobno. Na sejmu so predstavili tudi podjetje Optoplan, ki izdeluje programsko opremo za spremljanje verzij različnih programov za npr. robote, PLC krmilnike in ostalih naprav. Za vse te naprave je potrebno imeti neko sledljivost programske opreme in to zagotavlja podjetje Optoplan. To je seveda pomembno pri odpravi težav v proizvodnem procesu, saj tako zmanjšujemo čas zastoja proizvodnje. Skratka Tipteh je podjetje, ki nudi vso opremo za avtomatizacijo.



Podjetje **Elektrospoji** je na sejmu IFAM predstavilo inovativen sistem ožičenja AirSTREAM, ki omogoča ožičenje brez kabelskih kanalov. Celotno ožičenje se naredi z zadnje strani, zato se zmanjša elektro omara, saj kabelski kanali niso potrebni. Naslednja prednost je tudi to, da se zmanjša potreba po hlajenju, saj zaradi odstranjenih ovir zrak bolje kroži med komponentami. Ta sistem omogoča tudi hitrejšo montažo. V ponudbi so tudi releji, ki so bolj odporni na vibracije in pa ekonomične variante,



kot so napajalniki Delta. Prednost Delta napajalnikov je, da so izredno tanki. Zaradi tega prihranijo do 35% prostora v elektro omari. Pokazali so tudi ekonomično alternativo IT stikalom, ki so precej ožji, kot ostala stikala na trgu. Tudi v podjetju Elektrospoji sledijo novostim na področju Ethernet povezljivosti, saj so pokazali povezljivost preko ene parice, ki se počasi uvaja v industrijo. Nadalje so pokazali naprave za brezžični prenos



podatkov, kar je primerno za aplikacije, ki se vrtijo 360 stopinj, kot recimo robotske roke. V ponudbi imajo naprave DataEagle, ki omogočajo prenos podatkov do razdalje 3 km. Predstavili so senzorske otoke na IO-Link aplikaciji in različnih protokolih. V ponudbi pa imajo tudi komponente za elektroniko, kot so razni konektorji. Novost so pa tudi induktivni, kapacitivni, fotoelektrični senzorji proizvajalca Elba. Predstavili so tudi naprave za opremljanje kablov s tulci. Omenimo tudi, da so na razstavnem prostoru podjetja Elektrospoji letos presenetili z izvirnimi prigrizki za stranke.



Podjetje **Hennlich** se tradicionalno pojavlja na sejmu IFAM in so tudi tokrat predstavili svoj program izdelkov in storitev. Predstavili so zaščite za obdelovalne stroje v obliki zaščitnih mehov in teleskopskih zaščit, ki so narejene v Sloveniji. Predstavili so plinske vzmeti proizvajalca Suspa. Podjetje ima v svojem programu tudi dvigalne sisteme za laboratorije, mize v delavnicah, proizvodnji in za visoke obremenitve. Videli smo tudi robustna teleskopska vodila z nosilnostjo do 2 ton na par, ki so primerna za težko industrijo. Predstavili so tudi program vzmeti, od katerih so standardne vzmeti vedno na zalogi. Nudi jo pa tudi izdelavo vzmeti po meri. Pokazali so pa tudi program za lovljenje oljnih par, ki se sproščajo pri obdelovalnih strojih. Predstavljeno je bilo široko področje mazanja in pa področje merilne tehnike.



Podjetje **IGUS** je na razstavnem prostoru podjetja Hennlich predstavilo poceni robota z imenom RBTX. Gre za cenovno ugodno robotsko rešitev na platformi komponent podjetja IGUS. Podjetje IGUS se je podalo na področje cenovno ugodne avtomatizacije, saj so ugotovili, da je veliko potenciala v tem segmentu trga. Vsi roboti so sestavljeni iz obstoječih artiklov podjetja IGUS. Stranka izpostavi neko zahtevo, ki jo je potrebno rešiti. V podjetju IGUS preučijo situacijo, izdelajo idejni osnutek robota – manipulatorja. Lahko pa stranka iz IGUS-ovih komponent za sestavo robota izbere takšne komponente, iz katerih bo stranka sestavila svojega robota. IGUS dostavi robota



v KIT kompletu, ki ga stranka sama sestavi. V podjetju nudijo tudi svetovanje pri izbiri in načrtovanju robota. Cena prikazane konfiguracije znaša okoli 9.700 € robota RBX z dimenzijami 800 x 800 x 500 mm dosega. Prikazali so tudi manjšega robota – manipulatorja za ceno pod 5.000 €, ki ima doseg 660 mm in 2 kg nosilnosti, ponovljivost +/- 1 mm. Cena vključuje tudi krmilnik s 7 vhodi in 7 izhodi ter napajalnik.

Podjetje **Murelektronik** je na sejmu IFAM predstavilo način, kako lahko z njihovimi sistemi, kjer so povezave decentralizirane – to pomeni, da so naprave povezane brez elektro omaric. To je možno zato, ker so njihovi proizvodi narejeni po IP67 standardu. To pomenim da lahko njihovi kupci krmilne in napajalne signale montirajo direktno v stroj, ki se lahko nahaja v prašnem okolju ali v okolju z veliko vlage in podobno. Na sejmu



so prikazali njihove sisteme na osnovi modela tekočega traku. Na tem sistemu so prikazani vsi njihovi sistemi decentraliziranih povezav.

Podjetje **Optimatika**, ki je relativno mlado podjetje, je na sejmu IFAM predstavilo kolaborativne robote Dobot. To je eden večjih kitajskih proizvajalcev, ki izdela do 10.000 robotov letno. V ponudbi je več serij robotov: industrijska CR, ki zajema robote z nosilnostjo od 3 do 20 kg, napoveduje se pa tudi že 35 kg verzija. Nato imajo v ponudbi serijo Desktop, kar so 4-osni SCARA roboti. Na sejmu so pa predstavili tudi novo serijo z imenom Nova v variantah 2 ali 5 kg, s katero ciljajo na neindustrijske aplikacije, ki jih najdemo v medicini, gostinstvu, farmaciji in podobno.





Po besedah predstavnika podjetja Optimatika so cene zelo konkurenčne, kar trg tudi pričakuje, če gre za neuveljavljenega proizvajalca. Dobavni roki so približno 4 tedne, nekaj robotov je pa tudi na zalogi.

Podjetje **Baluff** je na sejmu IFAM predstavilo IO-Link wireless, kjer povezuje med senzorji in glavnim sistemom poteka brezžično. Predstavili so tudi senzor vibracij in temperature, s katerim merijo delovanje nekega motorja. Senzor lahko meri tudi neke druge fizikalne veličine, za podrobnosti se obrnite na podjetje Balluff.

Predstavili so tudi RFID bralnike tako za HF in UHF področje. Omenimo še podjetje **Hočevar**, ki je na sejmu predstavilo upo-



rovno varjenje, podjetje IC elektronika, ki poleg elektronskih komponent nudi tudi komponente za avtomatizacijo, podjetje Conphis je sejmu predstavilo tehnologijo vision sistemov proizvajalcev THK Vision, Allied Vision in SVS Vistek, podjetje Yaskawa se je predstavilo s svojo ponudbo industrijskih robotov, podjetje Alkatron pa je predstavilo opremo za industrijsko avtomatizacijo podjetja Phoenix Contact, prisotni pa so bili tudi raziskovalni inštituti iz Slovenije (Inštitut Jožef Stefan) ter Srbije (Mihajlo Pupin).

Vseh razstavljalcev seveda v tej kratki reportaži ne moremo predstaviti, saj smo nekaj svojega časa posvetili tudi vam bralcem, ki ste nas obiskali na našem razstavnem prostoru. Prijetno se je bilo srečati z vami in popiti (izvrstno) kavo ter se pogovoriti o preteklem letu in planih za letošnje leto.

Sejem so spremljala tudi strokovna predavanja, ki so jih pripravili strokovnjaki iz Slovenije in tujine. Teme vsebin so bile umetna inteligenca in kolaborativnost robotov prihodnosti, 3D tiskanje kovin za industrijske namene, tehnologije 3D strojnega vida in tehnologije vzdrževanja naprav.

Zaključek

20. jubilejni IFAM je tako zaprl svoja vrata. Na sejmu smo videli še marsikaj zanimivega. Generalno gledano je bilo na

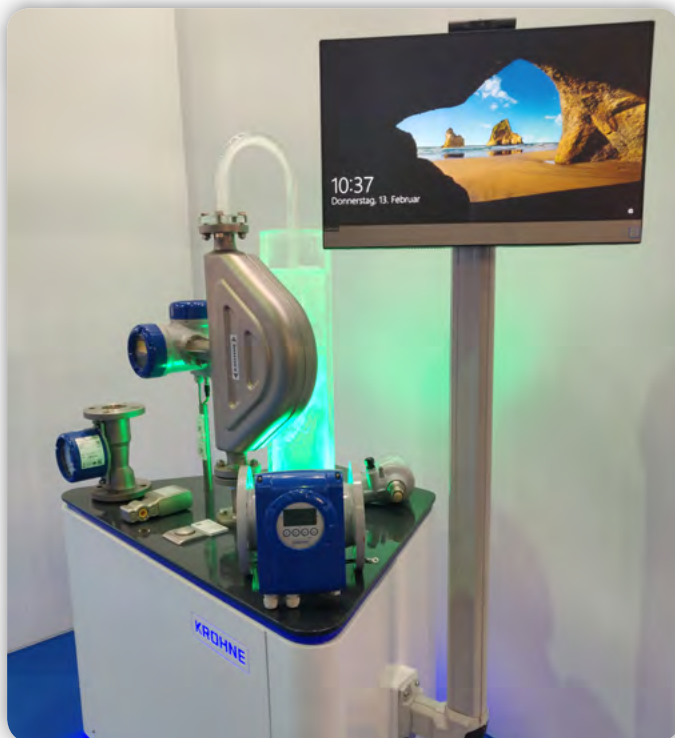




sejmu predstavljenih veliko robotskih sestavov in primerov njihove uporabe. Vidi se prodor kitajskih proizvajalcev robotov zastopanih tudi v Sloveniji. Poleg našega razstavnega prostora je Srednja šola Celje kot zanimivost predstavila manjšega hodečega robota, ki je požel veliko zanimanja med obiskovalci. Kljub manjši površini sejma so vsi razstavljalci po vrsti, s katerimi smo se pogovarjali ocenili, da je bil sejem zelo dober, saj so se srečali tako z obstoječimi strankami, kot tudi z novimi. Edina nerodnost tega sejma je to, da je relativno nedostopen za obiskovalce. Tukaj je potrebno dati mestu Ljubljana in Gospodarskemu razstavišču slabo oceno. Razumemo, da se gradi nova železniška postaja in da je zaradi tega veliko parkirnih površin v bližini sejma zasedenih. Vendar pa bi tudi mesto Ljubljana in Gospodarsko razstavišče lahko predvidevalo, da je ob sejemskih dogodkih potrebno zagotoviti dovolj parkirnih mest ne samo za razstavljalce, pač pa predvsem za obiskovalce sejma – katerega koli sejma, ki se odvija na Gospodarskem razstavišču. Spomnim se sestanka pri županu

g. Jankoviču mnogo let nazaj, ko je povedal, da Ljubljana želi biti sejmsko mesto. Od takrat je preteklo že veliko Ljubljanič, gledano od daleč pa ne vidimo kakšnih večjih vložkov v sejmsko infrastrukturo. Če je resnična želja mestne uprave, da Ljubljana postane sejmsko mesto, naj si vzamejo za zgled mesto München, ki je pred nekaj 10 leti relativno majhen sejem v središču mesta preselilo na veliko večjo lokacijo z vso ustrezno infrastrukturo, ki jo potrebujejo tako razstavljalci kot tudi obiskovalci.

<https://svet-el.si>



Moduli Wi-Fi 6 povezave s poenostavljeno brezžično Bluetooth LE tehnologijo za industrijsko rabo

DigiKey
 Avtor: Rolf Horn

Z vzponom interneta stvari (IoT) je brezžična povezljivost postala temeljna zahteva za industrijske aplikacije, ki obsegajo vse od spremljanja opreme in sledenja sredstvom do avtomatizacije gradnje. Oblikovalci, ki želijo implementirati to povezljivost, se soočajo s številnimi izzivi, vključno z integracijo naborov brezžičnih čipov, anten, komponent programske opreme, globalne certifikacije, varnosti in zanesljivosti v težkih pogojih.

Te izzive je mogoče premagati z izbiro robustnih, predhodno certificiranih Wi-Fi 6 modulov z nizko porabo energije Bluetooth Low Energy (BLE) 5.4, ki zagotavljajo potrebne funkcije in hkrati poenostavljajo integracijo.

Ta članek obravnava izzive brezžične povezljivosti za oblikovalce industrijskih sistemov in predstavlja primere predhodno certificiranih modulov povezave Wi-Fi 6 s tehnologijo BLE 5.4. podjetja Ezurio. Obravnava tudi predhodno certificirane antene in pripadajoči komplet za razvoj.

Ključni izzivi v industrijskih brezžičnih komunikacijah

Industrijska okolja vsebujejo vedno večje število končnih točk, ki morajo deliti podatke z visoko hitrostjo, brezžična omrežja pa so pogosto edino praktično sredstvo za sporočanje teh podatkov.

To lahko povzroči prezasedenost omrežja pri starejših brezžičnih tehnologijah, pri čemer težave z zakasnitvijo in izgubo paketov vplivajo na učinkovitost delovanja. Zaradi zastarele komunikacijske tehnologije so omrežja lahko ranljiva tudi za kibernetne napade.

Sodobne tehnologije, kot sta povezava Wi-Fi 6 in tehnologija BLE 5.4, lahko rešijo te težave, vendar njihov razvoj in integracija zahtevata močno strokovno znanje na področju radijske frekvence (RF), zlasti pri prostorsko omejenih napravah in aplikacijah za naknadno vgradnjo. Poleg tega številne brezžične rešitve zahtevajo korake ročnega sestavljanja, kar upočasni proizvodnjo in poveča stroške.

Upoštevati je treba tudi zanesljivost. Značilnosti številnih industrijskih okolij

so znatne elektromagnetne motnje (EMI), ekstremne temperature ter vibracije in udarci. Nazadnje, številne aplikacije zahtevajo nizko porabo energije za podaljšanje življenjske dobe baterije, hkrati pa zagotavljajo skladnost z globalnimi standardi.

Robustna rešitev: moduli povezave Wi-Fi 6 s tehnologijo Bluetooth LE 5.4

Moduli Sona TI351 podjetja Ezurio se soočajo z izzivi brezžične povezljivosti za industrijsko rabo z združevanjem povezave Wi-Fi in tehnologije BLE v robustnih, predhodno certificiranih ohišjih (slika 1). Ti moduli, zgrajeni okoli povezave SimpleLink CC3351 Wi-Fi in tehnologije BLE companion IC družbe Texas Instruments, so na voljo v površinski tehnologiji (SMT) in različicah, ki jih je mogoče priključiti, z izbiro med vgrajeno anteno na čipu ali priključkom za anteno.



Slika 1: Sona TI351 je družina kompaktnih, predhodno certificiranih modulov povezave Wi-Fi 6 in tehnologijo BLE 5.4 v površinski tehnologiji SMT in različicah, ki jih je mogoče priključiti, z vgrajenimi antenami ali priključki za anteno. (Vir slike: Ezurio)

Vsi moduli podpirajo povezavo Wi-Fi 6 (802.11ax) prek vmesnika SDIO 2.0 s prenosom podatkov z visoko hitrostjo in vgrajenim zaznavanjem in odpravljanjem napak. Povezava Wi-Fi 6 ponuja več funkcij, ki podpirajo zanesljivo delovanje v preobremenjenih industrijskih omrežjih:

- *Večstranski dostop z ortogonalno frekvenčno razdelitvijo (OFDMA) omogoča hkraten prenos iz več naprav IoT na istem kanalu, kar povečuje učinkovitost pri gostih postavitvah.*
- *Ciljni čas prebujanja (TWT) optimizira življenjsko dobo baterije tako, da omogoča natančno načrtovanje časov prebujanja naprave.*
- *Dvopasovna podpora ponuja prilagodljivost za različne primere uporabe: 2,4 gigaherca (GHz) zagotavlja boljši prodor čez ovire, medtem ko 5 GHz zagotavlja večjo pasovno širino.*
- *18 decibelov glede na 1 milivat (dBm) oddajne moči zagotavlja zanesljivo pokritost velikih industrijskih prostorov.*

Podpora za module s tehnologijo BLE 5.4 poteka prek namenkega vmesnika z visoko hitrostjo UART (HS-UART). Tehnologija BLE 5.4 je protokol, ki je zelo primeren za industrijska okolja.

Protokol podpira:

- *Periodično oglašanje z odzivom (PAWR) za zmanjšanje porabe energije z uporabo vnaprej določenih oken prenosa*
- *Periodično oglašanje sinhronizacije prenosa (PAST) za poenostavitev upravljanja omrežja z omogočanjem primarnih naprav za skupno rabo podatkov o sinhronizaciji*
- *LE 2 megabita na sekundo (Mbit/s) fizična plast (PHY) za podporo hitrega prenosa podatkov s hitrim vračanjem v način mirovanja, kar dodatno izboljša energijsko učinkovitost*
- *Način LE Long Range za zanesljivo komunikacijo na večjih razdaljah*

Moduli podpirajo soobstoječo povezavo Wi-Fi in tehnologije Bluetooth za aplikacije, ki zahtevajo oba protokola.

Zelo zanesljiva zasnova

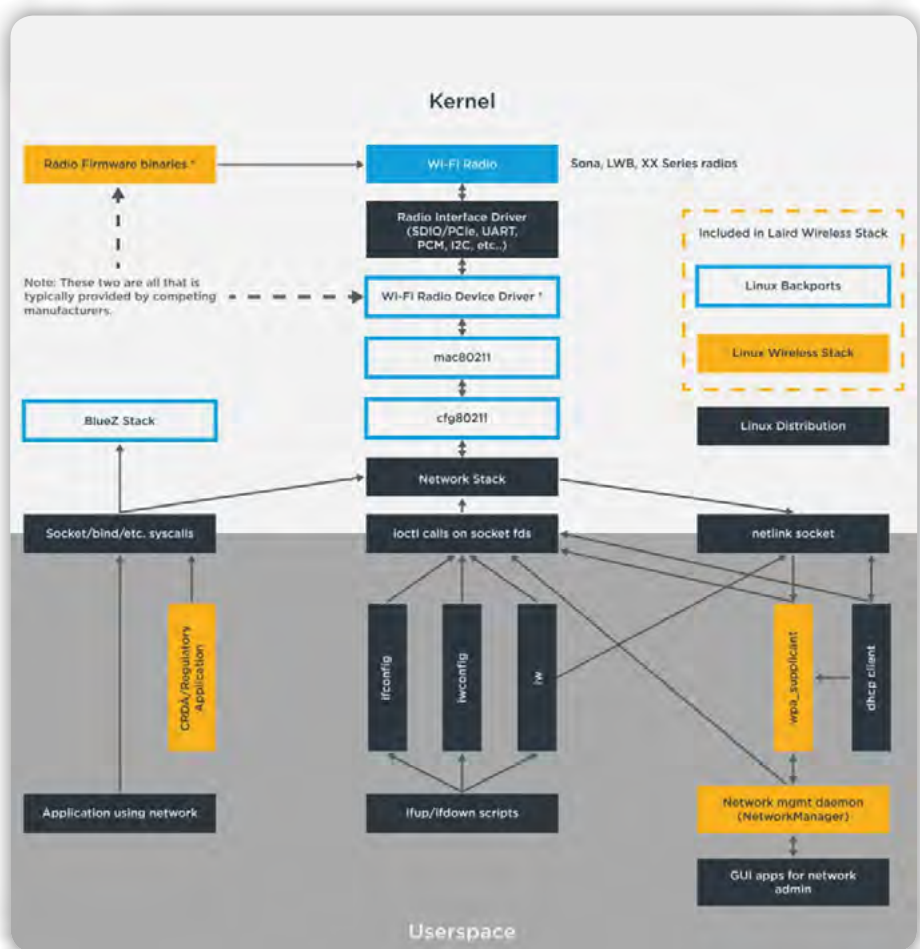
Moduli Sona TI351 vključujejo integriran močnostni ojačevalnik (PA), ki poveča moč izhodnega signala, da zagotovi zanesljivo delovanje v zahtevnih okoljih. Na vhodni strani nizkošumni ojačevalnik (LNA) izboljšuje sprejem signala tako, da ojača šibke signale in hkrati zmanjša motnje okoljskega šuma. Ta kombinacija zagotavlja stabilno brezžično povezljivost tudi v okoljih s znatnimi EMI motnjami in fizičnimi ovirami.

Moduli so zasnovani tako, da omogočajo tudi fizično zanesljivost. Različice površinske SMT tehnologije imajo robustne povezave, ki prenašajo vibracije in mehanske obremenitve, medtem ko možnost vgrajene antene odstrani morebitno točko okvare. Delovni temperaturni razpon za module je od -40 do 85 °C.

Celovita podpora programske opreme za operacijska sistema Linux in Android

Moduli Sona TI351 vključujejo celovito podporo programske opreme za operacijska sistema Linux in Android. Za operacijski sistem Linux je bil gradnik povezljivosti preizkušen v več različicah jedra, s skladiščenimi gonilniki za zgodnje izdaje, kot je v2.6.37, da se zagotovi združljivost s starejšimi jedri. Gradnik podpira znana okolja gradnje, vključno z Buildroot, Yocto in Ubuntu.

Podjetje Ezurio namesto gonilnikov, specifičnih za strojno opremo, zagotavlja popoln, predhodno preizkušen gradnik za povezljivost (slika 2). Ta pristop pomaga preprečiti nezdržljivost med komponentami in pospeši integracijo sistema. Gradnik se nenehno vzdržuje z najnovejšimi viri gonilnikov in komponentami jedra, da se zagotovi optimalno delovanje.



Slika 2: Sona TI351 obsega obsežen gradnik programske opreme za povezljivost. (Vir slike: Ezurio)

Pomisleki glede varnosti in certifikacije

Moduli izkoriščajo napredne varnostne funkcije povezave Wi-Fi 6 in tehnologije BLE 5.4. Pri Wi-Fi povezavi zagotavljajo robustno podporo za varnostne protokole WPA2/3 za razred podjetij, vključno z naprednimi mehanizmi šifriranja in preverjanja pristnosti.

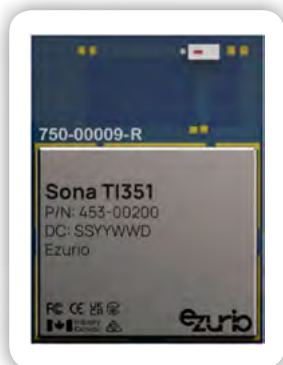
Pri BLE tehnologiji funkcija šifriranih oglaševalskih podatkov (Encrypted Advertising Data) omogoča varno oddajanje občutljivih informacij brez dodatnih stroškov vzpostavljanja neprekinjenih povezav, kar je še posebej uporabno pri gradnji avtomatiziranih sistemov, ki prenašajo okoljske podatke ali poverilnice za dostop. Poleg tega značilnost ravni varnosti profila splošnih atributov (GATT) tehnologije BLE omogoča različne ravni varnosti za različne vrste podatkov, kar optimizira ravnotežje med varnostnimi stroški in delovanjem.

Skladnost s predpisi je lahko precej težavna, ne glede na to, kateri protokol izberejo oblikovalci, zlasti za naprave, ki se pošiljajo v tujino. Za reševanje teh vprašanj je družina modulov Sona TI351 certificirana po standardih, ki vključujejo FCC (ZDA), IC (Kanada), CE (Evropa), UKCA (Združeno kraljestvo), MIC (Japonska), RCM (Avstralija/Nova Zelandija) in KCC (Južna Koreja).

Možnosti SMT površinske tehnologije in M.2 priključka zagotavljajo prilagodljivost sestavljanja

Kot smo že omenili, je družina modulov Sona TI351 podjetja Ezurio na voljo v več konfiguracijah za izpolnjevanje posebnih aplikacijskih zahtev. Na primer, 453-00200R (slika 3) uporablja kompaktno standardno obliko M.2 1216 SMT velikosti 12 x 16 milimetrov (mm) z integrirano anteno na čipu. Ta zasnova omogoča avtomatizirano sestavljanje, hkrati pa zagotavlja robustno povezavo, ki lahko prenese industrijska okolja. Zaradi te kombinacije funkcij je modul posebej primeren za postavitev velikega obsega, kjer sta zanesljivost in učinkovitost proizvodnje kritični.

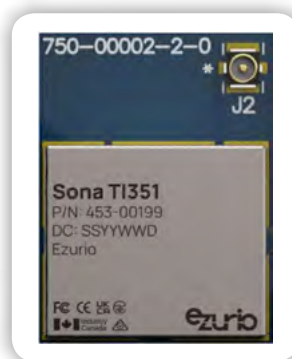
Za aplikacije, ki zahtevajo povezljivost z zunanjo anteno, ima 453-00199R (slika 4) enako standardno robustno obliko kot M.2 1216, vendar ponuja priključek MHF4L namesto antene na čipu. Ta konfiguracija omogoča uporabo zunanjih anten za optimalen sprejem signala v zahtevnih okoljih radijske frekvence (RF), kot so kovinska ohišja ali območja z visokimi motnjami EMI.



Slika 3: Sona TI351 453-00200R je kompakten modul velikosti 12 x 12 mm standardne oblike M.2 1216 SMT z integrirano anteno na čipu. (Vir slike: Ezurio)

Za razliko od prejšnjih dveh primerov 453-00209 (slika 5) uporablja priključek M.2 2230 Key E za sistemske konfiguracije, ki jih je mogoče priključiti. Ta funkcija omogoča preprosto namestitvev in zamenjavo na terenu, zaradi česar je še posebej uporabna za aplikacije za spremljanje opreme, kjer je zmanjšanje izpadov sistema med vzdrževanjem ključnega pomena.

Ta nabor možnosti omogoča oblikovalcem sistemov, da optimizirajo svoje implementacije za posebne primere uporabe, hkrati pa ohranjajo zanesljivost in enostavno integracijo.



Slika 4: Modul Sona TI351 453-00199R ima priključek za anteno MHF4L. (Vir slike: Ezurio)



Slika 5: Modul Sona TI351 453-00209 uporablja priključek M.2 2230 Key E za sistemske konfiguracije, ki jih je mogoče priključiti. (Vir slike: Ezurio)

Predhodno certificirane antene poenostavljajo zasnovo naprave za radijske frekvence (RF)

Za module, opremljene s priključkom MHF4L, podjetje Ezurio ponuja vrsto možnosti predhodno certificiranih anten. En primer je EFB2471A3S-10MH4L, 5-vatna prilagodljiva planarno invertirana-F antena (FlexPIFA) (slika 6) z lepljivo podlago za lažjo integracijo. Ta tripasovna (2,4/5/6 GHz, s podporo za 7,125 GHz) antena vzdržuje nizko povprečno napetostno razmerje stojnega vala (VSWR) 1,6 : 1 pri 5,925 do 7,125 GHz. Ima dobitke 3,9 decibelov glede na izotropnost (dBi) pri 5 GHz in je še posebej primerna za globalne aplikacije, kjer je bistvenega pomena delovanje v različnih frekvenčnih pasovih.



Slika 6: EFB2471A3S-10MH4L je tripasovna 2,4/5/6 GHz, 5-vatna antena.



Slika 7: 001-0021 je dvopasovna antena 2,4/5 GHz. (Vir slike: Ezurio)

Za stacionarni industrijski IoT (IIoT) in aplikacije za spremljanje opreme ponuja 001-0021 (slika 7) dvopasovno rešitev 2,4/5 GHz. Ta ima razmerje VSWR < 2,5 : 1 pri 2,4 GHz in dobitok 3 dBi pri 5 GHz.

Ponudba predhodno certificiranih anten lahko smiselno poenostavi razvoj izdelkov. Podjetje Ezurio je že preizkusilo antene za uporabo z moduli, kar je zmanjšalo tveganje nepričakovanih težav pri delovanju radijske frekvence (RF). V širšem smislu kombinacija standardnih oblik modulov in izbor anten omogoča oblikovalcem sistemov, da optimizirajo svoje implementacije ter ohranijo enostavnost integracije.

Komplet za razvoj omogoča popoln dostop

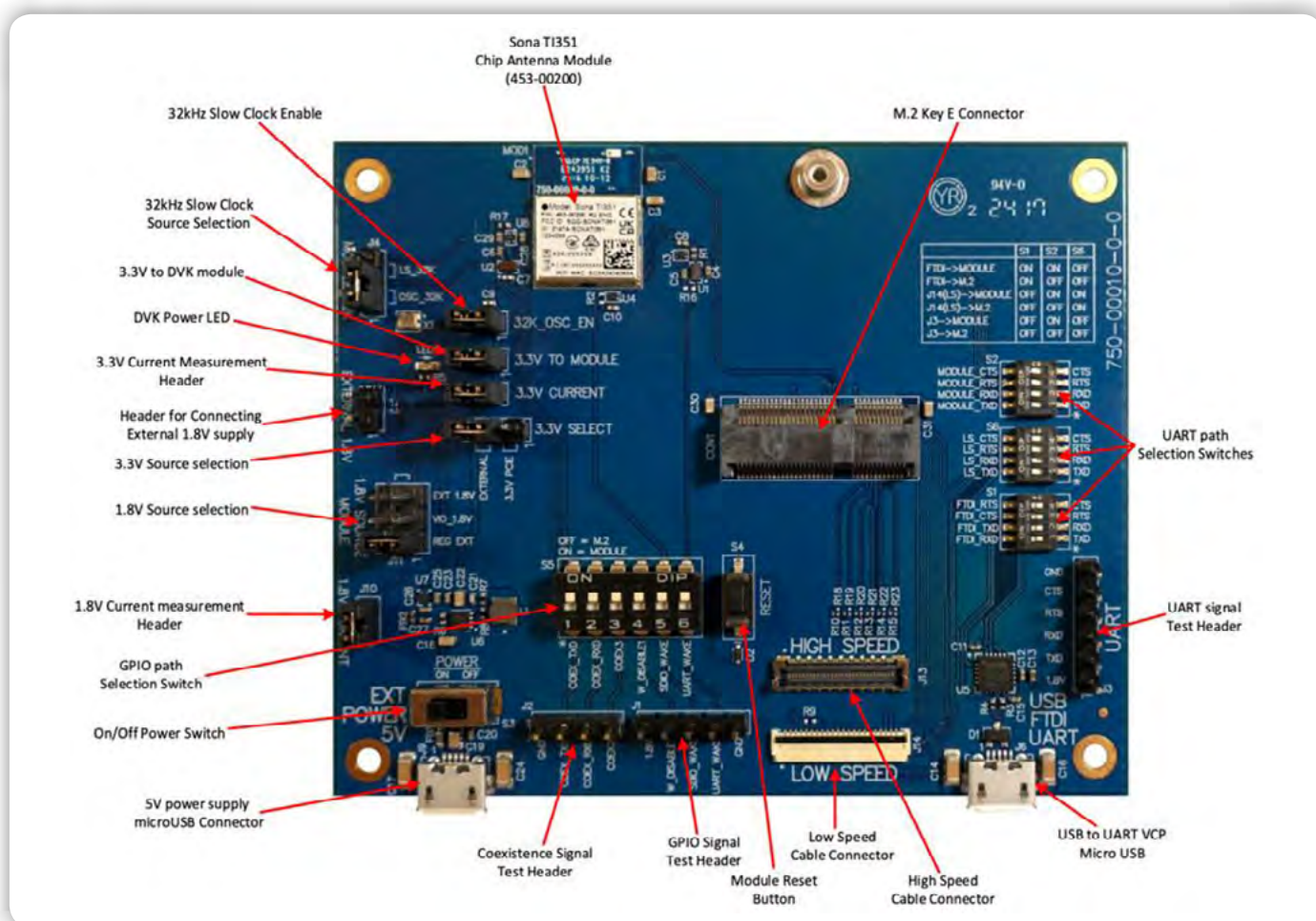
Oblikovalci lahko za hiter začetek uporabe modulov uporabijo komplet za razvoj 453-00200-K1 (slika 8). Ta obsežen komplet uporablja modul antene na čipu 453-00200 in ima več vmesnikov programske in strojne opreme za gostitelja Linux za preizkušanje funkcionalnosti in delovanja modula.

Komplet vključuje kable za visoke in nizke hitrosti ter adapter/hčerinske plošče, ki se povezujejo z vmesniki UART ali napravami SDIO z visoko hitrostjo. Vgrajeni razdelilniki, konektorji in stikala olajšajo ločevanje napajalnih in signalnih omrežij za preizkušanje in merjenje porabe energije med razvojem strojne in programske opreme.

Zaključek

Moduli Sona TI351 obravnavajo ključne izzive brezžične povezljivosti v industrijskih okoljih tako, da so napredne brezžične zmogljivosti zajete v kompaktno, robustno zasnovo. Predhodna certifikacija obeh modulov in anten, več možnosti namestitve in standardnih oblik ter obsežen komplet za razvoj zmanjšajo čas za razvoj in tveganje.

<https://www.digikey.com>



Slika 8: Komplet za razvoj Sona TI351 temelji na modulu antene na čipu 453-00200 in zagotavlja vmesnike za komunikacijo in vmesnike strojne opreme za gostitelja Linux. (Vir slike: Ezurio)

Preprosto reševanje zahtev EMI in ESD

RUTRONIK GmbH

Avtor: Daniele Carnevale, vodja prodaje tuljav pri podjetju Rutronik

Številne izzive v proizvodnji elektronike in aplikacijah je mogoče rešiti z obsežno družino izdelkov Flex Suppressor. Z njo je mogoče enostavno izboljšati integriteto signala, zmanjšati presluhe in povečati zanesljivost elektronskih naprav.

Praktično orodje je na voljo v različnih oblikah

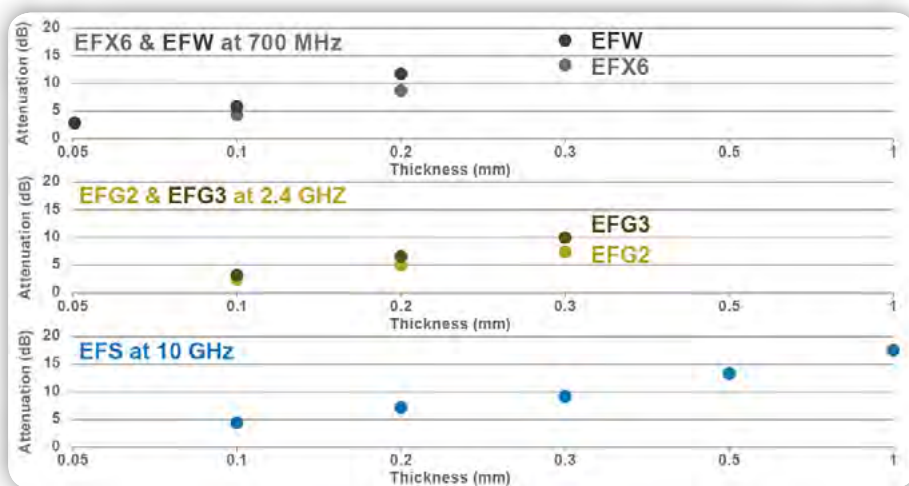
Vsak razvijalec elektronike pozna problematiko motenj zaradi frekvenc na kablilih ali ploščah tiskanih vezij. Na srečo je zdaj na voljo prilagodljiva in enostavna rešitev za to težavo: serija Flex Suppressor. Ne glede na to, ali gre za uspešno opravljene EMC teste ali za izboljšanje splošne zmogljivosti aplikacije z zaščiteno celovitostjo signala ali izboljšanim komunikacijskim dosegom. Flex Suppressor je na voljo v različnih oblikah in različicah, npr. v različnih velikostih listov ter v metrskih zvitkih in trakovih. V nadaljevanju je uporaba predstavljena na podlagi treh področij uporabe.

Zmanjšanje elektromagnetnih motenj

Eden največjih izzivov v elektroniki so elektromagnetne motnje (EMI). Ta vrsta motenj lahko bistveno vpliva na delovanje elektronskih naprav in povzroči okvare.

Kadar na aplikacijo vplivajo elektromagnetne motnje, lahko z namestitvijo Flex Suppressorja na vir ali pot motenj nemudoma in učinkovito odpravite težavo. Zaradi posebne strukture in sestave materiala Flex Suppressor absorbira neželeno sevanje v območju od 30 MHz do 1 GHz. To omogoča stabilnejše in zanesljivejše delovanje, zlasti v aplikacijah, ki so izpostavljene visokim elektromagnetnim obremenitvam.

Najpomembnejša dejavnika, ki ju je treba upoštevati pri tej uporabi, sta frekvenčno območje in prostor, ki je na voljo za debelino Flex Suppressorja. Debelejši kos Flex Suppressorja je učinkovitejši, vendar tudi dražji. Da bi našli optimalno razmerje med stroški in učinkovitostjo, je treba debelino primerjati z dušenjem

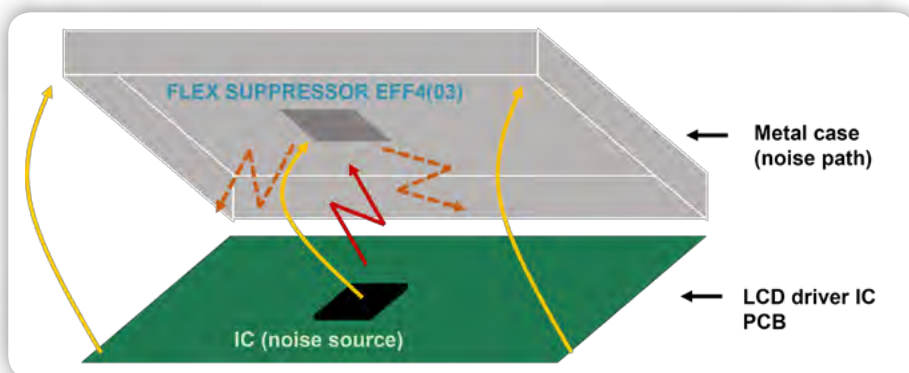


Slika 1: Dušenje glede na debelino pri različnih frekvencah (vir: KEMET)

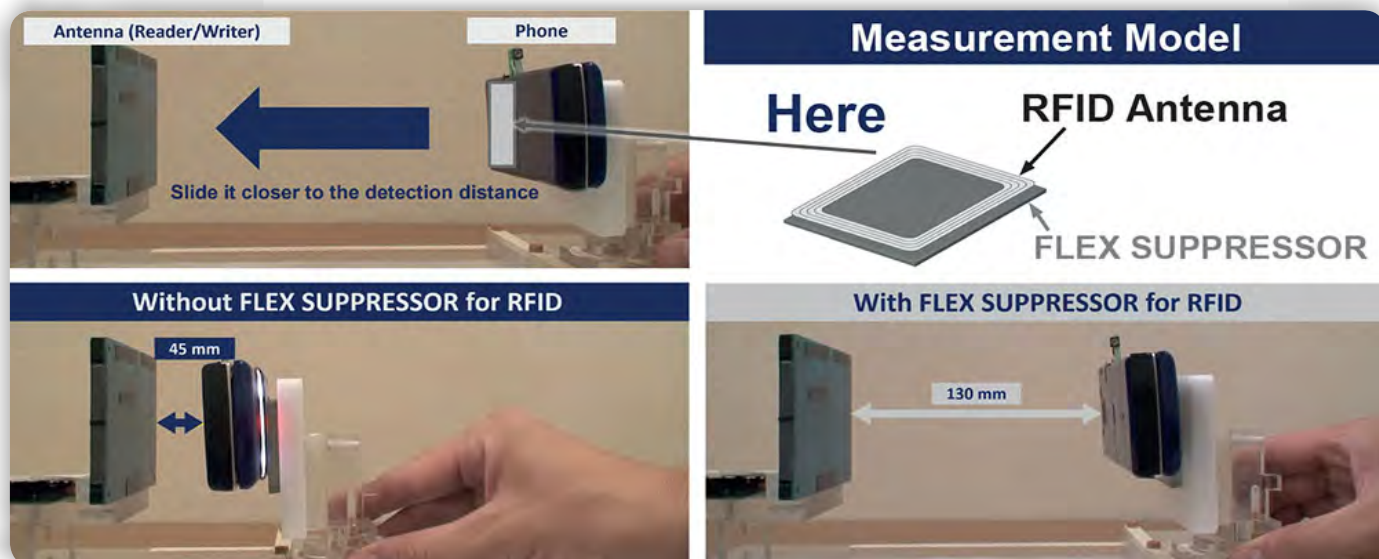
v želenem frekvenčnem območju (slika 1). Scenarij uporabe je prikazan na sliki 2. V tem primeru je vir šuma integrirano vezje (IC). Zaradi odbojev od kovinskega ohišja emisija EMI v pasu FM presega predpise o EMI. Učinkovit protiukrep je, da neposredno nad vir motenj pritrdite kos prožnega dušilnika (npr. EFF4(039)).

Izboljšan prenos signala

Zaradi vse večjega povpraševanja po boljši občutljivosti sprejema v zmogljivih in hitrih mobilnih napravah postajajo ukrepi za odpravljanje šumov v visokofrekvenčnih pasovih vse bolj pomembni.



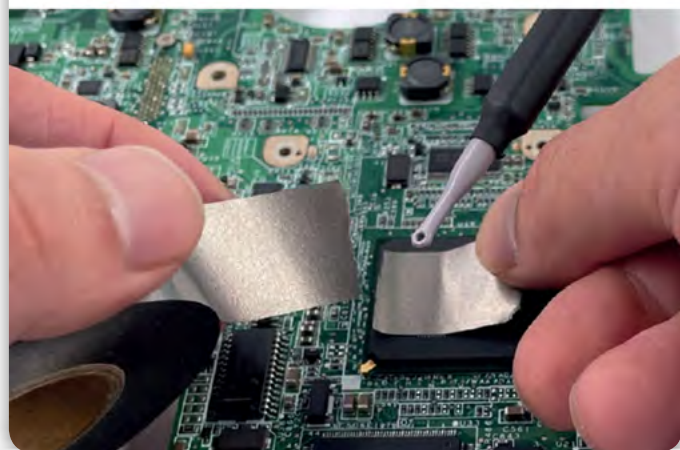
Slika 2: Emisije elektromagnetnih motenj integriranega vezja se zmanjšajo, če se neposredno nad vir motenj namesti kos Flex Suppressorja (npr. EFF4(039)) (vir: KEMET)



Slika 3: Povečanje komunikacijskega dosega mobilnega telefona z uporabo Flex Suppressorja (vir: KEMET)

Flex Suppressor:

- ščiti pred učinki sevalnega hrupa na viru ali na prenosnem vodju,
- je učinkovit proti visokofrekvenčnim motnjam, ki jih povzročajo elektronske naprave, in
- zmanjšuje presluhe.



Slika 4: EST trak je enostaven za uporabo in se večinoma uporablja za odpravljanje težav v preskusni fazi (vir: KEMET)

To izboljša čistost signala in poveča zanesljivost prenosa podatkov. To je ključnega pomena za aplikacije v visokofrekvenčni tehnologiji, telekomunikacijah in na drugih področjih, kjer je nujen natančen prenos signala. Možnosti uporabe so skoraj neomejene. Tanek, prožen material je mogoče razrezati v poljubno obliko in je idealen za uporabo v prenosnih napravah ali na območjih z omejenim prostorom. Poleg tega se lahko Flex Suppressor uporablja v širokem frekvenčnem območju od MHz do GHz.

Slika 3 prikazuje učinek Flex Suppressorja na RFID anteno mobilnega telefona. Pri tem preskusu je mobilni telefon uporabljen kot oddajnik, antena (bralno-pisalna naprava) pa kot sprejemnik. Dejanski domet komunikacije lahko določimo tako, da mobilni telefon približamo anteni. Flex Suppressor pomaga potrojiti domet komunikacije. S tem lahko ugotovimo, ali je za NFC ali RFID še vedno potreben neposreden stik ali pa je mogoče interakcije, ki temeljijo na gestah, izvajati na daljavo.

Dušenje motenj iz kablov

Na elektronske naprave in sisteme pogosto vplivajo motnje zaradi neoklopljenih kablov. Te motnje lahko povzročajo elektromagnetna polja, ki jih oddajajo sosednji kabli ali zunanji viri. Novost v družini Flex Suppressor je prilagodljiv trak za dušenje EST. Glavna prednost je njegova enostavna uporaba: Trak EST se preprosto ovije okoli zunanje površine kabla in ga je mogoče skrajšati na zahtevano dolžino, ne da bi za to potrebovali rezalno orodje. Zato je idealen za hitro in enostavno preverjanje virov šumov EMI ter za odpravljanje težav z EMI, zlasti v fazi testiranja. Razvijalci ga lahko uporabijo za izvedbo začetnih preskusov, da ugotovijo, koliko zaščite je potrebne za posamezno aplikacijo.

Če povzamemo, uporaba izdelkov Flex Suppressor pomaga upravljati in optimizirati elektromagnetno okolje elektronskih sistemov ter zagotavlja zanesljivo in nemoteno delovanje.

<https://www.rutronik.com>



Elektromagnetna združljivost

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

Avtor: Izr. prof. dr. Marko Jankovec

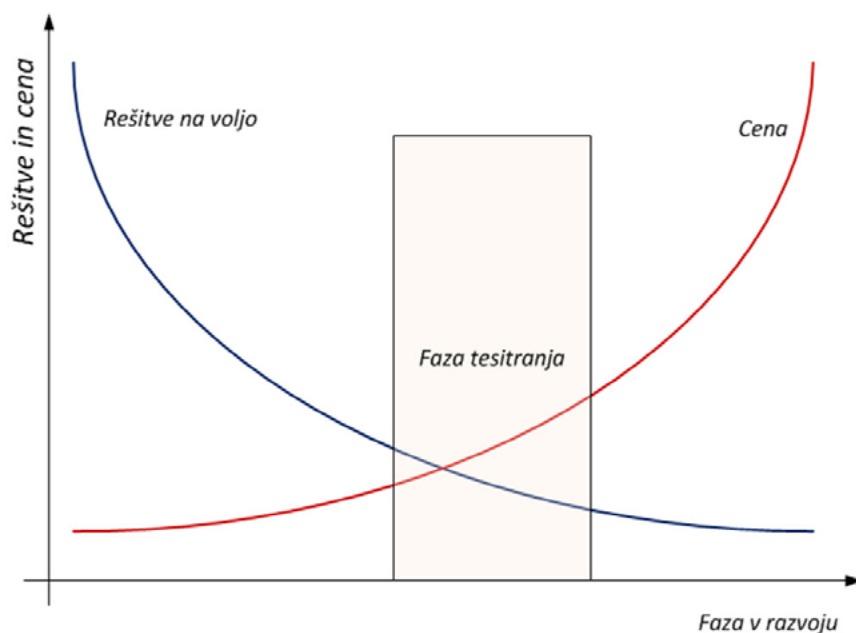
email: marko.jankovec@fe.uni-lj.si

Pred vami je prvi članek iz serije prispevkov o elektromagnetni združljivosti, s katero vam bom skušal odkriti svet, ki za mnoge razvojnike predstavlja strah in trepet in ga nekateri celo primerjajo s črno magijo.

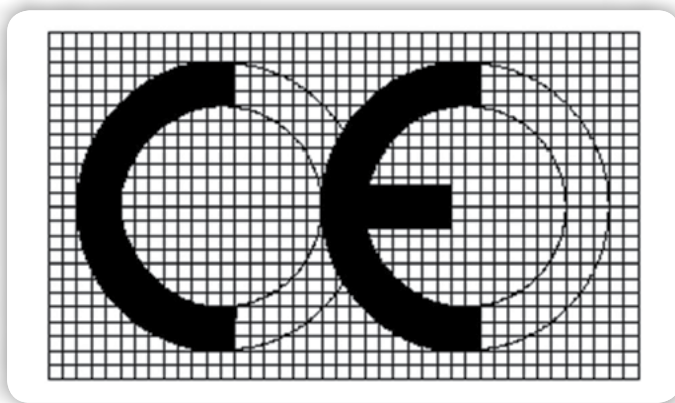
O tej temi je bilo napisanih že veliko knjig in ena izmed njih se celo imenuje »A handbook of black magic« [1]. Področje je namreč zelo kompleksno in zelo težko računsko napovedujemo rezultate, zato se moramo večkrat zanašati na intuicijo, praktične izkušnje in seveda meritve. Mogoče je ravno zato bilo to področje tudi v naših učnih programih precej zapostavljeno. Sam sem namreč pred petnajstimi leti na Fakulteti za elektrotehniko, Univerze v Ljubljani začel predavati pri dveh predmetih s področja načrtovanja elektronskih vezij in sklopov, kjer sem začel vključevati te vsebine.

Elektromagnetna združljivost (EMC – ang. Electromagnetic Compatibility) je področje elektrotehnike, kjer se ukvarjamo na eni strani z elektromagnetnim sevanjem elektronskih naprav, na drugi strani pa z njihovo občutljivostjo na zunanje elektromagnetne motnje. Oboje je potrebno obvladovati, če želimo zagotavljati brezhibno delovanje množice naprav, ki sobivajo v našem okolju. To je tudi zahteva zakonodaje, ki se sicer v različnih državah razlikuje v detajlih, a splošno načelo omejevanja močenja velja za cel svet. V kakšni meri in pri katerih frekvencah, določajo standardi. In skladnost s trenutno veljavnimi standardi je pogoj, da lahko elektronske naprave dajemo v prosto prodajo po celem svetu.

V zgodovini so se z EMC začeli ukvarjati, ko so se širše uveljavile radijske komunikacije in že leta 1934 je bila v okviru Mednarodne elektrotehniške komisije (IEC) ustanovljena posebna skupina za radijske motnje, imenovana CISPR. Določili so meje elektromagnetnega sevanja v različnih frekvenčnih območjih, kot tudi merilne metode in inštrumente za preverjanje skladnosti naprav. Skozi leta so izdali vrsto standardov, ki so jih ob hitrem napredku elektronike ves čas nadgrajevali. Vojska je postavljala radarje, ki so s svojimi močnimi elektromagnetnimi pulzi občasno motili druge naprave, najprej radijske zveze, nato avtomobile, ko so že vsebovali določene elektronske sklope. Področje se je kasneje razvilo s prihodom osebnih računalnikov, mobilnih telefonov, do danes, ko smo obkroženi z množico naprav z radijskimi oddajniki in sprejemniki, ki jih napajamo s stikalnimi pretvorniki. Obstaja na tisoče zgodb od nedolžnih preglavic do smrtnih izidov, ki so povezane z elektromagnetno združljivostjo, imenovanih »Banana skins« [2]. Za največjo nesrečo, ki jo povezujejo z EMC, velja nesreča britanske letalonosilke H.M.S. Sheffield med falklandsko krizo leta 1982. Zaradi



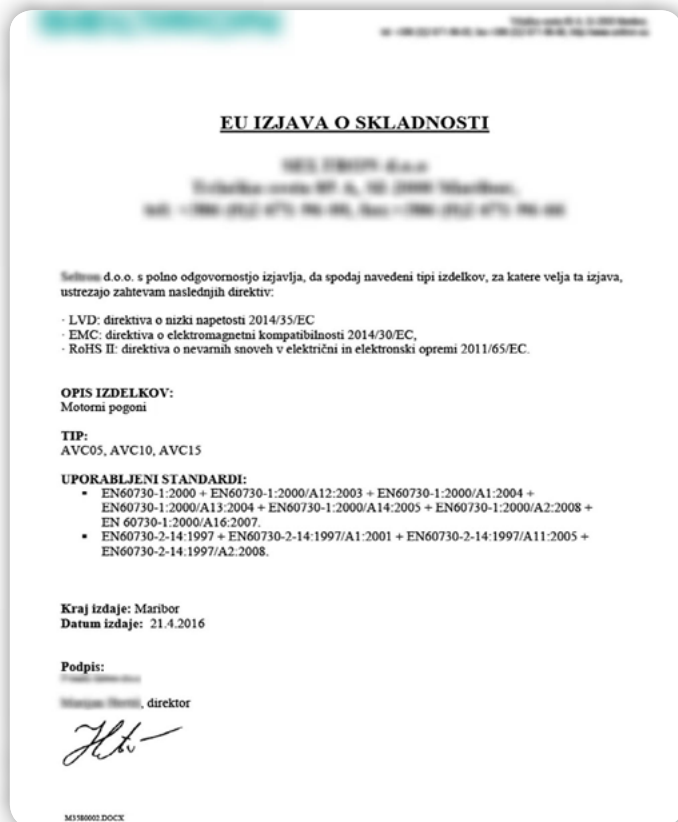
Slika 1: Razpoložljive rešitve in cena reševanja EMC problemov v času razvoja izdelka



Slika 2: CE znak mora biti točno določene oblike in razmerij, ki jih ne smemo kršiti.

motenj, ki jih je radar povzročal satelitskemu komunikacijskemu sistemu, je bil radar izklopljen, zato je bila ladja ranljiva za napad z raketo, ki jo je potopila [3].

Danes je EMC ključni del sestavljanke pri razvoju praktično vsake elektronske naprave in prej se zavemo tega, lažje peljemo razvoj do končnega produkta, primerne za trg. Če se problema EMC zavemo šele po tem, ko smo izdelek že razvili in ga pripravili za proizvodnjo in šele takrat pri testiranju ugotovili, da ni skladen z EMC direktivo, je možnosti za rešitev pro-



Slika 3: Izjava o skladnosti je pravni dokument, ki izraža polno odgovornost proizvajalca, ki ga zastopa direktor, za skladnost izdelka z EU direktivami.



Slika 4: Primer USB spajkalnika, kjer je CE znak sicer ustrezne oblike, ampak je nalepljen z nalepko čez zaslon in ga moraš pred uporabo odstraniti.

blema precej manj. Ne samo, da to podraži izdelek, še huje je, da zamakne njegov prihod na trg, kar je nemalokrat povezan z visokimi penali, če ne celo s propadom projekta. Razpoložljive rešitve in njihovo ceno nazorno kaže slika 1.

Verjetno ravno zato še danes lahko kupimo izdelke, ki niso skladni z evropsko EMC direktivo. Ti večinoma prihajajo iz daljnega vzhoda in jih kupujemo preko tujih spletnih trgovin, saj se tako proizvajalci lahko skrijejo pred evropskimi inšpekcijskimi organi. Če je namreč naprava proizvedena v EU, potem zanjo odgovarja proizvajalec, sicer pa uvoznik.

Razlogov za neskladnost je verjetno več: pomanjkljivo znanje,



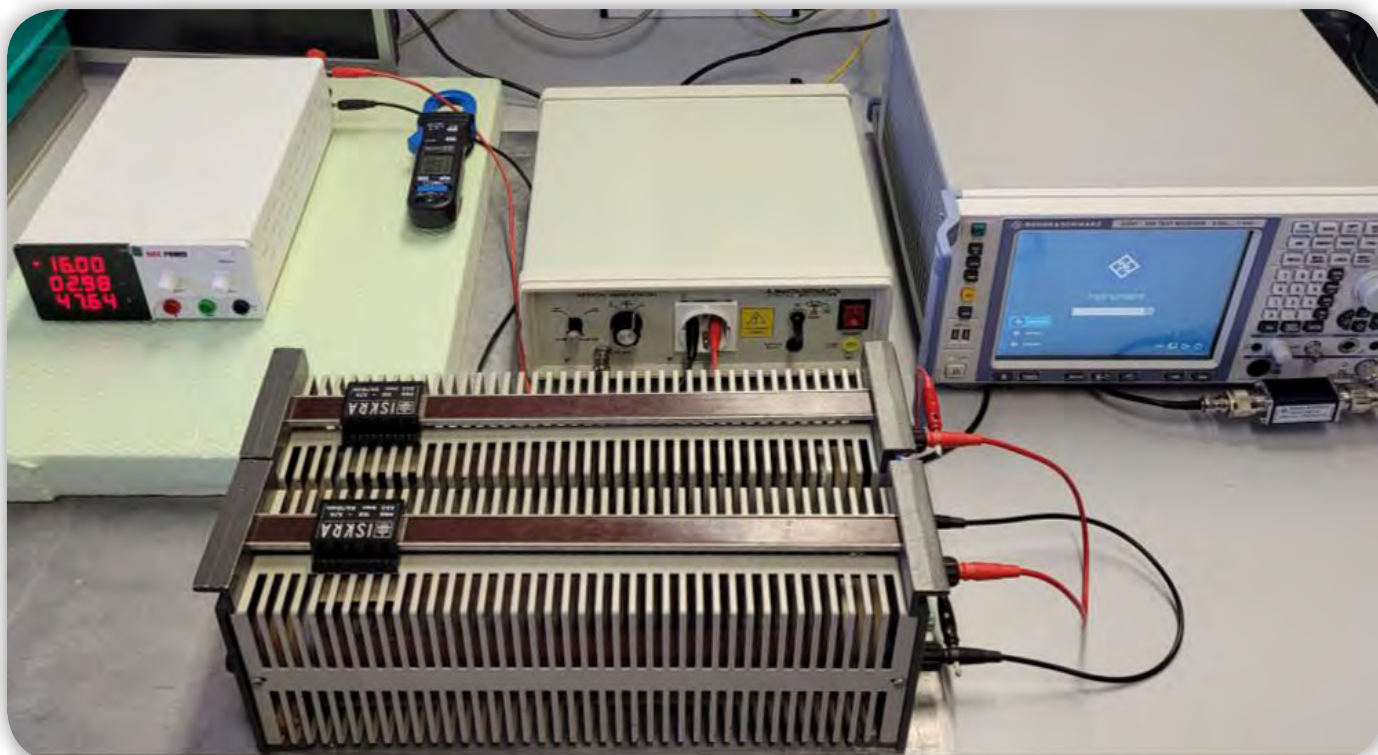
KARIERNI MESEC ELEKTROTEHNIKE⁺

Karierni mesec Elektrotehnike ponuja številne priložnosti za povezovanje z vodilnimi podjetji v panogi, s tem pa pridobivanje novih znanj in izkušenj.

V okviru kariernega sejma se lahko študenti seznanijo z možnostmi sodelovanja s podjetji, tematski dnevi pa bodo še dodatno osvetlili ključna področja v industriji.

24. MAREC – 23. APRIL

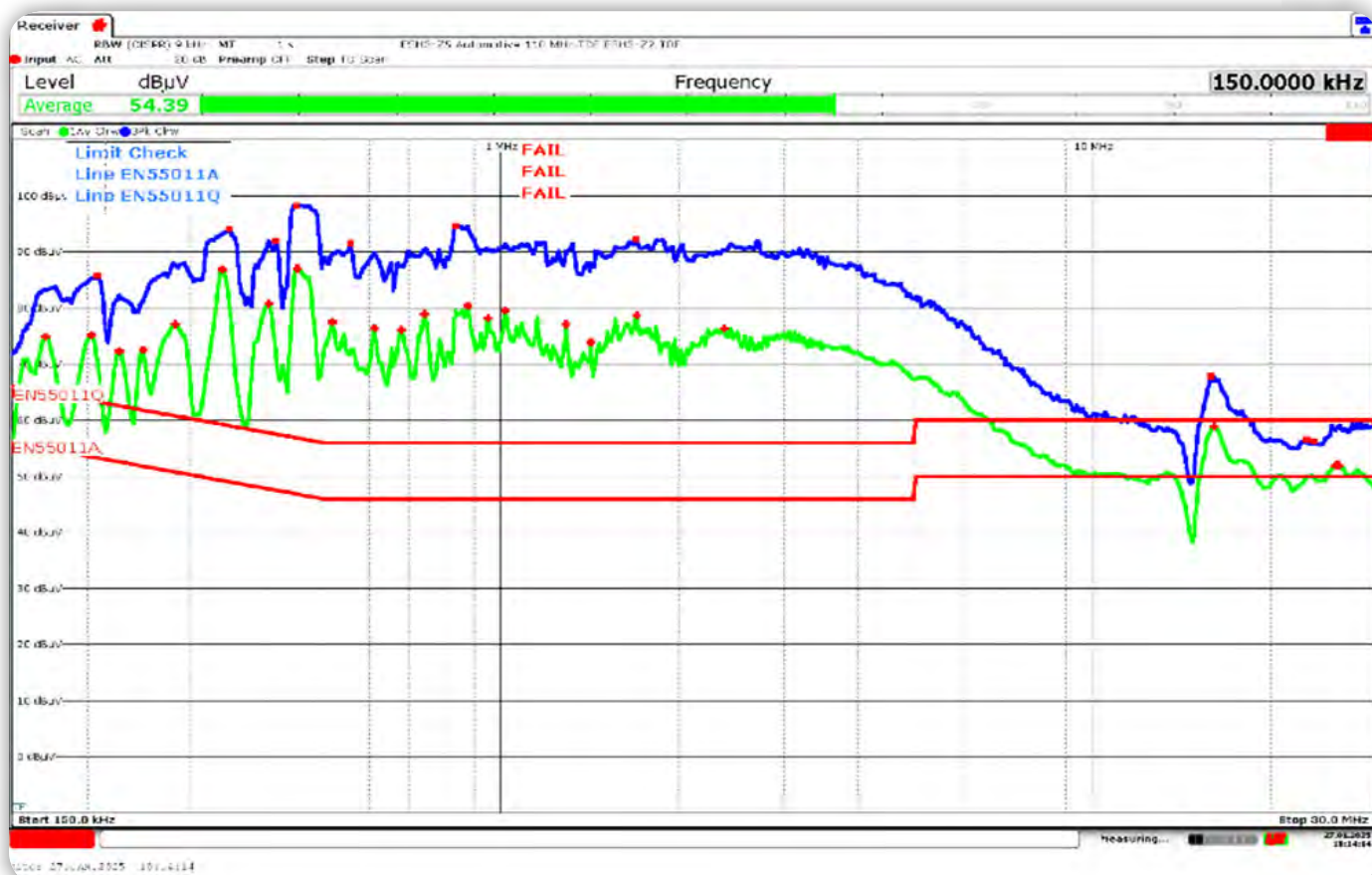




Slika 6: Meritev prevodnih motenj napajalnika v laboratoriju

cenovni pritiski (npr. filterske komponente so drage) in seveda možnost skriti se v množici. Slovenski inšpektorji večkrat naredijo vzorčenje določenih izdelkov v slovenskih trgovinah

in jih pošljejo na akreditirane meritve, ki jih pri nas izvaja Slovenski Inštitut za kakovost in meroslovje (SIQ) [4]. Večkrat se izkaže, da na vezjih npr. manjkajo filterski elementi, čeprav je



Slika 7: Izmerjene prevodne motnje napajalnika, ki presegajo dovoljene meje za več kot 100x



Primer nepravilnega CE znaka na napajalniku, ki mu rečemo kar "China Export"

prostor zanje pripravljen. Zelo verjetno so napravo na meritve motenj poslali kompletno, nato pa za znižanje cene v prodajo poslali naprave brez filtrov. To je eden od razlogov, zakaj za skladnost naprave ni odgovoren akreditiran laboratorij, ki izda certifikat, temveč izključno proizvajalec. Odgovornost za skladnost izraža z nameščenim CE znakom in podpisom izjave o skladnosti, prikazana na slikah 2 in 3.

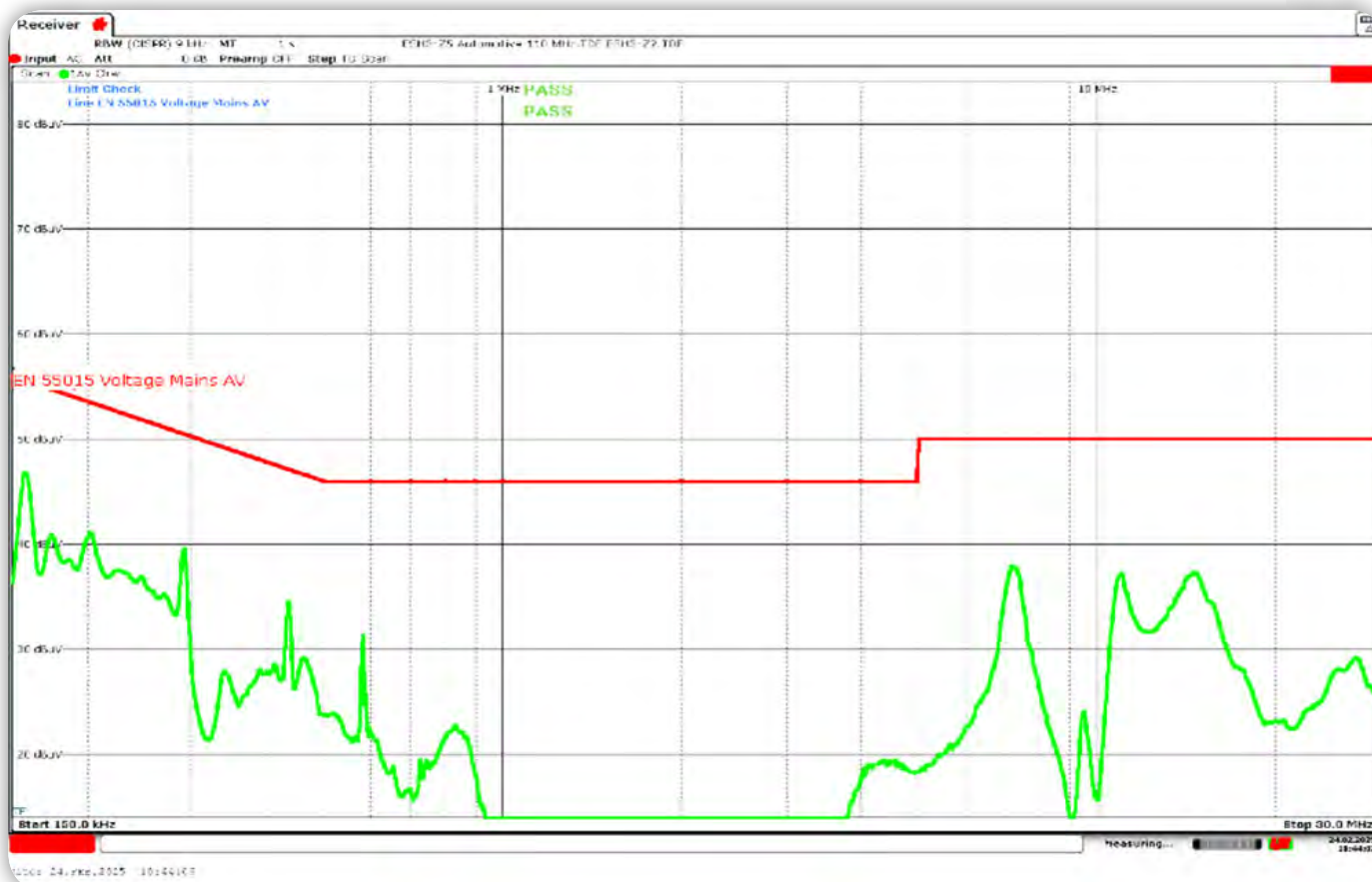
In že na tem mestu lahko opazimo prve sumljive znake, da je nekaj narobe z izdelkom, kot je to prikazano na slikah 4 in 5. Naj pokažem za zaključek tega prvega prispevka primer meritve prevodnih elektromagnetnih motenj laboratorijskega napajalnika, kupljenega v znani tuji spletni trgovini. Merilna

postavitev je prikazana na sliki 6, kjer vezje LISN poskrbi, da se elektromagnetne motnje, ki jih merjenec povzroča na napajalnem priključku ne širijo v 230V omrežje, temveč jih preusmeri v EMI sprejemnik, ki je v bistvu analizator spektra, posebej prilagojen za EMC meritve. Z bremenskimi upori smo obremenili napajalnik, da smo dosegli običajni režim delovanja. Rezultati meritev so prikazani na slikah 7 in 8. Rdeče črte so meje prevodnih motenj, ki jih določa EMC standard za tovrstne naprave. Motnje, ki jih napajalnik povzroča presegajo dovoljene meje za več kot 40 dB, kar je več kot faktor 100. Ko smo v napajalnik vgradili ustrezen filter, smo motnje znižali na 10 dB pod mejo. Dodatni komentarji po moje niso potrebni.

Viri:

- [1] H. Johnson in M. Graham, *High Speed Digital Design: A Handbook of Black Magic*, 1st edition. Upper Saddle River, NJ: Pearson, 1993.
- [2] „EMI Stories - EMC Standards“. Pridobljeno: 20. marec 2025. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.emcstandards.co.uk/banana-skins>
- [3] „HMS Sheffield (D80)“, Wikipedia. 14. december 2024. Pridobljeno: 20. marec 2025. [Na spletu]. Dostopno na: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=HMS_Sheffield_\(D80\)&oldid=1262989601](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=HMS_Sheffield_(D80)&oldid=1262989601)
- [4] „SIQ | Slovenski institut za kakovost in meroslovje, Ljubljana“. Pridobljeno: 20. marec 2025. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.siq.si/>

<https://fe.uni-lj.si>



Slika 8: Izmerjene prevodne motnje napajalnika po vgradnji dvostopenjskega linijskega filtra

Cena: 21,90€

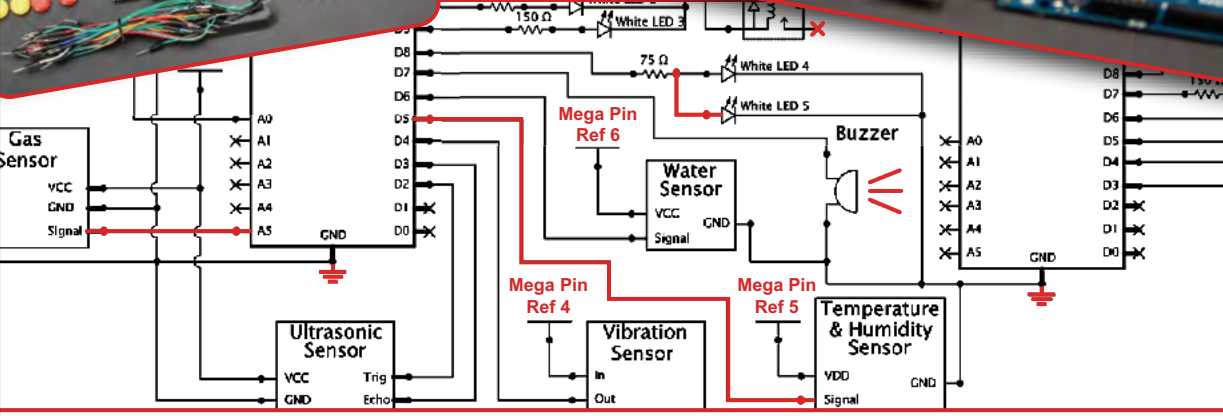
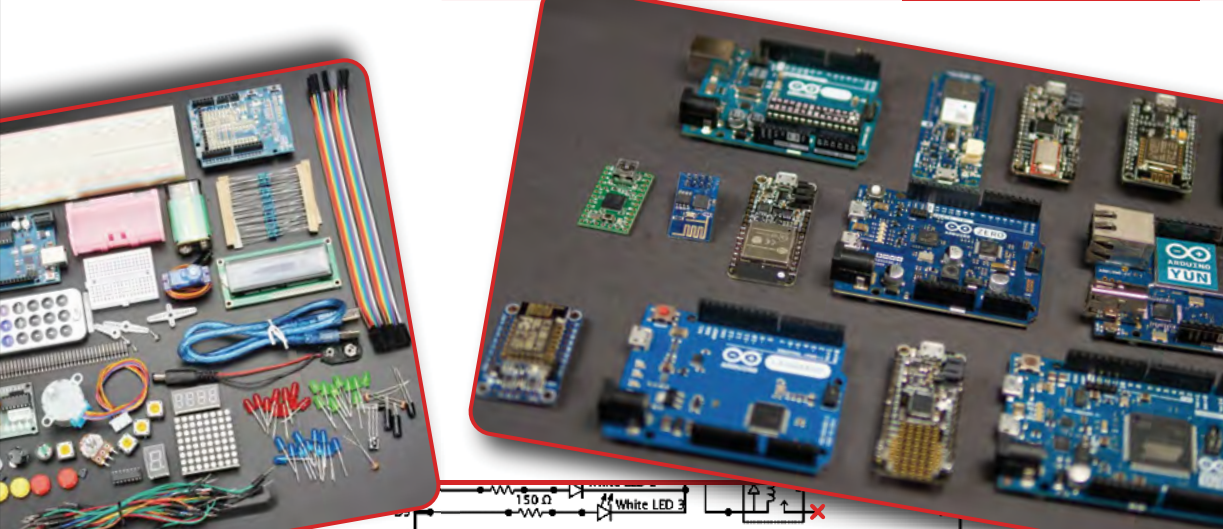
ARDUINO 2

Naročite lahko preko naše virtualne trgovine: <https://trgovina.svet-el.si>


9 789616 680202

ARDUINO 2

Začetni koraki in praktični Arduino projekti za vsakogar!



Gas Sensor
VCC
GND
Signal

Ultrasonic Sensor
VCC
GND
Trig
Echo

Water Sensor
VCC
GND
Signal

Buzzer

Temperature & Humidity Sensor
VDD
GND
Signal

Vibration Sensor
In
Out

Mega Pin Ref 4

Mega Pin Ref 5

Mega Pin Ref 6

White LED 3

White LED 4

White LED 5

USB priključek

Sistemska ura

Napetostni pretvornik

Napajalni priključek

Priključna letev

AVR CPU	PERIFERNE ENOTE:	Razhroščevanje in ISP
Pomnilniki: Flash Statični pomnilnik (SRAM) EEPROM	serijska vrata števci/merilniki časa I/O priključki SPI TWI ADC	Konfiguracijske varovalke Stražni mehanizem (WDT) Notranje sistemske ure



↑
INFO

<https://svet-el.si>

Zaznavanje toka z uporabo vezi na tiskanih vezjih

Microchip Technology Inc.

Avtot: Jerry Steele, Microchip Technology

Ko je potrebno zaznavanje toka, se oblikovalci običajno najprej odločijo za uporabo namenskih uporov, zasnovanih za to nalogo. Občasno pa se pojavi skušnjava, da bi razmislili o zaznavanju toka v sledi tiskanega vezja.

Slabosti uporabe bakrenih sledi kot tokovnih šent uporov

Za natančno zaznavanje toka v bremenu so potrebni upori za zaznavanje toka, ki se običajno imenujejo „tokovni šent upori“. Ti tokovni upori so postavljeni zaporedno z bremenom in na njih se pojavi napetost, ki je sorazmerna s tokom, ki teče skozi šent. Pri aplikacijah z visokim tokom lahko ti upori postanejo veliki in v obliki toplote trošijo precej energije. Ti pogoji nakužujejo, da bi bila lahko rešitev uporaba obstoječe bakrene sledi na tiskanem vezju (PCB - Printed Circuit Board). Med težavami pri uporabi šenta načrtovanega bakreni sledi je temperaturni koeficient upora $+0,39\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, ki povzroča nizko natančnost pri temperaturi.

Pri uporabi bakrene sledi kot šenta obstajajo težave, predvsem zato, ker je upornost bakra zelo nizka, kar pomeni, da bo napetost signala tako majhna, da bo zahtevala razmeroma zahtevno ojačenje, ali pa bo dolžina tega upora povečala stroške zaradi potrebne površine TIV. Na porabo te površine vplivajo tudi zahtevane tolerance upornosti. Čeprav bi ozek vzorec upora zmanjšal dolžino in s tem tudi površino, tolerance jedkanja tiskanega vezja običajno narekujejo najmanjšo širino 0,015 do 0,025 palca. Druga težava je temperaturni koeficient bakra, ki znaša $+0,39\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, kar pomeni, da se padec napetosti pri danem toku poveča za 20 % pri dvigu temperature za 50 °C. Upoštevajte tudi, da dimenzijske tolerance neposredno vplivajo na vrednost upora. Nadzor robov procesa jedkanja z računalnikom običajno določa najmanjšo sprejemljivo širino.

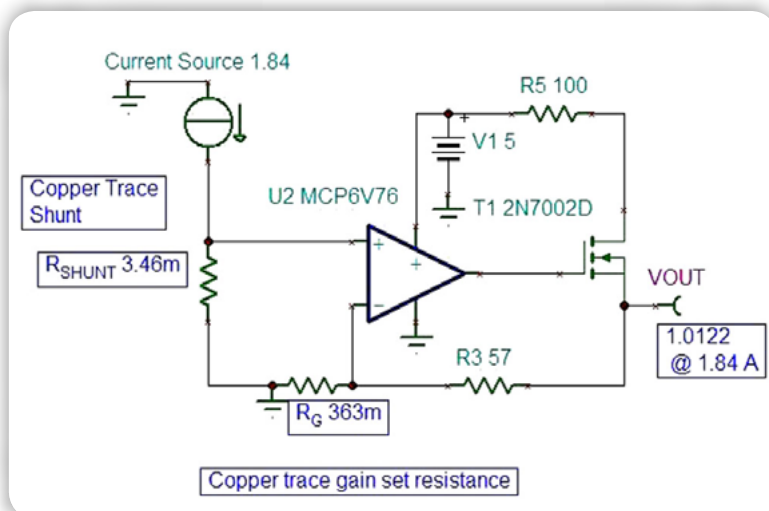
Metoda za natančno zaznavanje toka v bakreni sledi

Metoda za reševanje problema temperaturnega koeficienta, ki jo bomo obravnavali tukaj, se zgleduje po tehnikah oblikovalcev vezij na čipu in namesto uporabe absolutnih vrednosti uporablja geometrijsko razmerje za določitev ojačenja vezja. Tudi ta metoda ni brez težav, saj so padci napetosti izredno majhni, pogosto pod 10 mV. K sreči sodobni ojačevalniki z ničelnim ofsetom (samodejni ofset ali chopper) ponujajo

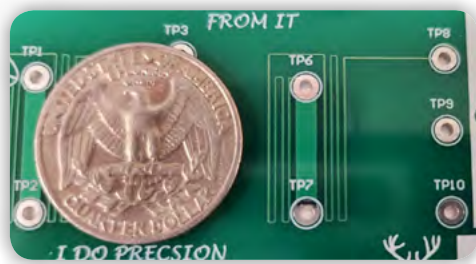
pripravljen rešitev za problem nizkih padcev napetosti. Kot bo razvidno, je pri doseganju začetne natančnosti še vedno nekaj omejitev, čeprav je metoda po umerjanju lahko zelo natančna.

Namen tega je ustvariti dva upora z geometrijskim razmerjem, ki bosta določala naše ojačenje. Na primer, vzemimo v poštev visokotokovno pot (imenovano RSHUNT) z naslednjimi (normaliziranimi) dimenzijami: Dolžina (L)=1, širina (W)=10. Za element za določanje ojačenja (imenovan RGcreate) pa še en vzorec z L=10 in W=1. Tako dobimo razmerje dimenzij in s tem upornosti 100:1. Ker je upor za ojačenje namenjen temperaturni kompenzaciji poti RSHUNT z visokim tokom, mora biti nameščen simetrično in v bližini elementa RSHUNT. Slika 2 prikazuje konceptualno risbo usklajevanja razmerja med bakrenim uporom za nastavitev ojačenja na bakreni sledi na tiskanem vezju in bakrenim šentom sledi tiskanega vezja, da se čim bolj zmanjšajo začetne napake in napake zaradi temperature. Postavitev uporov izkorišča razmerja in prepletanje.

Osnovno vezje, ki je bilo uporabljeno pri začetnem testiranju koncepta, je prikazano na poenostavljeni shemi na sliki 1. Opcijski ojačevalnik poganja MOSFET, ki prek upora, ki določa ojačenje, zagotavlja potreben povratni tok in izhodno napetost, sorazmerno z izmerjenim tokom. To je osnovno vezje, zasnovano za „zaznavanje na nizki strani“, kjer je ena sponka tokovnega šenta ozemljena, izhod ojačevalnika pa je definiran glede na zemljo. Upoštevajte, da to vezje zahteva ojačevalnik z



Slika 1: Osnovno vezje za zaznavanje toka na nizki strani s temperaturno kompenziranim bakrenim šentom na tiskanem vezju.



Slika 2: Načrtna risba načrtovanih sledi šenta in upora, ki določa ojačenje.

izjemno majhnim vhodnim ofsetom, kot ga zagotavljajo ojačevalniki z ničelnim drsenjem (serija Microchip MCP6V76 je ojačevalnik z ničelnim drsenjem in z največjim vhodnim ofsetom 25 μ V).

V poenostavljeni shemi upoštevajte, da je tok skozi R3 in RG vedno odvisen od vhodnega toka in razmerja uporov RSHUNT in RG. Dejanske vrednosti RSHUNT in RG morajo imeti le takšno skupno vrednost, da je tok znotraj zahtevane meje toka v MOS-FET T1. Razmerje med RSHUNT in RG lahko določimo iz:

$$I_{T1} = I \left(\frac{R_{SHUNT}}{R_G} \right)$$

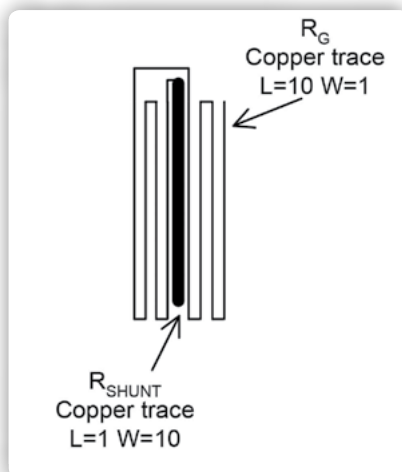
Ta tok določa razmerje, pri katerem je izhodni tok del vhodnega toka, sorazmeren z geometrijskim razmerjem. Napetost na vrhu R3 se uporablja kot izhod in jo je mogoče spreminjati za nastavitev ojačenja na poljubno vrednost. Primer razporeditve vezja na plošči, ki prikazuje RSHUNT in RG, je prikazan v vezju za zaznavanje toka na nizki strani na slikah 2 in 3.

Meritve zmogljivosti

Vezje na sliki 1 je bilo izvedeno za zaznavanje na nizki strani, da bi preprosto prikazali kompenzacijo bakrene sledi. Za doseganje absolutne natančnosti si nismo prizadevali, zato so bile vrednosti normalizirane za meritve v tabeli.

Na razvojni ploščici z uporabo Microchipovega operacijskega ojačevalnika MCP6V76 so bile pri preskusu temperaturnega zdrsa od 25 $^{\circ}$ C do 125 $^{\circ}$ C zabeležene naslednje vrednosti. Napake so bile enakomerne do več kot 100 $^{\circ}$ C, večino napake pri 125 $^{\circ}$ C pa je mogoče pripisati odstopanju drugih komponent, kot sta običajni upor, ki določa ojačenje in ojačevalnik:

Ishunt (A)	25 $^{\circ}$ C Vout	Error as % of reading	125 $^{\circ}$ C Vout	Error as % of reading
1,84	1,0001	0,01%	0,9790	-2,11%



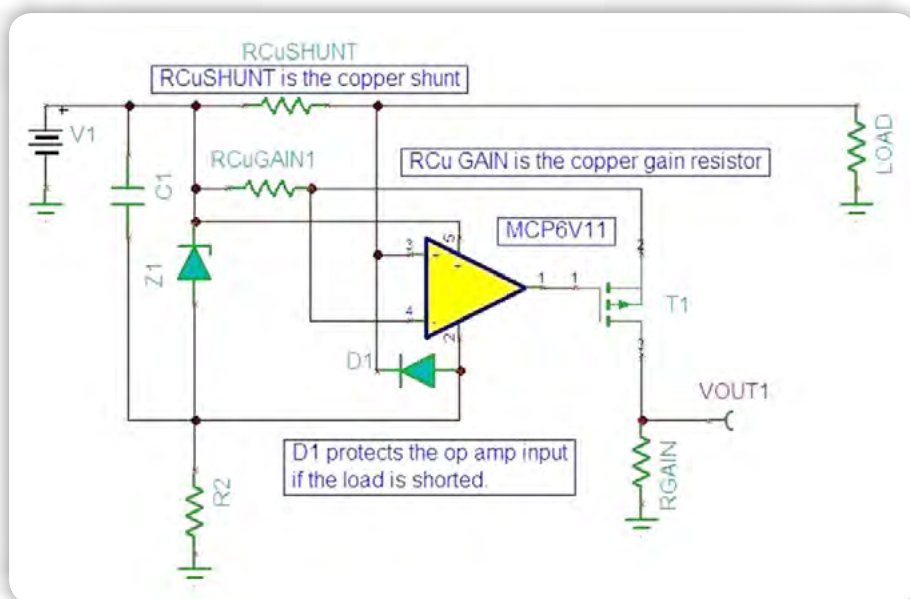
Slika 3: Bližnji posnetek testne plošče s kovancem za prikaz dejanske velikosti. Sled od TP6 do TP7 je šent RSHUNT, sled od TP6 do TP8 pa je bakreni upor RG, ki določa ojačenje. Del, ki ga pokriva kovanec, je neuporabljena podvojitve vezja.

Implementacija zaznavanja toka na visoki strani

Različico z zaznavanjem na visoki strani je mogoče izdelati na podlagi znanega vezja „Current Drive Current Sensing“, ki je prikazano na sliki 4.

Vezje tokovnega vira je zlahka prilagojeno metodi kompenzacije sledi, kjer sta RCUSHUNT in RCUGAIN1 sledi na plošči tiskanega vezja. RG je običajni upor za nastavitev na splošno željeno raven ojačenja.

Z1 je Zenerjeva dioda za „rail-to-rail“ operacijski ojačevalnik. D1 zagotavlja vhodno zaščito v primeru kratkega stika bremena. Dodatne podrobnosti o tem vezju so na voljo v referenci 1.

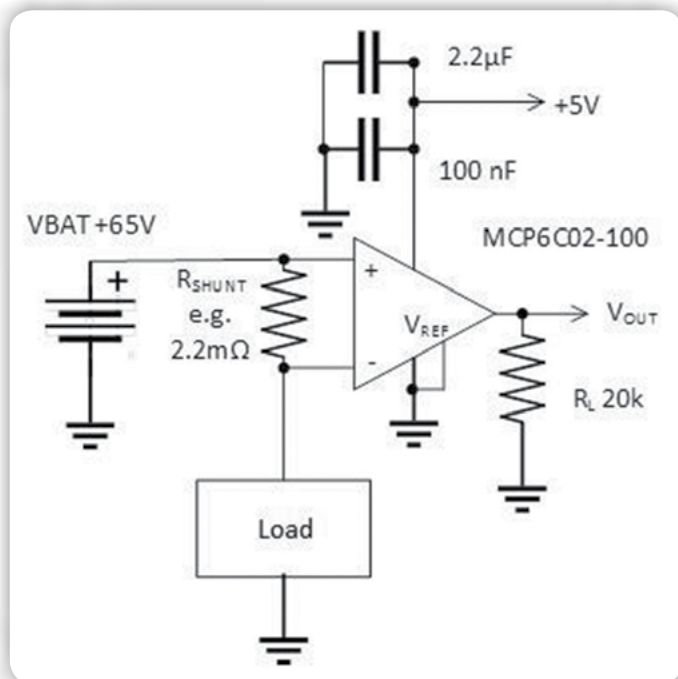


Slika 4: Vezje za zaznavanje toka tokovnega vira.

$$V_{OUT} = \left(\frac{I R_{CuSHUNT}}{R_{CuGAIN}} \right) R_{GAIN}$$

Razmislite o namenskem zaznavanju tokov

Ko izvajate zaznavanje toka na vezeh plošče tiskanega vezja, kmalu ugotovite, zakaj so ljudje izumili upore. Za izvedbo natančnega zaznavanja tokovnih sledi na plošči tiskanega vezja je vedno potrebna bistveno večja površina plošče kot pri šentu. Upoštevajte, da so najnižje ofset napetosti ojačevalnikov od 5 do 10 μ V, spodobna natančnost pa se začne pri padcih



Slika 5: Vezje namenskega ojačevalnika za zaznavanje toka z uporabo ojačevalnika MCP6C02-100 za zaznavanje toka podjetja Microchip.

napetosti na celotni skali za red velikosti nad tem. Ko upoštevate vse dejavnike, boste ugotovili, da bo fizično najmanjša

rešitev v prid namenskemu šent upor. Primer je prikazan na sliki 5, ki ponazarja enostavnost uporabe namenskih šent uporov in ojačevalnikov za zaznavanje toka. Šent upor zagotavlja natančno upornost in nizek temperaturni koeficient. Sodobni ojačevalniki za zaznavanje toka z nizkim drsenjem in nizkim ofsetom omogočajo manjše padce napetosti na šentu, kar izboljša učinkovitost in pogosto omogoča fizično manjše šente zaradi manjše razpršene moči šenta. Enosmerna in dvo-smerna vezja so razmeroma enostavna.

O avtorju

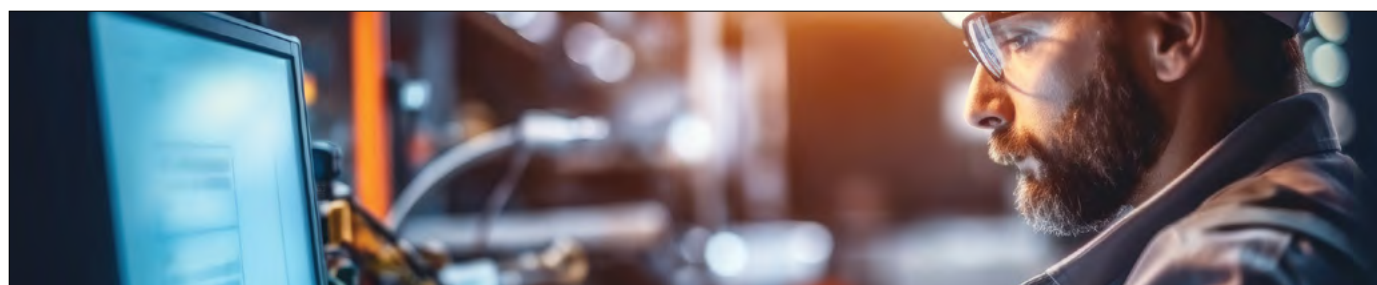
Jerry Steele ima več kot 30 let izkušenj na področju analogne in močnostne elektronike, saj je delal v podjetjih Apex, National Semiconductor, TI in ON Semiconductor. Vloge so segale od aplikativnega inženirja do strateškega razvojnega inženirja in trenutno kot validacijski inženir pri Microchipu.

Referenca:

- <https://www.planetanalog.com/the-current-drive-current-sense-circuit/>

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>



Številni vmesniki PCIe® povezljivosti

Prilagodljivo Fanout PCIe stikalo za industrijske aplikacije

Predstavljamo naše prebojno enoprocesorsko fanout PCIe stikalo z visoko integriranimi perifernimi napravami za brezhibno povezljivost. Ta kompakten, a zmogljiv čip, se ponša z vgrajenim gostiteljskim krmilnikom USB 3.2 Gen 2 10G), 2,5G Ethernet MAC in programabilnimi vhodi/izhodi, zato predstavlja vsestransko rešitev za različne aplikacije.

Z integriranimi fizičnimi PCIe vmesniki, ki ponujajo 4-kanalni vhodni priključek in 1-kanalni izhodni priključek, se PCI11xxx/PCI12xxx odziva na naraščajoče povpraševanje po PCIe podsistemih večje pasovne širine v vgrajenih aplikacijah. Prenos PCIe navzgor po eni ali več linijah omogoča prilagajanje različnim pasovnim širinam sistema.

Družina PCI11xxx/PCI12xxx je zasnovana tako, da jo je mogoče namestiti na različne SOM plošče, vključno z osnovnimi ploščami za specifične aplikacije, in je idealna za avtomobilsko telematiko. V aplikacijah, kot so povezave 4G/5G, se navzdol usmerjena PCIe vrata brez težav povežejo z modemskimi moduli LTE, kar olajša preprosto delovanje ventilatorja in razširi povezljivost V2X procesorjev z omejenim številom vrat.



microchip.com/PCIePeripherals



Ime in logotip Microchip ter logotip Microchip sta registrirani blagovni znamki podjetja Microchip Technology Incorporated v ZDA in drugih državah. Vse druge blagovne znamke so last njihovih registriranih lastnikov.
© 2025 Microchip Technology Inc. Vse pravice pridržane.
MEC2581A-SLO-03-25

Hitro in preprosto nadgradite na najnovejše Wi-Fi standarde z uporabo predhodno certificiranih modulov

Panasonic Industry

Avtor: Chetan Joshi, vodilni produktni vodja pri podjetju Panasonic Industry Europe

Če ste spregledali, so na voljo nove iteracije Wi-Fi omrežja, ki spreminjajo razpravo z uspešnosti posamezne radijske povezave na uspešnost omrežja. V standardih Wi-Fi 6, Wi-Fi 6E in kmalu ratificiranih standardih Wi-Fi 7 je bilo uvedenih veliko novih tehnik, ki izboljšujejo zmogljivost tako na ravni naprave kot na ravni omrežja.

Načrtovanje sprednjega dela Wi-Fi modula z uporabo brezžičnega SoC na podlagi novih Wi-Fi standardov je lahko zapleteno in drago, zato je izbira predhodno certificiranega modula najbolj enostaven način za hiter vstop na trg.

Pri načrtovanju tiskanega vezja, ki vsebuje visoko zmogljiv miniaturni brezžični SoC, je pomembna vsaka podrobnost - od celovitosti signala na hitrem digitalnem I/O vodilu, ki prenaša podatke do oddajnika, do impedančne uskladitve med RF izhodnim priključkom in anteno. Za zgodnje odkrivanje težav in izogibanje kasnejšim težavam je potrebno specializirano strokovno znanje na področju radijskih frekvenc. Poleg tega je za razvoj Wi-Fi omrežja potrebna draga preskusna oprema. Nasprotno pa je radijska zasnova že optimizirana v modulu, kar lahko prav tako pomaga odpraviti težave v razvojnem ciklu. To vodi do znatnih prihrankov pri stroških.



Certificiranje je drago

Izdelki, dobavljeni z oddajnikom, morajo delovati usklajeno z drugimi napravami v skupnem okolju. Harmonijo dosežemo po poti certificiranja teh izdelkov po strogem testiranju radia v skladu z lokalno veljavnimi predpisi. To seveda velja tudi za izdelke, ki vsebujejo Wi-Fi oddajnik. Dejansko so stroški postopka popolne certifikacije za Wi-Fi zaradi narave tehnologije praviloma dražji. Wi-Fi izdelek mora imeti optimalno radijsko obnašanje, ko je postavljen poleg drugih izdelkov v istem ali različnih, vendar sočasno nameščenih Wi-Fi omrežjih. Poleg tega mora Wi-Fi izdelek tudi zagotavljati, da ne moti drugih tehnologij v pasu ISM, kot so Bluetooth, Zigbee, Thread ali drugih lastniških brezžičnih skladov. Poleg tega je slabo zasnovana Wi-Fi naprava zelo dovzetna za motnje, ki jih povzročajo mobilni radii LTE ali radarji, ki delujejo v 5 GHz pasovih za uporabo v civilnih ali vojaških aplikacijah.

Razmere so se še poslabšale zaradi svetovnega nesoglasja o tem, kako uporabljati 6 GHz pas v okviru tehnologij v pasu ISM, kot sta Wi-Fi in Bluetooth. Medtem ko so na primer Združene države Amerike dovolile uporabo celotne pasovne širine 1.200 MHz za ISM aplikacije, je Evropska unija odprla le 480 MHz v spodnjem pasu 6 GHz. Premagovanje svetovnih regulativnih ovir je pogosto največji skriti strošek pri načrtovanju strojne opreme. Sodelovanje s preskusnimi laboratoriji, da bi opravili predpisane preskuse, je dodaten napor. Vse to poveča skupne stroške razvoja. Uporaba predhodno certificiranih brezžičnih modulov odpravi večino težav. Oblikovalci sistema preprosto ponovno uporabijo licenco, izdano proizvajalcu modula, za varno vključitev brezžične funkcije.

Izbira ustreznega Wi-Fi modula

Izbira ustreznega Wi-Fi modula je lahko odvisna od večjega števila dejavnikov, kot na primer:

Arhitektura

Modul ima lahko odprt aplikacijski procesor, ki gosti omrežni niz, in vgrajeno IoT aplikacijo, vse pa teče v okviru omejenega RTOS sistema. Lahko pa modul deluje kot omrežni koprocesor (NCP), ki skrbi za Wi-Fi komunikacijo, vendar potrebuje gostiteljski procesor za upravljanje omrežja. Slednje najpogosteje zahteva polni operacijski sistem (Windows ali Linux). Vendar pa so prodajalci naprav vse pogostejše sposobni povezati NCP s skladom TCP/IP, ki teče nad neko obliko operacijskega sistema v realnem času (npr. FreeRTOS).

Večje število brezžičnih protokolov

Za projekt je lahko potrebna vrsta možnosti povezovanja. Glede na vlogo, ki jo je treba opraviti, lahko izberete modul z enim samim protokolom, samo Wi-Fi, ali večprotokolno rešitev, ki podpira Bluetooth povezljivost in mrežno povezljivost na podlagi standarda 802.15.4. Večprotokolna rešitev za majhen prihodek ponuja tesno integracijo in boljše obvladovanje soobstoja v primerjavi z diskretno rešitvijo z več SoC/moduli.

Komunikacijski vmesniki

Vsaka naprava in aplikacija ima svoje edinstvene možnosti in zahteve glede brezžične povezave. Medtem ko mora ena naprava prek brezžične povezave za pretakanje 4k videoposnetkov prenesti več gigabitov, drugi napravi za sporočanje podatkov senzorja ali daljinsko upravljanje aktuatorja zadostuje le nekaj kilobitov. Različne možnosti odražajo raznolikost aplikacij. Tako obstajajo brezžični moduli, ki podpirajo hitre komunikacijske vmesnike, kot sta SDIO in PCIe, ki so primerni za aplikacije črpanja podatkov z zelo visoko zmogljivostjo, medtem ko so druge rešitve optimizirane za aplikacije z omejeno porabo energije, ki uporabljajo vmesnike, kot so SPI, I2C in UART, za povezavo senzorjev.

Izbora anten

Antena je pomemben dejavnik pri načrtovanju brezžičnega omrežja. Deluje kot pretvornik, ki pretvarja tokove in napetosti, prejete od oddajnika, v elektromagnetno energijo, ki jo oddaja brezžično omrežje - in obratno. Zaradi neuglašene antene je lahko izdelek popolnoma neuporaben. Zato izbiro antene pogosto narekuje zasnova končnega izdelka. Nekateri oblikovalci imajo raje kompaktne antene, vgrajene v tiskano vezje, drugi pa za boljšo pokritost uporabljajo zunanje antene, nameščene na priključkih. Ne smemo pozabiti, da je antena sestavni del nastavitve sevalnega elementa in je zato izrecno povezana z regulativnim certificiranjem brezžičnega modula. Lekcija: pri izbiri antene si oglejte drobni tisk! Moduli so lahko opremljeni z vgrajeno anteno ali s certificirano referenčno zasnovo, ki uporabnikom omogoča, da kopirajo natančno zasnovo in ponovno uporabijo dodelitev certifikata. Končni cilj je vedno doseči optimalno radijsko pokritost za določeno zasnovo, kar lahko zahteva spremembo anten in s tem povezano certificiranje.

Kaj pričakovati od nekega dobavitelja Wi-Fi modulov

V internetu stvari je implementacija Wi-Fi pogosto ključnega pomena. Zato mora prodajalec modulov zagotavljati nekatere ključne prednosti:

Podpora pri načrtovanju hardvera

RF projekti lahko pogosto prinesejo neprijetna presenečenja, ko jih najmanj pričakujemo. V tej fazi je podpora inženirjev z dragocenimi izkušnjami pri načrtovanju Wi-Fi modulov ključnega pomena za doseganje hitrega cikla načrtovanja. Prodajalec modulov lahko pomaga na različne načine: pregled postavitev tiskanega vezja, usklajitev vhodne impedance antene, priporočilo za namestitev modula ali antene za boljšo pokritost itd.



Slika 1: PAN9019 - certificiran radijski modul, ki vsebuje dvopasovna WiFi 6 in Bluetooth 5.4 podsistema.

Dodajanje novih regulativnih področij in anten

Kot smo že omenili, je enostavnost pridobivanja regulativnih certifikatov za radijske funkcije ena od glavnih prednosti uporabe Wi-Fi modulov. Zato morajo imeti prodajalci široko regulativno strategijo za zagotavljanje prilagodljivosti zasnove, vključno z več domenami za pokrivanje več trgov; in več vrstami anten.

V nekaterih primerih je lahko certificirana antena na modulu neustrezna za zahtevano radijsko zmogljivost, zato je treba uporabiti drugo anteno, ki ni certificirana. V drugih primerih je izdelek lahko namenjen novemu trgu, za katerega prodajalec modula nima subvencije in/ali poročil o preskusih. V takih primerih je potrebna podpora prodajalca modula, da se na seznam že obstoječih certifikatov doda novo regulativno področje ali da se certificira popolnoma nov tip antene. Prodajalci modulov lahko pomagajo s testiranjem za nove predpise in izdajo pooblaščenega obvestila o spremembi prvotno podeljene certifikacije.



Proizvod	PAN9028	PAN W602-1x	PAN9019(A)	PAN W601-1x
RF Kategorija	Wi-Fi 5 in Bluetooth 5	Wi-Fi 6 in Bluetooth 5	Wi-Fi 6 in Bluetooth 5 (in IEEE® 802.15.4)	Wi-Fi 6E in Bluetooth 5
Frekvenca [GHz]	2.4 in 5	2.4	2.4 in 5	2.4, 5 in 6
Čip	NXP – 88W8987	TI – CC3301	NXP – IW611/2	Synaptics – SYN43711
Certificirana antena	Integriran čip/priključek (preko priključka na TIV)	Integriran čip/priključek na spodnji strani TIV (tbd)	Preko priključka na spodnji strani TIV čip/ (Flex)PCB/priključek	Integriran čip/ priključek na spodnji strani TIV (tbd)
Predpisani certifikati	CE RED, FCC, ISCED	CE RED, FCC, ISCED, MIC*	CE RED, FCC, ISCED, MIC, RCM	CE RED, FCC, ISCED, MIC*
Dimenzije [mm]	24.0 x 12.0 x 2.8	12.9 x 9.5 x 1.8*	15.3 x 12.0 x 2.5	12.2 x 9.9 x 2.55*
Status (na dan 06/2024)	Masovna proizvodnja	V razvoju	Masovna proizvodnja	V razvoju
Več informacij	PAN9028 www stran	Kontaktirajte Panasonic Sales	PAN9019(A) www stran	PAN W601-1x www stran

*Planirano tbd = bo še določeno

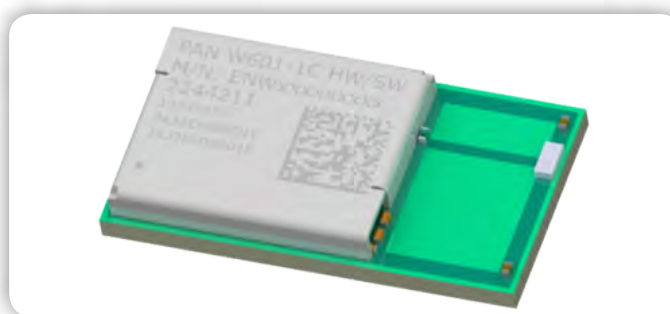
Tabela 1: Panasonicovi najnovejši Wi-Fi moduli za nove zasnove

Problemi s programsko opremo

Integracija Wi-Fi gonilnika na ugnjezdene platforme je ena od najpomembnejših tem v celotnem življenjskem ciklu programske opreme projekta. Vzemimo primer NCP za ugnjezdene naprave, ki temelji na operacijskem sistemu Linux. Običajna praksa je, da proizvajalci brezžičnih polprevodnikov izdajajo periodične izdaje gonilnikov, preizkušenih na najnovejši stabilni različici jedra Linuxa. Prav tako je treba brezžične gonilnike popraviti zaradi varnostnih ranljivosti. Nadgradnja na novo izdajo, zlasti pri brezžičnih napravah z gonilniki „izven drevesa“, lahko včasih privede do nepričakovanega obnašanja izdelka. Prav tu lahko podpora prodajalca modula, bodisi s komunikacijo o odkritju ranljivosti in razpoložljivosti varnostnih popravkov, bodisi z aktivnim odpravljanjem težav in analizo vzrokov napak med integracijo gonilnika, močno pripomore k nemotenemu vodenju projekta. Enako velja tudi za brezžični modul, zasnovan na podlagi ugnjezdenega brezžičnega mikrokontrolerja.

Zagotavljanje celovite podpore dobavni verigi

Slabo preverjanje dobavne verige lahko uniči sicer izjemno zasnovano tiskanega vezja. Pomanjkanje celo majhne in na videz nepomembne komponente, kot je upor, lahko zadrži proizvodnjo, vendar mora biti na voljo alternativa. Vendar je certificiran radijski modul ena od najbolj kritičnih komponent, saj je neločljivo povezan z izjavami o končnih izdelkih, ki jih proizvajalec predloži regulativnim organom. Zato preoblikovanje izdelka morda ne



bo mogoče, vsekakor pa bo zelo drago. Tu je popolna podpora sposobnega in predanega prodajalca modulov prava vrednost. Teme lahko vključujejo: tehnološko svetovanje za razumevanje najboljše zasnove platforme, upravljanje življenjskega cikla izdelka in napovedovanje proizvodnje. Morda bodo potrebne revizije tovarn za vzpostavitev preglednosti v dobavni verigi.

Panasonic Industry Europe

Panasonic Industry Europe je priznani ponudnik rešitev za brezžično povezovanje na kratke razdalje s ponudbo, ki vključuje Wi-Fi, Bluetooth in druge omrežne tehnologije. Njegovi brezžični moduli in omrežne kartice imajo radijski certifikat za več regulativnih področij, vključno z ZDA, Evropo, Kanado, Japonsko in drugimi azijsko-pacifiškimi državami. Poleg tega ti regulativni certifikati zajemajo več različnih vrst anten, referenčne antene pa so certificirane pri več uglednih prodajalcih anten. Podjetje nadalje omogoča projekte interneta stvari prek ekosistema partnerjev, ki se ukvarjajo z antenami, ugnjezdene programske opremo in lastniškimi brezžičnimi skladi. Panasonicov portfelj brezžičnih modulov pokriva več Wi-Fi generacij, od Wi-Fi 4 do rešitev Wi-Fi 6/6E. Moduli Wi-Fi 7 so del prihodnjega načrta. Moduli so zasnovani in izdelani v Evropi v obratu, ki je v celoti v Panasonicovi lasti.

Celovit vodnik za navigacijo v novi dobi omrežja Wi-Fi najdete v članku „Demystifying Wi-Fi 6/6E/7“.



<https://industry.panasonic.eu/protected-file-disclaimer/en/876194?t=1738843181>

RAČUNALNIŠKE NOVICE
bralcem revije
SVET ELEKTRONIKE
ponujajo POSEBNO
PONUDBO!

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

Navedete geslo
SVET ELEKTRONIKE.

12 števil
BREZPLAČNO

Naročite lahko na: maja@stromboli.si ☎ 01 620 88 00

Električni avtomobili

Ponudba in cene • Cene polnjenja, na 100 km



WINDOWS PRENOSNIKI S PROCESORJEM ARM

Microsoft je v zadnjem letu resno zagrabil podporo za procesorje z arhitekturo ARM. Rezultat? Prehoda uporabnik sploh ne opazi.



MONITORPRO:

- Videokonferenčni sistemi
- Podatkovna analitika

Najboljši izdelki minulega leta | SecureDrop | Prijavni ključi
| Xiaomi Redmi Note 14 Pro | Xiaomi Watch S4 | Najboljši Dockerji
| Izdelava računalniške igre | Mikro PCji

Monitor
www.monitor.si

Uporaba Click Power Meter 2 za spremljanje majhnih moči

Avtor: Brian Millier

E-pošta: bmillier1@gmail.com

V nedavnem članku v reviji Svet Elektronike sem opisal nekaj Mikroe Click plošč, s katerimi sem sestavil več projektov. V tem članku bom opisal monitor enosmerne moči, ki prav tako temelji na Click modulu: ploščo MIKROE-3150 Power Meter 2.

Plošča MIKROE-3150 vsebuje 24-bitni dvokanalni ADC podjetja Microchip in je primerna za merjenje enosmernih napetosti do približno 24 voltov in tokov do desetine mikroamperov. Zato je dober kandidat za merjenje porabe energije naprav interne stvari z nizko porabo energije in/ali baterijskim napajanjem. Za izdelavo takšnega merilnika porabe je treba tej Click ploščici dodati le MCU, zaslon, nekaj stikal in po želji vtičnico za uSD kartico. Podrobneje si oglejmo Microchipov MCP3910, ki je srce projekta.

MCP3910 podjetja Microchip

MCP3910 je ADC podjetja Microchip in je namenjen uporabi v merilnikih omrežne moči. Gre za dvokanalni, 24-bitni delta-sigma ADC z namenskim PGA in ADC za vsak kanal. Ko sem začel delati s ploščo MIKROE-3150 Click, ki uporablja to napravo, sem odkril, da Microchip izdeluje tudi MCP3911. Površno se zdi, da je MCP3911 po funkcionalnosti in specifikacijah skoraj enak MCP3910. Vendar sem pri primerjavi podatkovnih listov ugotovil, da se naslovi registrov in lokacije bitov med obema napravama precej razlikujejo. To bom podrobneje opisal pozneje.

MCP3910/3911 je posebej namenjen za uporabo v merilnikih omrežne moči, zato lahko MCP3910 meri izmenične napetosti in tokove. To je zahtevna raba, saj je natančnost ključnega pomena - ob predpostavki, da vam ni vseeno, kakšen je vaš mesečni račun za elektriko! Za pravilno izvedbo, tj. za izračun faktorja moči, sta potrebna dva diskretna PGA in ADC, namesto da bi uporabili samo en ADC z vhodnim multiplekserjem, kot to počnejo priljubljeni ADS1115 in številni drugi ADC. Oba vhoda MCP3910, Channel1 in Channel2, sta diferencialna. Čip vsebuje natančno referenco, vendar lahko alternativno uporablja zunanjo referenco z nastavitvijo bita 7 v registru CONFIG1.

MCP3910/3911 ima tudi veliko višje vzorčevalne hitrosti kot zgoraj omenjeni ADS1115. To je potrebno za natančno merjenje efektivnih vrednosti omrežne napetosti in toka. MCP3910 in MCP3911 imata hitrosti vzorčenja do 125 ksp/s: njuna ločljivost/natančnost se izboljšuje z nižanjem hitrosti vzorčenja zaradi višjih razmerij prevzorčenja. MCP3910/3911 potrebuje za delovanje zunanji kristal, ki lahko znaša do 20 MHz. Shema MIKROE-3150 prikazuje 20 MHz kristal na tej plošči. Ko se vzorčevalna razmerja, ki sem jih izmeril, niso ujemala z vrednostmi, ki sem jih izračunal iz formule v podatkovnem listu, sem kristal pregledal s povečevalnim steklom in videl, da je v resnici 12 MHz. S tem kristalom bi se največja hitrost

vzorčenja zmanjšala na 93,75 ksp/s. Zaradi visokih frekvenc vzorčenja, pri katerih lahko deluje ta naprava, za komunikacijo z MCU namesto vodila I2C uporablja vrata SPI.

PGA v MCP3910 imajo ojačenje med 1 in 32, v korakih po 2. Vrednosti polne skale za različne nastavitve ojačenja PGA so $\pm 0,6$ V pri ojačenju PGA=1 do $\pm 0,01875$ V pri ojačenju PGA=32. Za razliko od drugih ADC, ki sem jih uporabljal v preteklosti (npr. ADS1115 itd.), lahko ta ADC neposredno obdeluje bipolarne signale. To velja tudi v primeru, če se vhodi uporabljajo v enosmerni konfiguraciji (tj. negativni vhod je priključen na GND ADC). Z drugimi besedami, ta ADC lahko meri tudi napetosti, ki so negativne glede na ozemljitveni potencial ADC.

Čeprav je MCP3910 naveden kot 24-bitni ADC, je tako visoka ločljivost na voljo le, če je konfiguriran za razmerja prevzorčenja med 256 in 4096. V tem projektu sem za nizkotokovno območje uporabil razmerje nadvzorčenja (OSR) 4096, da bi dosegel najboljšo ločljivost pri nizkem toku. Vendar je posledica tega nizka frekvenca vzorčenja 91,5 Hz. Za območje visokih tokov ni potrebna tako visoka ločljivost, saj so napetosti na šent upor $0,1 \Omega$ veliko višje. Za to območje uporabljam OSR 64, kar ima za posledico nižjo 20-bitno ločljivost. Vendar pa to pri visokem območju pomeni hitrejše vzorčenje: 5859 Hz.

MCP3910 ne vsebuje nobenega notranjega vezja, ki bi omogočalo izvajanje samokalibracije. Domnevam, da bi bilo treba pri njegovi ciljni uporabi kot merilnika omrežne moči umeriti celotno vezje, vključno z uporovnim delilnikom, potrebnim za znižanje omrežne napetosti na $\pm 0,6$ V, in tokovnim šent uporom/tuljavo. Zaradi tega bi bil postopek umerjanja samo notranjih komponent ADC neustrezen. Naprava vsebuje dva 24-bitna registra - za kalibracijo odmika in ojačenja. Te vrednosti mora zagotoviti gostiteljski MCU, potem ko je bila izvedena rutina za umerjanje celotnega vezja. Območje kalibracije ojačenja je od 0 do 1,99999999x, množenje, ki je vključeno v kalibracijo ojačenja, pa MCP3910 izvede interno med zbiranjem podatkov. Vrednost iz 24-bitnega registra Offset se interno doda 24-bitni izhodni vrednosti ADC. Ko sem pisal knjižnico gonilnika za MCP3910, sem preizkusil delovanje obeh registrov za kalibracijo Offset in Gain.

MCP3910 je namenjen predvsem merjenju izmenične moči in mora na splošno upoštevati izračune faktorja moči, ki so s tem povezani. Ena od funkcij MCP3910, ki pomaga pri tem, je kompenzacija faznega zamika. Ta funkcija omogoča, da naprava

kompensira morebitna fazna odstopanja med merjenjem napetosti (kanal1) in merjenjem toka (kanal2) zaradi filtriranja itd. Poleg tega MCP3910 vsebuje 2 ADC, ki svoje vzorce zajemata hkrati. Ta kompenzacija fazne zakasnitve ima časovno ločljivost 1 us, ki bi bila natančnejša od vseh izračunov, ki bi jih lahko opravil gostiteljski MCU samo z uporabo podatkov o vzorcih.

Čeprav ga nisem uporabljal, MCP3910 poleg standardnih SPI vrat omogoča tudi alternativni digitalni nadzorni/podatkovni izhodni način. To je dvopasovno zaporedno vodilo s samo signalom Clock in Data. Pri ciljni uporabi kot merilnik omrežne moči je verjetno, da bodo MCP3910 in pripadajoče vezje delilnika/šent upora priključeni neposredno na omrežne linije in bodo morali biti galvansko ločeni od gostiteljskega MCU. To 2-žično zaporedno vodilo je mogoče izvesti z uporabo samo dveh hitrih galvanskih izolatorjev. V tem načinu se naprava ne konfigurira z nastavljanjem 24-bitnih konfiguracijskih registrov MCP3910, temveč z logičnimi nivoji na petih priključkih naprave (nekateri od njih opravljajo druge funkcije, ko naprava deluje v načinu SPI). 24-bitni vzorčni podatki se prek tega 2-žičnega zaporednega priključka prenašajo v posebnem formatu okvirja.

Poleg zgoraj opisanega 2-žičnega načina lahko ADC MCP3910 izpisujeta svoje neobdelane izhode modulatorja ADC prek MDAT0 in MDAT1 priključkov (ki se ne nahajata na MIKROE-3150). Gostiteljski MCU bi moral opraviti decimiranje/filtriranje, ki se običajno izvaja v samem MCP3910. MCP3910 vsebuje bloka filtrov za decimiranje SINC3 in SINC1, ki sta konfigurirana glede na izbrano razmerje prevzorčenja.

Obstaja nekaj varnostnih funkcij MCP3910, ki jih nisem preučil. Obstaja 16-bitno preverjanje ciklične redundance, ki se lahko po želji izvede in vstavi na koncu zaporedja branja podatkov. Obstaja tudi varnostni register, imenovan LOCKCRC (0x1F). Ob vklopu energije biti 16-23 tega registra vsebujejo „geslo“ 0xA5 (običajni izmenični bitni vzorec, ki se pogosto uporablja v take namene). Če v teh 8 bitov zapišete kakršno koli drugo vrednost, se vsi nadaljnji zapisi v katerega koli od drugih registrov blokirajo. To onemogoča nenamerne spremembe teh registrov, na primer zaradi težav pri izvajanju programa gostiteljskega MCU-ja. V programski kodi, povezani s tem projektom, sem zgodaj prebral ta register LOCKCRC, da bi ugotovil, ali je MCP3910 prisoten/deluje ali ne, s preverjanjem prisotnosti te vrednosti v podatkovnem listu.

Vezje MIKROE-3150 Click

Oglejmo si vezje plošče MIKROE-3150 Click. Na sliki 1 je fotografija te plošče. Liniji SPI in Data Ready MCP3910 sta priključeni neposredno na priključke na standardnem podnožju plošče Click. Na tej plošči ni LDO regulatorja, zato jo je treba napajati s 3,3-voltnim virom - tudi njene logične ravni so na ravni 3,3 V. Vsebuje 12 MHz kristal - in ne 20 MHz kristala, ki je prikazan na shematskem diagramu plošče, ki ga je dobavil Mikroelektronika.

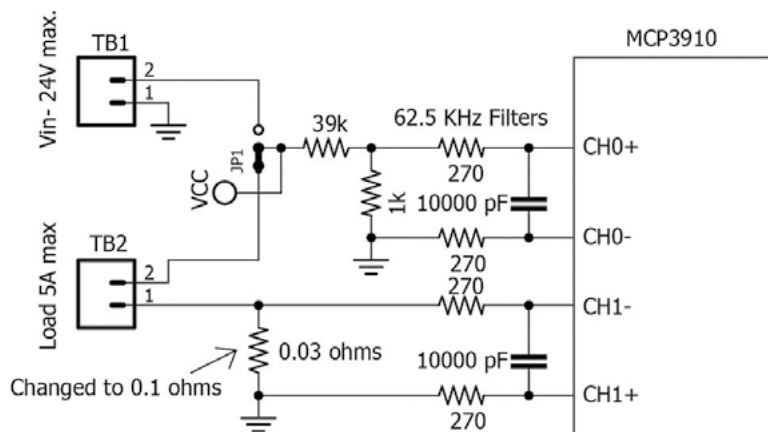


Slika 1: Fotografija MIKROE-3150 Click

Slika 2 prikazuje analogni del plošče MIKROE-3150 Click. Vhod Channel1 na plošči MCP3910 je konfiguriran za merjenje napetosti do 24 VDC in je priključen na TB1, 2-pinski priključek na tiskanem vezju. Napetostni delilnik, sestavljen iz 1k in 39k upora, deli vhodno napetost v razmerju 40:1. Privzeto je JP1 nastavljen tako, da MCP3910 lahko meri lastno napetost Vcc. To je treba spremeniti, da bo lahko meril napetost, ki prihaja na TB1.

Vsebuje tudi TB2, blok z dvema priključkoma, na katerega priključite breme za to napajanje. Tokovni šent, ki se uporablja za merjenje toka obremenitve, je upor SMD 0,03Ω. Ta je nameščen na „nizki strani“ vezja. Napetost na tem šentu se priključi na kanal2. Upoštevajte, da je pozitivna stran šenta priključena na negativni vhod kanala 2. Zato morajo biti vsi tokovni odčitki iz MCP3910 za pravilne podatke signalno invertirani. Upor SMD 0,03Ω sem zamenjal z uporom za površinsko montažo 0,1 Ω 1/2W, da bi omogočil boljšo ločljivost majhnih tokov, ki jih pogosto najdemo v IoT napravah, ki se napajajo iz baterije.

Dejstvo, da se na Click plošči uporablja „low-side“ tokovni šent, zahteva nekaj dodatne razprave. Pri normalnem delovanju Click plošča (in ostala vezja tega projekta) ni vezana na no-



Slika 2: Analogni del MIKROE-3150 Click

beno posebno referenčno ozemljitev. Zato dejstvo, da skupna (ozemljitvena) sponka obremenitve ni na istem potencialu kot skupna (ozemljitvena) sponka vira napajanja, ni pomembno. Razlika v potencialu je enaka napetosti, ki pade na tokovni upor $0,1 \Omega$.

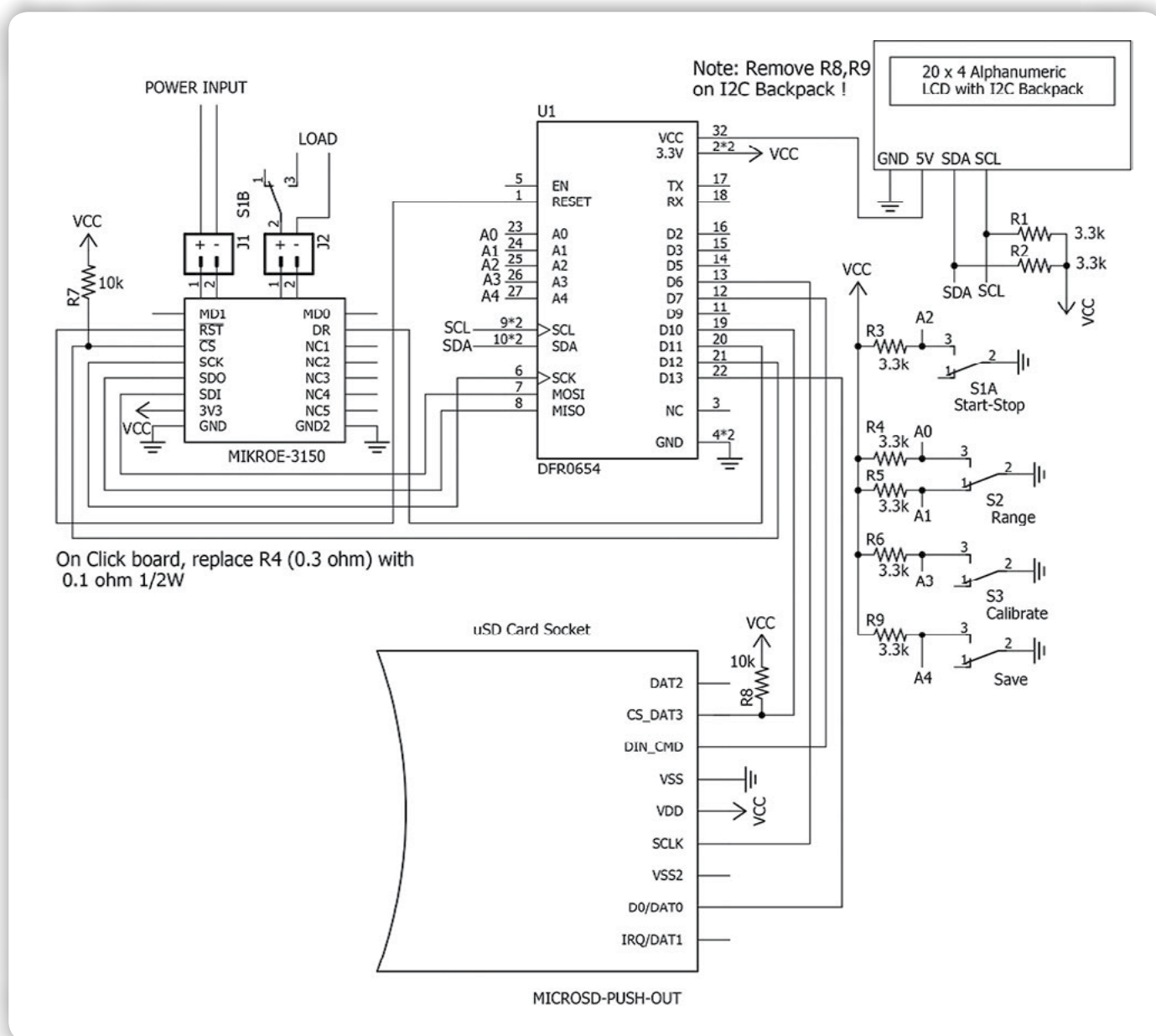
Med razvojem/testiranjem pa je projekt napajal računalnik prek USB na razvojni plošči DFR0654 ESP32, ki je del projekta. Če bi torej poskušali izmeriti porabo toka ciljne plošče, ki je bila tudi sama priključena na računalnik prek USB, meritev toka ne bi bila pravilna. To je zato, ker bi bil v tem primeru tokovni šent $0,1 \Omega$ kratek stik. Zato je bilo med razvojem/preizkušanjem mogoče meriti samo obremenitve, ki niso bile povezane z računalnikom. Kot je omenjeno zgoraj, ta omejitev izgine, ko sam projekt ni več napajen/priključen na računalnik.

Oba kanala MCP3910 imata enopolni nizkoprepustni RC filter z mejno frekvenco $62,5 \text{ kHz}$. V osnovi to pomeni, da ADC kanala 2 v MCP3910 ne bo natančno „zajel“ največjega toka MCU

ESP32 med zelo ozkimi tokovnimi „konicami“ med prenosi Wi-Fi/Bluetooth. Namesto tega bo ta kratek „šop“ s tem RD filtrom integriran v širši impulz z nižjo amplitudo vrha. Vendar pa bo zajeta celotna poraba toka (v MaS) med to „konicico“. Največja poraba toka MCU-jev, ki podpirajo RF, kot je ESP32, je dobro dokumentirana v njihovih podatkovnih listih. Za merjenje tako kratkih tokovnih impulzov je res potreben osciloskop ali nekaj, kot je Joulescope JS-220 Power Analyser.

Električna shema projekta

Na sliki 3 je prikazana shema projekta, pri čemer niso upoštevane komponente na plošči Click in plošči MCU DF Robot DFR0654. Morda se sprašujete o uporabi plošče DFR0654, saj je njen MCU ESP32 opremljen s tehnologijo Wi-Fi/Bluetooth, projekt pa ne uporablja radijskih komunikacij. Prvotno sem mislil, da bi uporabniški vmesnik projekta izvedel z grafičnim uporabniškim vmesnikom, ki teče na mobilnem telefonu z operacijskim sistemom Android, povezanem prek povezave



Slika 3: Shema projekta

Bluetooth. V preteklosti sem že uporabljal aplikacijo GUI-O za Android, ki zelo dobro opravlja takšne naloge. Vendar sem se pri razvoju projekta odločil, da bom za uporabniški vmesnik uporabil poceni LCD 20x4 zaslon in nekaj stikal. Dodal sem vtičnico za uSD kartico, ki omogoča beleženje meritev napetosti/toka v določenem časovnem obdobju na kartico uSD. Ohranil sem poceni ploščo DFR0654 MCU, ker je MCU ESP32 hiter, ima veliko RAM pomnilnika in ga dobro poznam pri programiranju v Arduino IDE.

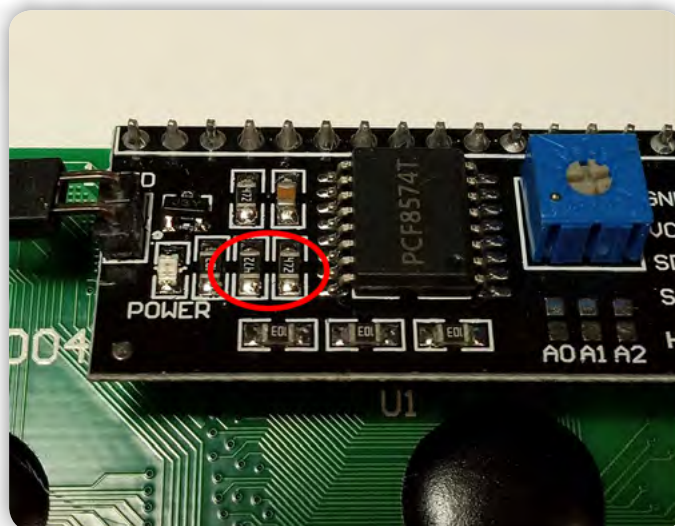
SPI priključek MIKROE-3150 je povezan z VSPI priključkom ESP32. To je privzeti SPI priključek, ki ga določa podporni paket plošče Arduino ESP32. To so tudi SPI vrata, ki jih plošča DFR0654 označuje s standardnimi oznakami priključkov SCK, MOSI in MISO. MCP3910 Arduino knjižnica, ki sem jo napisal, je zasnovana tako, da uporablja ta privzeta SPI vrata.

Ko sem se odločil dodati uSD kartico za beleženje podatkov, sem jo sprva poskušal priključiti tudi na VSPI vrata. To je mesto, kjer knjižnica Arduino za SD kartice pričakuje, da bo. Teoretično bi morali imeti možnost, da na enem SPI portu zaženete več naprav, če za vsako napravo uporabite ločene linije -CS. Tudi dejstvo, da lahko vsaka naprava uporablja različne SPI protokole (najprej MSB/LSB, načini ure SPI itd.), je mogoče obravnavati z uporabo najnovejših Arduino SPI gonilnikov. Pri branju in pisanju se uporablja metoda „transakcije“.

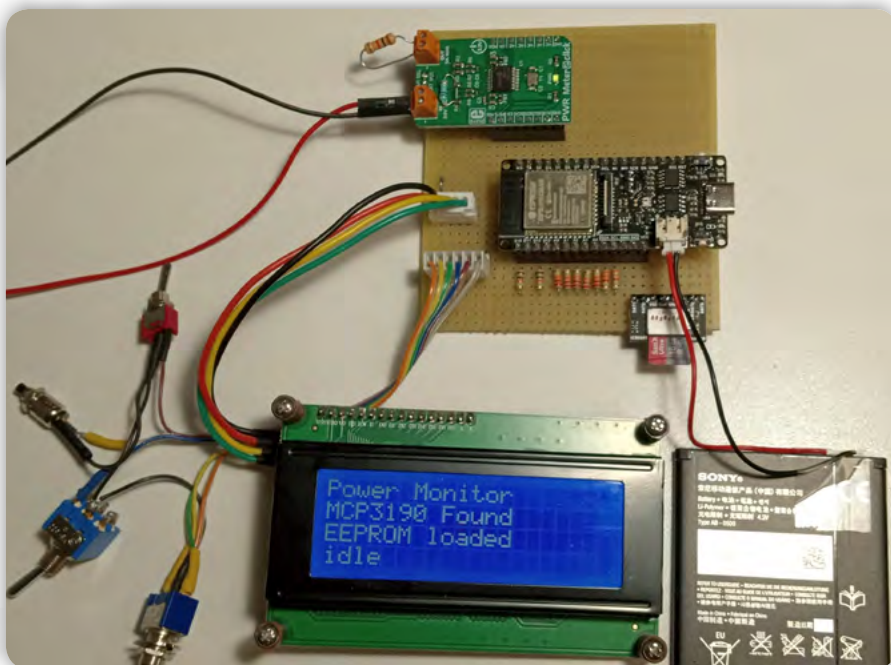
Vendar mi ni uspelo, da bi delovala tako Click plošča kot uSD kartica, ko sta si delila ista VSPI vrata. Takšne težave z nezdrumljivostjo je težko rešiti, razen če porabite veliko časa, uporabite logični analizator ali zelo dobro poznate obe knjižnici gonilnikov. Medtem ko sem knjižnico gonilnika MCP3910 napisal sam, nisem bil dobro seznanjen s knjižnico SD kartice, ki je del paketa Arduino ESP32 Board Support Package. Na koncu sem uSD kartico priključil na drugi SPI (HSPI) priključek ESP32 konzole. Ta ureditev je delovala dobro, ko sem ugotovil, kako ponovno konfigurirati knjižnico SD kartic za HSPI vrata z uporabo privzetih priključkov HSPI vrat: MOSI (13) MISO (12) SCLK (14). To se naredi z naslednjima dvema vrsticama kode:

```
SPIClass SPI2(HSPI);
// to postavite v segment definicije skice
SD.begin(SD_CS_PIN, SPI2)
// postavljeno v rutino SaveData,
// kjer se uporablja SD kartica.
```

Znakovni zaslon LCD 20x4, ki sem ga uporabil, je na voljo na Amazonu, Alibabi itd. Pogosto je opremljen z I2C „nahrbtnikom“, ki ga pretvori iz 4-bitnega vzporednega vmesnika v I2C vmesnik. Uporabil sem ta I2C „nahrbtnik“, saj ga je veliko lažje priključiti, za I2C različico pa so na voljo Arduino knjižnice.



Slika 4: Lokacija uporov R8 in R9



Slika 5: Celotno vezje pred namestitvijo v ohišje

Upoštevajte, da zaslon in I2C „nahrbtnik“ potrebujeta 5 V napajanje. Tudi signalne I2C linije so privzeto na nivoju 5V. Takšni 5V nivoji niso združljivi z logičnimi 3,3V nivoji, ki jih potrebujejo linije GPIO ESP32. Da bi to popravili, je treba odstraniti dva 4,7k pullup upora na I2C „nahrbtniku“: R8 in R9 (na moji plošči). Slika 4 prikazuje lokacijo teh dveh uporov. Te I2C pullup upore sem moral nadomestiti z upori, ki vodijo na 3,3 V VDD ESP32, označenimi kot R1, R2 na sliki 3.

Štiri uporabniška stikala so s 3,3k upori potegnjena na Vcc. Pri konfiguriranju GPIO, povezanih s temi štirimi stikali, ne morete uporabiti načina „INPUT_PULLUP“. Razlog za to je, da sem za stikala uporabil GPIO A0-A4. To so analogno/digitalno priključki, ki ne vsebujejo možnosti uporabe notranjih pullup uporov, ki jih vsebuje ESP32.

Dobra lastnost DF Robot DFR0654 ESP32 razvojne plošče



Slika 6: Zaprta enota

je, da vsebuje vtičnico in LiPo polnilnik. Mislim sem, da za ta projekt ne bom mogel uporabiti LiPo baterije, saj LCD 20x4 zaslon zahteva 5 V napajanje, LiPo baterija pa ima le 3,7-4,1 volta. Vendar ko sem poskusil s popolnoma napolnjeno LiPo baterijo, je LCD deloval dobro, ko sem ponovno nastavil potenciometer kontrasta na I2C „nahrbtniku“. Vendar nisem prepričan, da bi to delovalo, če bi napetost LiPo celice padla na precej nižjo raven.

Napajanje projekta poteka prek USB-C vhoda naprave DFR0654 z uporabo preprostega 5V adapterja (lahko je tudi polnilec za telefon). Slika 5 prikazuje celotno vezje pred namestitvijo v ohišje, slika 6 pa prikazuje zaprto enoto.

Program v ESP32

Programsko opremo sem napisal z uporabo Arduino IDE različice 2.3.4. Za uporabo MCU ESP32 je treba naložiti podporni paket za ploščo ESP32 podjetja Espressif. Trenutno je najnovejša različica tega paketa 3.11. Vendar sem za ta projekt uporabil starejšo različico 2.0.17. Pri novjšem paketu 3.x.x obstajajo težave z združljivostjo, ki vplivajo na nekatere moje nedavne projekte (ki so bili prvotno napisani za različico 2.0.17). Zato še naprej uporabljam različico 2.0.17, razen kadar uporabljam novejšo napravo ESP32, kot je ESP32C6, ki potrebuje različico v3.x.x.

Po več kot desetih letih uporabe Arduino IDE sem precej presenečen, če za projekt izberem določen periferni čip (ali zaslon itd.) in za to napravo ne najdem Arduino knjižnice gonilnikov. To lahko pripišemo velikemu številu razvijalcev, ki uporabljajo ta IDE. Vendar nisem mogel najti knjižnice gonilnikov za MCP3910: še najbližja je bila knjižnica za MCP3911. Čeprav se zdi, da sta napravi po električni funkcionalnosti skoraj identični, se lokacije notranjih registrov in nekatera bitna polja razlikujejo. Zato sem za to napravo napisal lastno knjižnico gonilnikov na podlagi obstoječe knjižnice MCP3911, ki jo je napisal Ruben Stadler. Svojo knjižnico sem dal na voljo na spletnem mestu Svet Elektronike skupaj z izvirno kodo skice projekta Arduino.

Projekt uporablja dve različni tokovni območji. Nizko tokovno območje je namenjeno merjenju zelo nizkih tokov, ki jih MCU običajno odvajajo, ko so v neki obliki načina mirovanja. Za to območje sem nastavil največje ojačenje PGA na 32. S tem ojačenjem PGA je polna napetost ADC $\pm 18,75$ milivolta. Z $0,1\Omega$ tokovnega šent upora je tok v polni skali $\pm 187,5$ miliampera. S 24-bitno ločljivostjo ADC lahko meri tokove v območju 10 μA .

Pri visokem tokovnem območju se uporablja ojačenje PGA 1, kar pomeni, da je območje polne skale $\pm 0,6$ volta. To ustreza polnemu toku 6 amperov, vendar v praksi zaradi moči $0,1\Omega$ šent upora, ki znaša 0,5 W, ne smemo meriti več kot 4 ampere.

Ugotovil sem, da je ADC/PGA MCP3910 vrnil znatno neničelne odmike pri vhodni napetosti nič voltov in brez toka. Ti so bili odvisni od tega, kakšno ojačenje PGA je bilo uporabljeno. Zato sem v program vključil rutino za kalibracijo offsetov. Če ob vklopu vklopite stikalo Calibrate, bo program izmeril odmike za vse nastavitve ojačenja PGA in jih shranil v EEPROM ESP32. Sam uporabljam samo ojačenja PGA 1 in 32, vendar sem rutino za umerjanje napisal tako, da meri/hrani odmike za vsa razpoložljiva ojačenja PGA. Med izvajanjem te kalibracije ne smete imeti priključenega vira napajanja ali bremena.

Ugotovil sem, da so podatki ADC/PGA Gain v MCP3910 precej natančni. To sem preveril s primerjavo odčitkov napetosti, ki jih je izmeril MCP3910, z mojim štirimestnim digitalnim multimetrom. V programu sta dve spremenljivki: LRVoltageGainCorrection in HRVoltageGainCorrection. Izmeril sem vrednosti 0,983 za nizko območje in 0,994 za visoko območje. Uporablja ju rutina „calibrateVoltage“, ki ju skalira v 24-bitne vrednosti, ki se nato prenesejo v register MCP3910 Gain correction, odvisno od tega, katero trenutno območje se uporablja. Te vrednosti lahko spremenite za dejanski MCP3910, ki se uporablja v vašem projektu.

Glede na izbrano trenutno območje bo program konfiguriral ADC za določeno taktno frekvenco ADC, razmerje nadzorčenja (OSR) in ojačenje PGA. Ti so izbrani za optimizacijo delovanja ADC za:

- Visoka ločljivost v območju nizkega toka
- Višja frekvenca vzorčenja v območju visokega toka

Te nastavitve so prikazane v tabeli 1. Pri tem mislim, da lahko nizko območje zajame tokove mirovanja MCU itd. Ti se ne spreminjajo hitro, zato bosta počasnejša frekvenca vzorčenja in visok OSR omogočila najboljšo ločljivost pri nizkih tokovih. V običajnem načinu delovanja se lahko poraba toka MCU in perifernih naprav hitro spreminja. Zato sem za območje visokih tokov uporabil veliko višjo frekvenco vzorčenja. Na tem območju MCP3910 deluje s hitrostjo 5859 vzorcev/sekundo. Spremljam najvišji tok, zabeležen v določenem meritvenem ciklu, preden povprečim 256 teh vzorcev. V polja RAM shranim le to povprečje 256 vzorcev. To povprečenje je bilo potrebno, ker sem lahko dodelil polja za tok in napetost („dolge“ spremenljivke) z največ 12 000 elementi, preden je prevajalnik sporočil, da ni na voljo dovolj RAM pomnilnika. Na visokem tokovnem območju lahko enota s frekvenco vzorčenja 5859 Hz v kombinaciji s

Current Range	OSR	# of Samples Averaged	Clock Divider	Sample rate
Low Range	4096	64	MCLK/8	91.55 Hz/64 = 1.43 samples/sec
High Range	64	256	MCLK/8	5859 Hz/256 = 22.89 samples/sec

povprečenjem 256 vzorcev zbira vzorce toka/napetosti 12000/ (5859/256) ali 524 sekund. Na območju nizkega toka je čas delovanja precej daljši: 140 minut.

Želel sem, da bi lahko na LCD-zaslonu periodično prikazoval podatke o napetosti, toku in MaS. Ker osveževanje tega zaslona zaradi razmeroma počasnega I2C vmesnika traja nekaj časa, je bilo treba ADC odčitke zbirati z uporabo prekinitvene servisne rutine, ki jo pri izbrani frekvenci vzorčenja sproži signal pripravljenosti podatkov (DR) MCP3910. To zagotavlja, da pri zbiranju podatkov ni „lukenj“, do katerih bi prišlo, če bi se rutina za prikazovanje in rutina za zbiranje podatkov izvajali v glavni kodi.

Ko se zbiranje podatkov konča, bodisi da uporabnik ustavi zbiranje ali če so polja RAM polna, lahko uporabnik podatke shrani na USD kartico. Odločil sem se za uporabo besedilne datoteke in uvedel zelo preprost CSV format :

```
Time (sekunde) , Voltage (volti) ,
Current (miliamperi)
```

Na koncu tega seznama zapisov dnevnika je prikazan tudi največji izmerjeni tok. Ta vrednost je izmerjena pred povprečenjem, ki se izvede, tj. pred shranjevanjem podatkov v RAM polje. Pri tem najvišjem odčitnem toku je torej za območje nizkega toka tok vzorčen s hitrostjo 91,55 vzorca/s, za območje visokega toka pa s hitrostjo 5859 vzorcev/s.

Odločil sem se, da uSD datoteki določim fiksno ime „data.txt“. Pred naslednjim zbiranjem podatkov boste morali odstraniti uSD kartico in z nje kopirati podatke.

Zaključki

Z delovanjem plošče MIKROE-3150 Click sem bil zadovoljen. Kot veliko sodobnih čipov je tudi MCP3910 v majhnem TSSOP ohišju, ki bi ga sam zelo težko namestil na tiskano vezje. Ko je bila ta Click plošča zasnovana, je bil MCP3910 verjetno edini na voljo - MCP3911 je bil verjetno uveden pozneje. Če bi lahko uporabil že obstoječo knjižnico MCP3911 Arduino gonilnikov, bi prihranil veliko časa za programiranje, vendar sem se med pisanjem knjižnice gonilnikov naučil veliko o delovanju tega ADC.

Tehnični list MCP3910 je dolg 80 strani in zahteva veliko branja, da bi ga pravilno programirali. Kot mnogi programerji sem se razvedril, ker lahko uporabljam številne knjižnice Arduino gonilnikov, ki so na voljo.

<https://svet-el.si>



življenje in tehnika

Tehniška založba Slovenije

Postanite naročnik poljudnoznanstvene revije in si izberite eno od treh knjižnih nagrad:
*Poker, Ledena doba aktivnosti, Iznajdbe in izumi - komunikacije

OB SKLENITVI
POLLETNE
NAROČNINE

GRATIS IZVOD REVIE
+
KNJIGA PO
IZBIRI*



www.tzs.si

POLLETNA NAROČNINA
REVIE ŽIVLJENJE IN
TEHNIKA - 32 €

Cena za dijake, študente in upokojece
je 28 €. Za uveljavitev popusta nam
na e-naslov ali po pošti pošljite kopijo
upokojske kartice ali potrdila o vpisu.

naročila sprejemamo na
info@tzs.si ter na
tel: **01 479 02 24**



BIOLOGIJA



ASTRONOMIJA



AUTOMOBILIZEM



RAČUNALNIŠTVO

+
mnoge druge
tehnološke in
naravoslovne
tematike!

**SPREMLJAJTE NOVICE S PODROČJA ZNANOSTI IN TEHNIKE IN SE PRIDRUŽITE BRALCEM
EDINE POLJUDNOZNANSTVENE REVIE, KI LETOS PRAZNUJE ŽE 75 LET!**

MODRA ŠTEVILKA
080 17 90

4-jedrni 64-bitni PIC64

Avtor: dr. Simon Vavpotič
e-mail: simon.vavpotic@gmail.com

Microchipov PIC64, s podobno zmogljivostjo kot Raspberry Pi 5, je v primerjavi z enojedrni PIC32 velik korak v prihodnost. Štiri RISC-V jedra prinašajo za industrijske in časovno kritične aplikacije številne prednosti.

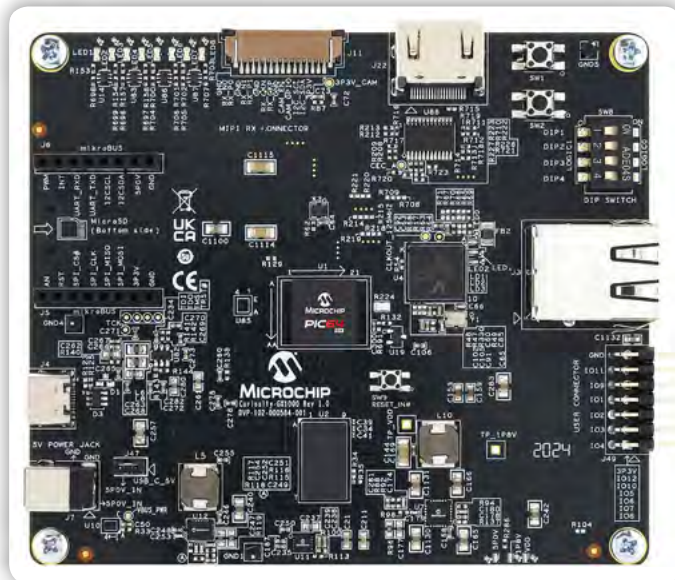
Prehod na 64-bitne mikrokontrolerje PIC64, ki so jih prvič in s tem veliko povečanje zmogljivosti je bil nujen, saj na primer že za zajem videa visoke ločljivosti iz digitalne 4K kamere zahteva hitro shranjevanje velike količine podatkov na pogon SSD, čemu PIC32 večinoma ni kos. K odločitvi za novo 64-bitno arhitekturo je poglavito prispevala tudi potreba po zmogljivejših komunikacijskih vmesnikih. PIC64-HPSC (high performance space) omogoča uporabo tudi v vesoljskih tehnologijah, katerih tržni dežel se v zadnjih letih močno povečuje.

PIC64 je sistem v enem čipu (SoC), saj združuje vse, razen dinamičnega glavnega pomnilnika in pomnilnika za trajno hrambo, ki ju moramo snovalci krmilnikov samo dodati na tiskano vezje. Kot pomnilnik za operacijski sistem s podatkovno shrambo navadno uporabljamo SD kartico, lahko pa namesto te vgradimo tudi eMMC modul. Zagon je mogoč tudi prek SPI vmesnika iz velikih zaporednih EEPROMov, katerih vsebina se prenese v SDRAM in nato zažene. Pri vseh ostalih PICih, ki niso SoC, ampak mikrokontrolerji, sta statični RAM pomnilnik in EEPROM vgrajena v čip, pri čemer zmogljivejši model PIC32MZ omogočajo tudi nekaj MB zunanjega pomnilnika.

Družina PIC64 z RISC-V jedri

Sisteme v enem čipu iz družine PIC64 lahko uporabljamo tudi v drugih v računsko zahtevnih sistemih, ki zahtevajo veliko zanesljivost delovanja, ko so: sistemi s strojnimi vidom, računalniki za nadzor delovanja v avtomobilih, komunikacijski vmesniki, tehnologija LiDAR, računalniki v letalih z elektronskimi sistemi upravljanja (fly by wire) in sistemi s strojnimi učenjem, pri katerih še posebej izstopajo veliki jezikovni modeli in nevronske mreže z globokim učenjem. Nekaj tovrstnih rešitev so že uporabili tudi v vesoljskih odpravah, kakršni sta: Deep impact in Mars Curiosity Rover.

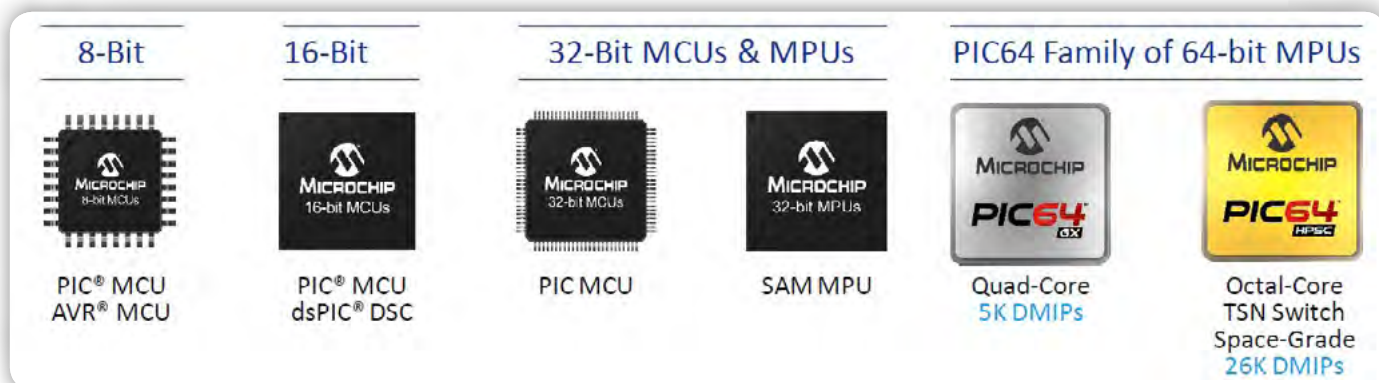
V nasprotju s PIC32, ki temelji na MIPS-ovem procesorskem jedru, je PIC64 zasnovan na jedrih RISC-V, ki imajo prav tako



Slika 1: Microchip Curiosity Kit

omejen nabor strojnih ukazov in niso mikroprogramirana, kar skupaj s sorazmerno velikimi predpomnilniki prvega in drugega nivoja zagotavlja hitro delovanje.

Čeprav so mnogi pričakovali, da se bodo pri Microchipu namesito tega odločili za arhitekturo ARM64, je k odločitvi za RISC-V arhitekturo gotovo svoje prispeval tudi finančni vidik, saj je RISC-V arhitektura odprtokodna in brezplačna, dovoljene pa so tudi njene prilagoditve. Z njo lahko procesne enote zgradimo tudi v FPGA programljivih poljih logičnih vrat. Sicer je RISC-V arhitektura podobno visoko skalabilna kot ARM64 arhitektura in omogoča gradnjo visoko zmogljivih rešitev za zemeljske in vesoljske aplikacije. Odprtokodnost RISC-V arhitekture omogoča tudi hitrejše odkrivanje napak in morebitnih varnostnih tveganj. Prednost ARM64 po drugi strani je veliko večja pestrost programske opreme in razvojnih orodij.



Slika 2: Družina PIC64

Posebnost družne PIC64 je možnost asimetričnega multiprocesiranja, saj ima od štirih do osem glavnih procesorskih jedr (U54), obenem pa še nadzorno procesorsko jedro (E51), katerega naloga je zagon in upravljanje delovanja glavnih procesorskih jedr. Slednje lahko razporeja na samostojne naloge, ali pa jih združuje v grupe za simetrično multiprocesiranje, kakršno poznamo pri klasičnih PC-jih. Združevanje omogoča nadzorno procesorsko jedro. Denimo, PIC64GX omogoča pogonjanje dveh operacijskih sistemov hkrati: Ubuntu Linux in Zephyr. Če za prvega izberemo simetrično multiprocesiranje na treh glavnih U54 jedrih, lahko preostalo U54 glavno jedro poganja Zephyr, ki je izpeljanka priljubljenega RTOS, ki ga lahko namestimo tudi na PIC32 mikrokontrolerje.

Posebej zanimiv je nabor različnih vmesnikov, med katerimi so: DDR LPDDR za priklop obveznega dinamičnega zunanega pomnilnika, gigabitni Ethernet, PCIe za zunanje naprave, MIPI CSI/DSI za priklop zunanega zaslona ali kamere ter HDMI 1.4 za priklop monitorja.

Različice PIC64 so tri: GX, HX in HPSC, od katerih je najzmoглиjvejša zadnja z 8 procesorskimi jedri.

Nima grafičnega procesorja, samo cevovod!

Ko na hitro pogledamo ploščo PIX64GX Couriosity Kit, se ta morda res zdi nadvse podobna Raspberry Pi 3, kar bi lahko sklepali iz štirih glavnih procesorskih jedr, a ni čisto tako. Raspberry Pi 3 ima vgrajen Broadcomov Video Core IV, ki omogoča prikaz grafike visoke ločljivosti, medtem ko PIC64GX

zmore le preprosto prekrivno grafiko, kot je križ v krogu za določanje sredinskega pogleda na sliki iz digitalne kamere visoke ločljivosti ipd.

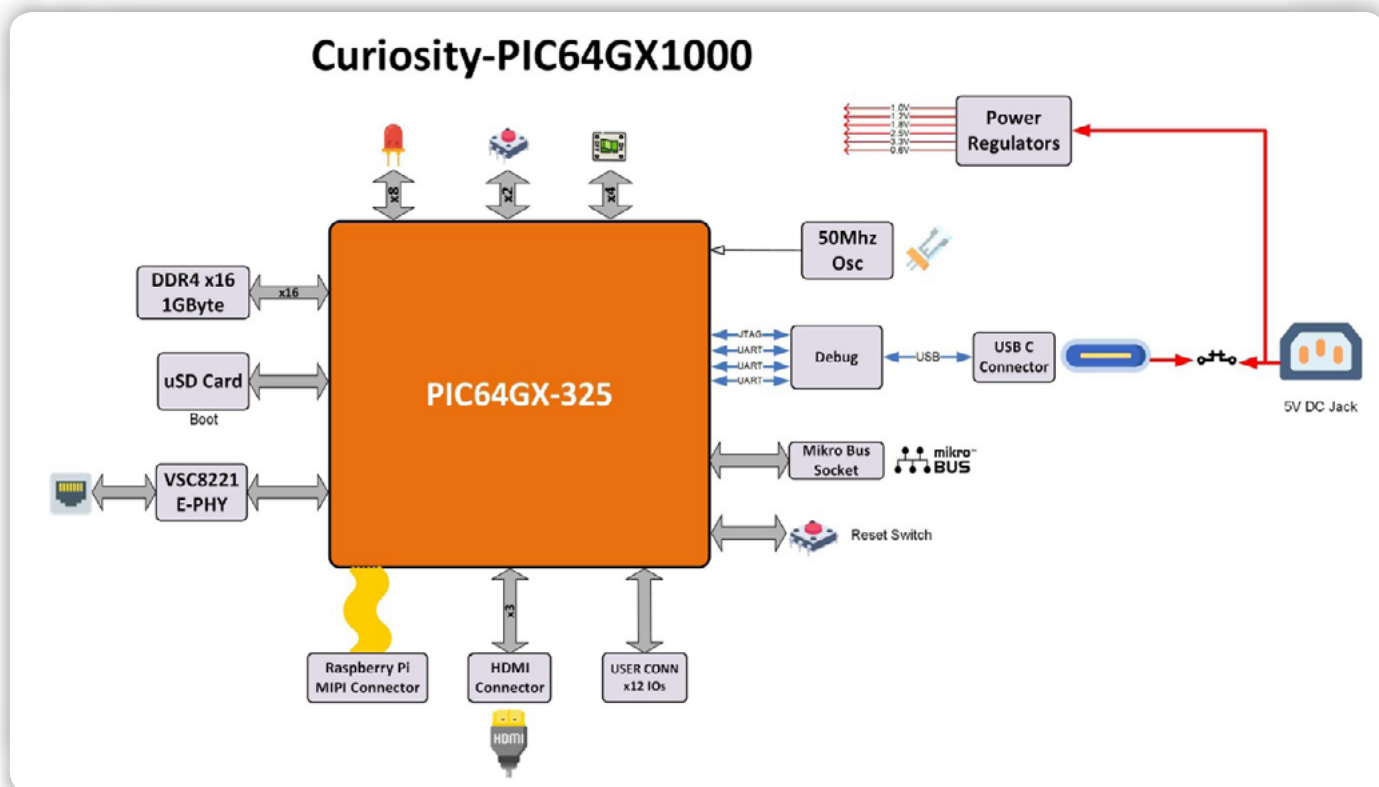
Digitalno kamero povežemo prek priključka MIPI CS2, od koder video tok potuje čez cevovod do VDMA (video DMA) krmilnika, ki sliko shrani neposredno v SD RAM področje, ki je določeno s posebnim registrom. Nato potuje video tok v krmilnik prikazovalnika, ki je sorazmerno preprosto vezje, katerega edina naloga je ustvariti HDMI signal za prikaz na monitorju.

Edini način za prikaz kompleksne grafike je prek PCIe vodila, če nanj povežemo grafično kartico, vendar bomo v tem primeru za ustrezne gonilnike morali poskrbeti sami, kar pa ni ravno enostavno.

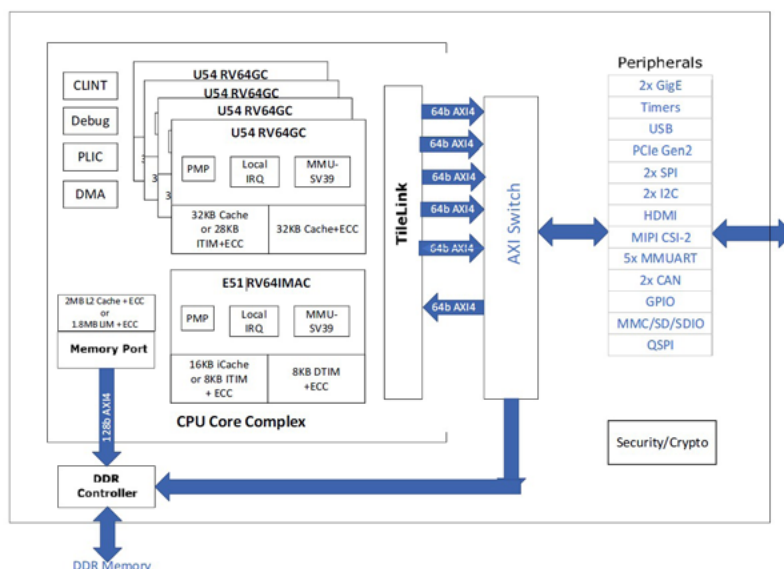
Najcenejši in najenostavnejši

PIC64GX sistemi v enem čipu (SoC) so najenostavnejši, a kljub temu ponudijo obilico funkcionalnosti. Štiri glavna procesorska jedra delujejo s taktom 600 MHz, kar se v primerjavi z x64 in ARM64 arhitekturama ne zdi veliko, a je tako predvsem zato, ker morajo zagotavljati večjo zanesljivost delovanja pri nizki porabi energije, podobno kot mikrokontrolerji. Obenem, je pomembna notranja zgradba procesorja, pa tudi hitrost in velikost predpomnilnikov.

PIC64GX je kljub temu veliko zmogljivejši od 32-bitnih PIC32MZ mikrokontrolerjev, v kar nas prepriča tudi PIC64GX Couriosity Kit, ki stane v ZDA 150 USD. Z 1 GB SD DDR 4 RAM, ležiščem za SD kartico za operacijski sistem, Ethernet vmesnikom, MIPI vmesnikom za digitalno kamero po standardu



Slika 3: Shema Microchip Couriosity Kit



Slika 4: Notranja zgradba PIC64GX1000

CSI-2, HDMI 1.4 priključkom za priključek monitorja, priključkom mikroBUS za kartične nadgradnje (klobuke, vendar z drugačnimi priključki kot jih imajo tisti za Raspberry Pi) in dvanajstimi splošno-namenskimi priključki, ki so na voljo uporabniki, ima podobne funkcionalnosti kot Raspberry Pi 3b, vendar je brez grafičnega procesorja, zato ne omogoča le prekrivno grafiko.

Poleg naštetega ima še osem LED-ic, s katerimi si lahko olajšamo razhroščevanje, začetniki pa jih lahko uporabijo tudi za preizkušanje enostavnih primerov. PIC64GX je združljiv tudi s PolarFire FPGA tehnologijami, ki omogočajo gradnjo prototipne logike s pomočjo programiranja logičnih vrat.

Programska oprema

PIC64GX poganja operacijski sistem Ubuntu Linux, za razvoj lastne programske opreme pa lahko uporabimo različna programska orodja, ki jih namestimo na PC z Windows ali Linuxom in ustreznim programom za terminalski dostop in FTP prenos podatkov.

Prenos programom in podatkov lahko izvedemo prek zaporednega vmesnika (UART), ki ga s PC povežemo prek USB-UART vmesnika, kakršen je na primer FTDI USB to UART bridge. Sam za ta namen uporabljam lastni vmesnik, ki sem ga razvil na osnovi PIC32MX250F128B. Prednost zaporednega prenosa podatkov je tudi ta, da ne potrebujemo posebnih gonilnikov, saj so ti že vgrajeni tako v Windows kot Linux. Za grafični dostop lahko uporabimo tudi WinSCP.

Programiranje PIC64GX Couriosity Kita si lahko olajšamo z različnimi programskimi orodji. Denimo, na PC namestimo zastonski Visual Studio Core in razširitev MPLAB PIC64GX SDK Visual Studio Code extension, kar omogoča programiranje v C++ ter prenos in razhroščevanje programske kode v PIC64GX Couriosity Kitu. Obenem moramo namestiti tudi USB MHCP-Debug Serial Converter gonilnik, ki omogoča pogajanje in razhroščevanje kode iz razvojnega okolja Visual Studio Code.

PIC64HX

Oznaka HX sicer ne pomeni, da je SoC namenjen vesoljskim projektom, oziroma za gradnjo elektronike umetnih satelitov, še vseeno pa je neprimerno zmogljivejši od PIC64GX, le da je brez video cevovoda, ki pa ga pri umetno-inteligenčnih aplikacijah tako in strojnem učenju ali tako navadno ne potrebujemo. Po drugi strani, lahko na osnovi družine PIC64HX sorazmerno enostavno gradimo Ethernetna stikala. Njena prednost je tudi visoka odpornost na odpovedi delovanja, visoka skalabilnost in izjemna prilagodljivost za uporabo pri različnih kompleksnih problemih, kot so aplikacije v vojaški in letalski industriji. Prek v dila PCIe je mogoč tudi priključek dodatnih razširitvenih modulov.

Temu primerna je tudi vrhnja zmogljivost kar osmih procesorskih jeder, ki znaša 26.000 DMIPS pri skalarnih operacijah ter 2 TOPS ($2 \cdot 10^9$ operacij na sekundo) in 1 TFLOPS (10^9 operacij s številci v plavajoči vejici na sekundo). Za primerjavo povejmo, da je vrhnja zmogljivost PIC64GX zgolj 5.000 DMIPS.

PIC64HPSC

K vsemu naštetemu pri PIC64HX dodaja še: krmilnik za upravljanje s pomnilnikom (MMU), vektorski cevovod, ki omogoča hitrejše umetni-inteligenčne operacije, podporo za virtualizacijo, hkratno izvajanje istih ukazov v dveh glavnih jedrih z zaklenjenim korakom. Slednje je nujno pri vseh aplikacijah z visoko stopnjo zanesljivosti delovanja, saj kontrolna enota PIC64HPSC po vsakem izvedenju primerja rezultata obeh jeder. Če se razlikujeta, sproži postopek ugotavljanja pravilnosti delovanja obeh jeder. Posebnost PIC64HPSC je tudi možnost uporabe višjih delovnih taktov, vsej do 1 GHz.

Naslednjič

Toliko za uvod. Razvojno ploščo bomo podrobno testirali v eni od naslednjih števil, ko bomo preverili tudi, ali jo lahko vključimo v Home Assistant sistem za nadzor doma.

<https://pcusbprojects.com>

PID regulator s krmilnikom ESP8266

Avtor: Boštjan Tovšak
email: tovsakb@gmail.com

Kot hobi pivovar sem potreboval kontrolo in regulacijo temperature pri fermentaciji pивine. Vsak tip kvasovk ima svoje temperaturno področje delovanja.

Ta področja so v razponu od 18°C pa tja do 25°C. Na tržišču se seveda najdejo rešitve a sem se raje odločil za lastno izdelavo.

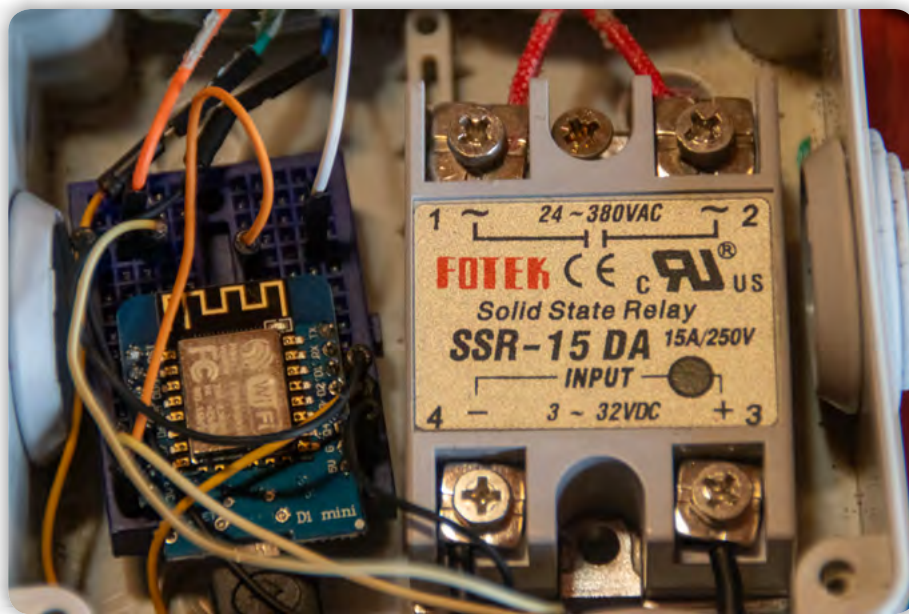
Namen članka je osvetliti osnovne gradnike (programske in strojne), ki so potrebni, da lahko sestavimo celoto. Dodatno gradivo z detajli programske kode najdete v sklopu knjižnic programa v razvojnem okolju Arduino IDE.

Kaj potrebujemo

Uporabimo ESP8266, SSR rele, napajalnik za ESP modul, BME280 senzor temperature (meri tudi tlak), razvojno okolje Arduino IDE, grelni trak moči cca. 100W (230V) in aplikacijo IoT Blynk (svoj uporabniški račun) v oblaku ali za Android. ESP8266, grelni silikonski trak (slika 2) in SSR (3V, slika 1) lahko najdete in naročite na spletni strani Aliexpress-a. Za silikonski grelni trak in SSR boste odšteli skupaj cca. 12€. Za ESP8266 še dodatnih cca. 6€. Torej nas strošek materiala stane cca. 18€.

Blynk

Blynk je nadzorna aplikacija, ki je na voljo brezplačno z določenimi omejitvami. Omejeni smo na deset IoT naprav, kar bi za povprečnega hobi uporabnika moralo zadostovati. Omejitev je tudi število gradnikov, ki jih uporabljamo pri kreiranju svoje



Slika 1: ESP8266 Wemos D1 mini in SSR

nadzorne plošče v aplikaciji. Če želimo povezati več kot deset IoT naprav, je Blynk plačljiv, seveda pa ponuja širši nabor gradnikov, količine poslanih podatkov, zgodovine podatkov itd. Cena se prične pri 6,99 USD/mesec za MAKER naročnino za deset registriranih naprav. Za PRO naročnino pa se cene gibljejo glede na število registriranih IoT naprav od 99 USD/mesec pa vse do 499 USD/mesec.

Kako začeti

V razvojnem okolju Arduino IDE moramo najprej poiskati in namestiti naslednje knjižnice:

- Blynk, komunikacija za IoT v oblaku
- BME280, temperaturni senzor
- PID_v1_bc, programski PID regulator

Program v Arduino IDE bomo sestavili iz treh delov:

- del za identifikacijo in povezavo ESP8266 s strežnikom Blynk v oblaku
- del za komunikacijo med ESP8266 in BME280 senzorjem
- del za PID regulacijo

Del za identifikacijo in povezavo z Blynk-om

Program poveže krmilnik z Blynk IoT v oblaku. Programski del



Slika 2: Grelni trak, ki ga ovijemo okoli fermentorja in priključimo na 230V preko SSR

Blynk skrbi za sinhronizacijo podatkov med ESP8266 in IoT. Definirati je potrebno virtualne priključke V1, V2...Vn, ki služijo prenosu podatkov med ESP8266 in oblakom Blynk. Za vsak virtualni priključek določimo veličino (merjeno temperaturo, vrednost izhoda PID-a, konstante regulatorja Kp, Ki in Kd itd.)

Virtualne priključke definiramo tako v Blynk IoT v oblaku, kot tudi v samem Arduino IDE razvojnem okolju. Tako poteka branje in pisanje podatkov med ESP8266 in Blynk-om. Definiramo tudi grafični vmesnik, nadzorno ploščo in ju opremimo z gradniki (grafi, indikatorji itd.)

Primer programa Blynk najdemo v v okolju Arduino IDE v meniju File->Examples->Blynk->Boards_WiFi->ESP8266_Stan-alone.

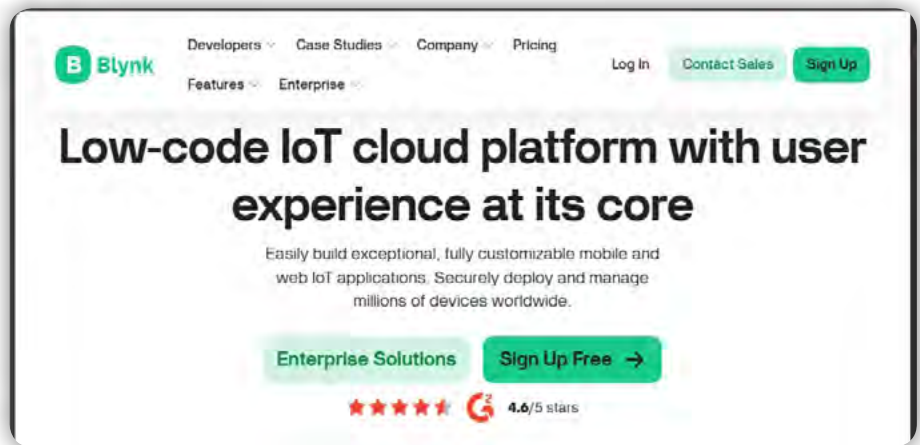
Del za komunikacijo med ESP8266 in BME280

Ta del skrbi za I2C komunikacijo med senzorjem in krnilnikom. Senzor BME280 poleg temperature meri tudi zračni tlak in relativno vlago. Priključimo ga preko štirih priključkov. Dva služita za napajanje, preostala dva pa sta priključka SDA in SCL. Na kovinski fermentor pritrdimo senzor z lepilnim trakom, kajti za potrebe čiščenja fermentorja mora biti senzor snemljiv.

Primer programa v okolju Arduino IDE najdemo v meniju File->Examples->BME280->BME_280_I2C_Test.

Del za PID regulacijo

Na podlagi posredovane izmerjene in želene temperature preračunava in nastavlja izhod. Preverja vrednost PID izhoda



Slika 3: Blynk IoT, <https://blynk.io>

glede na vrednost periode (prednastavljen časovni okvir). Čas vklopa releja v času ene periode je proporcionalen vrednosti PID izhoda, Output.

Funkciji, ki se uporabljata sta myPID(&Input, &Output, &Setpoint, Kp, Ki, Kd, DIRECT) in myPID.Compute().

V programu definiramo spremenljivke tipa double: &Input (merjena temperatura, vhodna spremenljivka), &Output (izhodna spremenljivka), želena vrednost temperature &SetPoint in konstante PID regulatorja Kp, Ki in Kd. Funkcija v parametrih uporablja kazalce (pomnilniške naslove spremenljivk, zato v funkciji znak »&<«). Parameter DIRECT povečuje vrednost izhoda (sistem gretja), REVERSE pa ga znižuje (sistem hlajenja). Funkcija myPID.Compute() na podlagi vhodne in želene vrednosti izračuna vrednost izhoda in jo shrani v predhodno definirano spremenljivko &Output.

Primer programa v okolju Arduino IDE najdemo v meniju File->Examples->PID_v1_bc->PID_RelayOutput.

S funkcijo myPID.SetOutputLimits(0, PID_limits) omejimo področje izhoda PID-a na 100, kar ustreza PWM 100%. Periodo

```
bme.read(pres, temp, hum, tempUnit, presUnit);

Input = temp;
myPID.Compute();

/*****
| turn the output pin on/off based on pid output
| *****/
if (millis() - windowStartTime > WindowSize) { //time to shift the Relay Window
    windowStartTime += WindowSize;
}
if (Output * WindowSize > (millis() - windowStartTime) * PID_limits) digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
else digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
```

Slika 4: Del programske kode, ki bere temperaturo vhoda, izračuna vrednost PID izhoda, jo primerja z vrednostjo prednastavljene periode (WindowSize) in ustrezno spremeni stanje releja.

lahko nastavljam od nekaj sekund do več minut. V našem primeru 25l tekočine je nastavljena na 15min.

Da je izhod PID proporcionalen s PWM skaliramo funkcijo (slika 4) v razmerju Output/PID_limits. Tako je pri vrednosti PID izhoda Output npr. 50, čas vklopa releja enak 50% časa ene periodo. Za merjenje časovnega intervala uporabljamo ukaz millis(). To je čas delovanja krmilnika od trenutka vklopa v milisekundah oz. njegova interna ura.

Zavihajmo rokave in na delo

Kot je bilo predhodno omenjeno, potrebujemo uporabniški račun na spletni strani <https://blynk.io>.

Po uspešni registraciji in prijavi v Blynk IoT, se najprej lotimo izdelave predloge. Odpremo zavihek »Developer zone« na levi strani okna in kreiramo novo predlogo z gumbom »New Template« (slika 9).

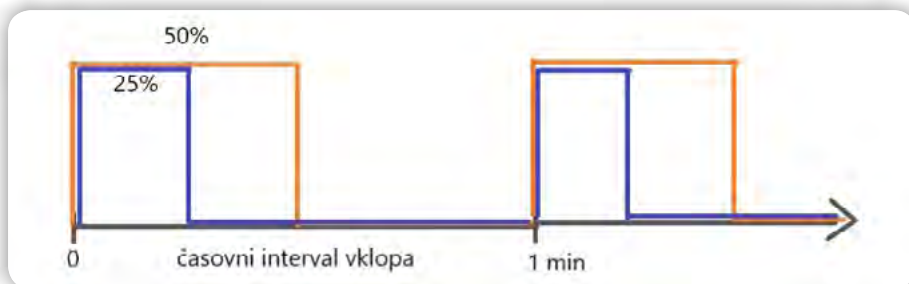
Vpišemo potrebne podatke kot so Naziv projekta, strojna oprema in pomemben podatek, vrsta povezave. Tu izberemo WiFi ali Ethernet.

Ko zaključimo s predlogo, nam sistem podeli unikaten ID in ime predloge. Nato kliknemo na zavihek »Devices«. Kliknemo gumb »New device« in izberemo opcijo »From Template«. Izberemo predhodno kreirano predlogo. Po zaključku nam sistem avtomatsko kreira ID in naziv predloge ter identifikacijski žeton (slika 10). Te podatke shranimo v odložišče, ker jih bomo potrebovali pri programiranju v Arduino IDE okolju.

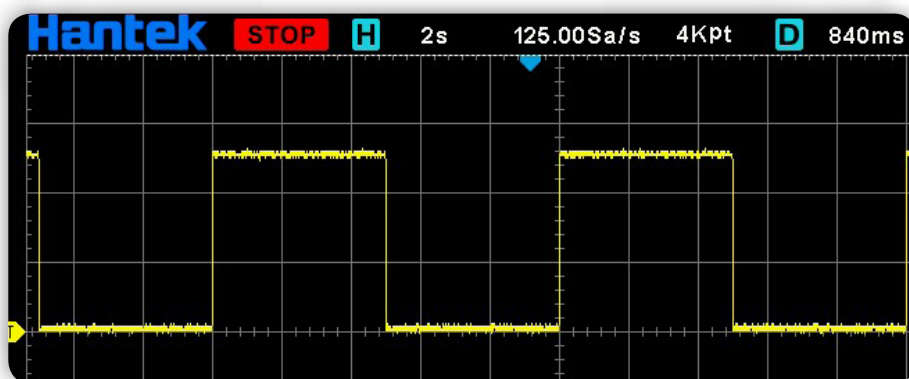
Programiranje v Arduino IDE okolju

Kot je bilo na začetku omenjeno, gradimo program iz treh delov. Iz dela za Blynk IoT povezavo, dela za komunikacijo z BME280 in dela za regulacijo PID. Primere vseh treh delov kode najdete na koncu članka v QR kodi. Prav tako celoten program.

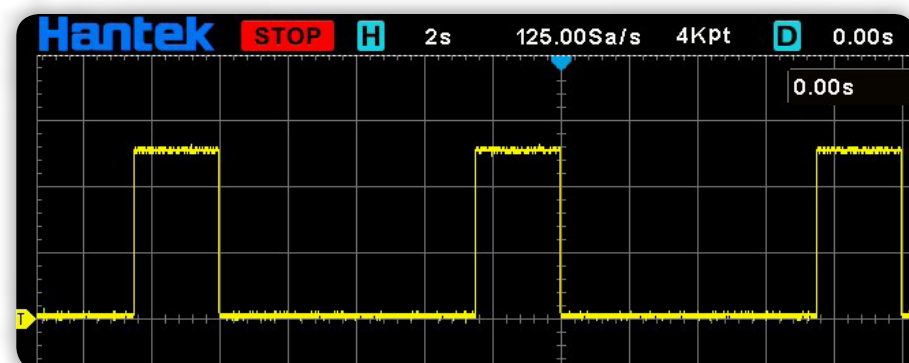
Kot se za program spodobi so na začetku deklaracije, definirane knjižnice za Blynk, BME280 in nastavitve krmilnika za povezavo v naše lokalno brezžično



Slika 5: Primer časa vklopa releja glede na dve različni vrednosti izhoda PID-a, Output = 50 in 25 in definirana perioda 1 minuta.



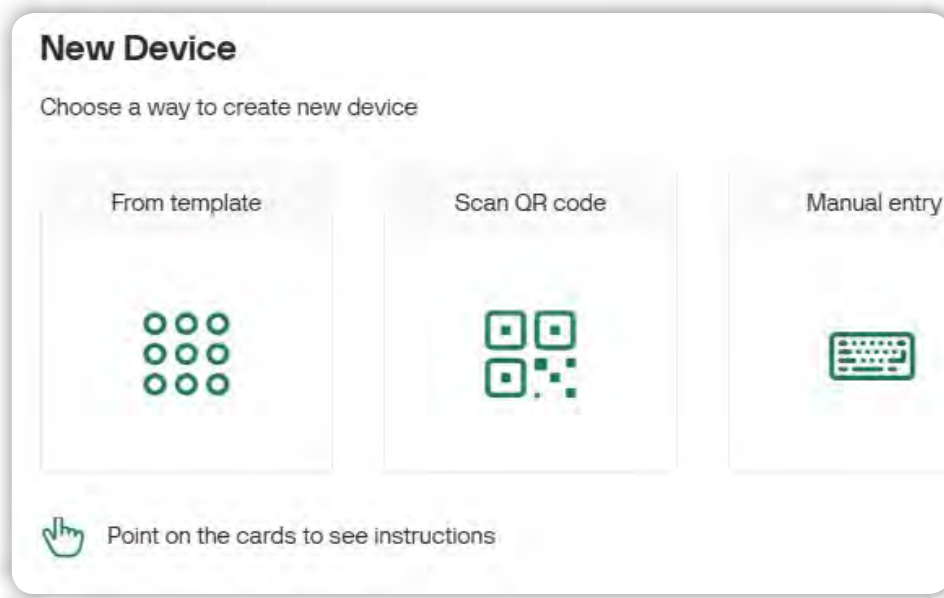
Slika 6: Izmerjen potek PWM = 50% na izhodu za primer vrednosti izhoda PID: Output = 50, dolžina periode 10s. Čas vklopa releja 5s, čas izklopa 5s.



Slika 7: Izmerjen potek PWM = 25% na izhodu za primer vrednosti izhoda PID: Output = 25, dolžina periode 10s. Čas vklopa releja 2,5s in čas izklopa 7,5s.



Slika 8: Izmerjen potek PWM za primer, ko se spreminja izhod PID-a znotraj periode 30s. Output = 10, 30 in 60. Rele izmenično preklaplja. Čas preklapljanja releja določa najvišja vrednost Output = 60. Ko je ta prekoračena (18s), je rele izklopljen do konca periode. PWM je enaka 33%.



Slika 9: Kreiranje nove predloge v Blynk IoT



Slika 10: Generirani avtorizacijski podatki za prijavo naprave v Blynk

omrežje. Definiramo tudi virtualne priključke, nosilce podatkov, od V1 do Vn, ki jih bomo definirali kasneje tudi v oblaku Blynk IoT.

Seveda želimo tudi, da imamo možnost ročne nastavitve PID konstant in želene temperature. V inicializacijskem delu programa omogočimo tudi branje shranjenih vrednosti PID konstant iz EEPROM-a.

Definiramo časovno funkcijo, ki izvaja PID ukaz in jo bomo

```
void loop() {
    Blynk.run();
    timer.run();
}
```

Slika 11: Glavna zanka programa za povezavo Blynk in za izvajanje ukazov PID

```
int tim = timer.setInterval(3500, MyTimer); //Odcitki na 3,5sek
```

Slika 12: Definiramo funkcijo za odčitavanje temperature in izvajanje PID ukazov. Lahko bi tudi direktno uporabili funkciji PID in branje temperature v glavni zanki a tako ostane program preglednejši.

uporabili v glavni zanki programa (funkcija MyTimer). Funkcija s pomočjo časovnika ciklično proži ukaze branja temperature in PID regulacije. Izvaja se v glavni zanki programa.

Ukaz Blynk.run() ohranja vzpostavljeno povezavo med oblakom IoT in krmilnikom ESP8266, ukaz timer.run() pa proži časovnik za izvajanje funkcije myTimer (slika 11).

Izven glavne zanke na koncu programa definiramo nabor ukazov, ki skrbijo za prenos podatkov med IoT Blynk in krmilnikom ESP8266.

Za komunikacijo krmilnika z Blynk-om sta pomembni funkciji »BLYNK_READ« in »BLYNK_WRITE«. Poimenovanje funkcij je sicer malo dvoumno. Podrobno definicijo najdete na spletni strani <https://docs.blynk.io/en/blynk-library-firmware-api/virtual-pins>

Funkcija »BLYNK_READ« služi pisanju vrednosti v virtualni priključek oz. pošiljanju podatkov od krmilnika k strežniku.

Funkcija »BLYNK_WRITE« služi branju vrednosti virtualnega priključka oz. pošiljanju podatkov od strežnika do krmilnika.

Vsi zgornji ukazi za prenos podatkov se avtomatsko izvajajo ob vsakokratnem klicu funkcije Blynk.run().

Ko smo definirali tudi vse virtualne priključke, je na vrsti konfiguracija virtualnih priključkov v IoT Blynk-u na spletu. Prijavimo se v svoj predhodno odprt uporabniški račun in se lotimo definiranja.

Definiranje virtualnih priključkov v IoT Blynk

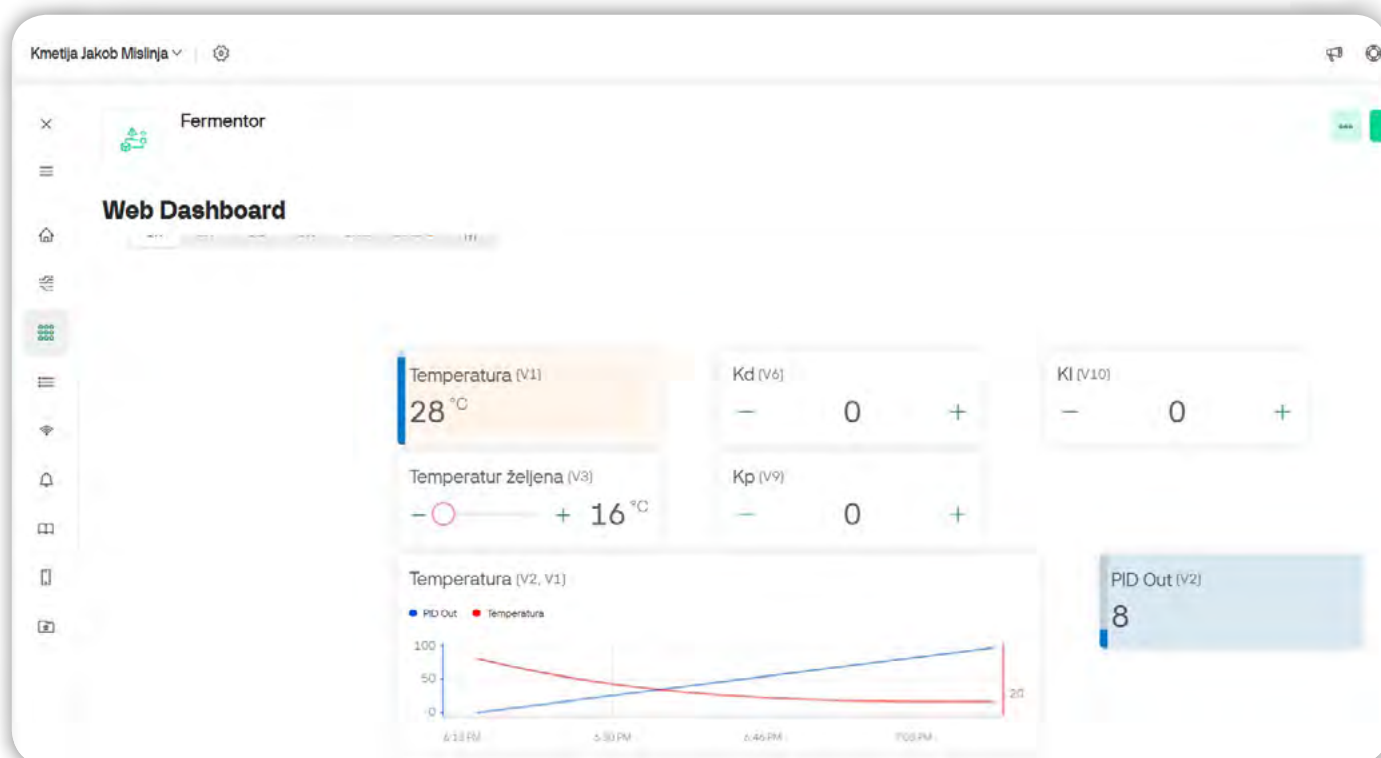
Po prijavi v Blynk kliknemo na tipko »Developer zone« in izberemo predhodno definirano predlogo. Izberemo »Datastreams« in pričnemo z definiranjem. Definirati moramo virtualne priključke enakih oznak kot v razvojnem okolju Arduino IDE.

Fermentor								
Datastreams								
Search datastream								
Id	Name	Alias	Color	Pin	Data Type	Units	Is Raw	
1	Temperatura	ITemperatura		V1	Double	°C	false	
3	Želena temp	temp out		V3	Double	°C	false	
4	Kp	Kp		V9	Double		false	
5	Nastavljena temp	Nastavljena temp		V11	Integer	°C	false	
6	KI	KI		V10	Double		false	
7	Integer V8	Integer V8		V8	Integer		false	

Slika 13: Definirani podatkovni tokovi oz. virtualni priključki. Oznake virtualnih priključkov so identične oznakam virtualnih priključkov v programu ESP8266 (V1, V2...)

Za vsak virtualni priključek imamo na razpolago več opcij. Poleg oznake priključka je pomemben tudi podatkovni tip, razpon vrednosti, enota in decimalna mesta. Podatkovni tipi v progra-

mu krmilnika in v IoT Blynk se morajo ujemati. Ko smo z definiranjem vseh priključkov končali, lahko pričnemo z gradnjo lastnega grafičnega vmesnika.



Slika 14: Nadzorna plošča, kjer z različnimi gradniki definiramo izgled



Slika 15: PID z ESP8266 v akciji na fermentorju pивine. Z drsniki lahko nastavljamo PID parametre in želeno temperaturo.

Grafični vmesnik Blynk

V oknu Developer zone, izberemo želeno predlogo, nato kliknemo na tipko Webdashboard. Tu imamo na voljo množico gradnikov s katerimi lahko ustvarimo nadzorno ploščo po svojih željah. Skupno vsem gradnikom je definiranje podatkovnih tokov, ki jih izbiramo iz spustnega seznama. Na voljo imamo gradnike grafov, analognih merilnikov, drsnikov, tipk, LED indikatorjev in še in še.

Tako smo uspešno nastavili grafični vmesnik v IoT Blynk oblaku. Podobno lahko ustvarimo na pametnem telefonu. V trgovini Google play poiščemo Blynk in ga namestimo. Sledi prijava z našim uporabniškim računom in lahko začnemo z definicijo nadzorne plošče po svojih potrebah na enak način kot v oblaku. Osnova so seveda predefinirani virtualni priključki oz. podatkovni tokovi.

Poleg gradnje lastne nadzorne ploš-

če ima Blynk še vrsto drugih možnosti: posodobitev kode na krmilniku z OTA, beleženje stanja naprave, avtomatsko obveščanje o dogodkih, »webhooks«, integracijo z drugimi platformami, definiranje uporabniških računov, lokacijo...

Zaključek

Najzahtevnejši je programski del, kajti moramo biti pozorni, da se oznake in tipi podatkov naših podatkovnih tokov, tj. virtualnih priključkov na krmilniku in oblaku IoT, ujemajo.

PID konstante lahko nastavljamo ročno v aplikaciji, dokler ne dobimo želenega rezultata. Izhajamo iz vrednosti $K_p = 1$, $K_i = 1$ in $K_d = 0$. Postopoma spreminjamo posamezno konstanto. Ko je delovanje PI zadovoljivo, se lotimo nastavljanja konstante K_d . Empirično sem določil $K_p=0.4$, $K_i=7.9$ in $K_d=2.9$. S temi konstantami sem ostal znotraj področja $+0,4^{\circ}\text{C}$ in $-0,6^{\circ}\text{C}$, kar je povsem zadovoljivo za hobi potrebe.

Upoštevati moramo tudi, da senzor ni nameščen v merjeni tekočini in so temu primerna odstopanja. Vrtanja in predelave fermentorja se nisem lotil, ker je bila nakupna cena le-tega previsoka za tak poseg. Potrebno bi bilo dobro tesnjenje senzorja, v procesu pretakanja pивine v fermentor so temperature visoke (65°C in več), prisotne bi bile komplikacije z demontažo pri pranju in premiku fermentorja.

V osnovi sama pивina že zaradi procesa fermentacije vzdržuje lastno temperaturo okoli 18°C (odvisno seveda tudi od temperature okolice). Delovanje PID-a v tolerančnem področju je povsem zadovoljivo. Že kar nekaj sodčkov (po 5 Galon) pивine je do danes šlo skozi fermentor in tudi pošlo.

QR koda s programi



Slika 16: Regulirana temperatura v mejah med $+20,4^{\circ}$ in $19,8^{\circ}\text{C}$



KNJIGA **ELEKTRONIKA ZA ZAČETNIKE**

Oglejte si
VSEBINO!



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

NAJPOPOLNEJŠI ARDUINO KIT

za nadebudne
programerje



AX ELEKTRONIKA

VSEBUJE:

- displeje (LED, LCD, matrični)
- motorje (servo, koračne, DC)
- IR oddajnik in sprejemnik
- VF oddajnik in sprejemnik
- drobni material

