

SE
348

REVIJA ZA ELEKTRONIKO, AVTOMATIKO, RAČUNALNIŠTVO IN TELEKOMUNIKACIJE

svet ELEKTRONIKE

ISSN 1318-4679



9 771318 467014

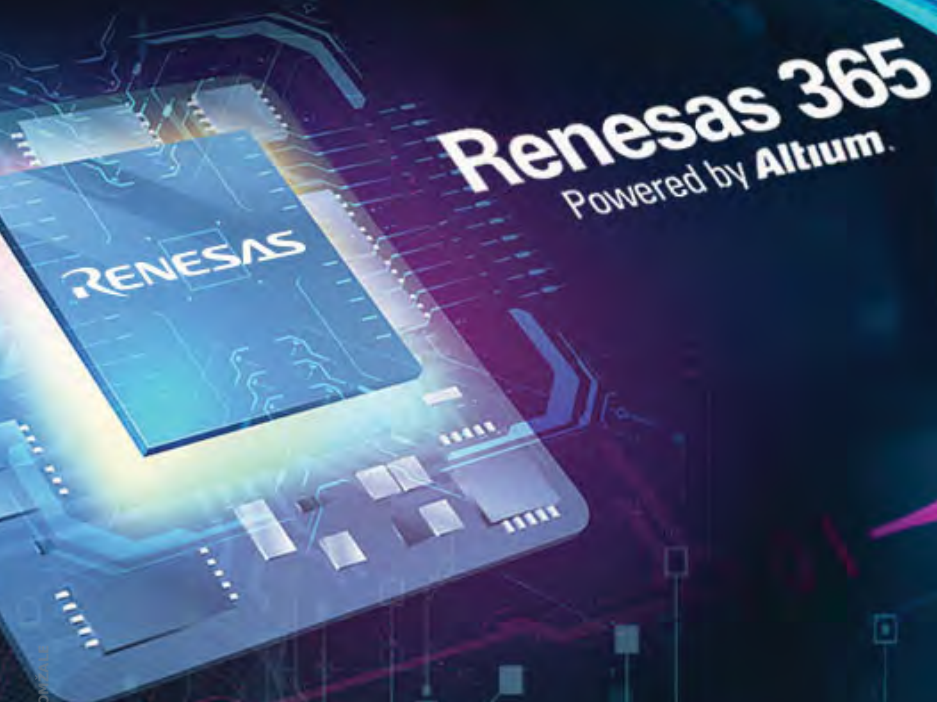


letnik XXXIII
februar 2026
števila 348
cena:

5,50 €



**Podjetje .lumen razvilo
očala za slepe**



**ST87M01, NB-IoT mobilni in
GNSS/Wi-Fi modul za
določanje položaja**

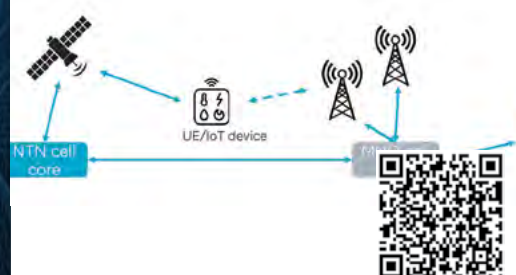


**AX24A za aplikacije
s tipkami na dotik in silo**

Blokirni kondenzatorji

Python in MikroPython

Avtomatsko hranjenje mačk



**Satelitsko IoT omrežje za
oddaljene regije**



Letalska in vesoljska industrija sta zahtevni



Če neuspeh ne pride v poštev, ponuja DigiKey hitro dobavo delov, kjer koli in kadar koli so potrebni.

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

DigiKey

we get technical

DigiKey je franšizni distributer za vse dobaviteljske partnerje. Dnevno dodajamo nove izdelke. DigiKey in DigiKey Electronics sta registrirani blagovni znamki družbe DigiKey Electronics v ZDA in drugih državah. © 2026 DigiKey Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA

ECIA MEMBER
Supporting The Authorized Channel

UVODNIK

- 4 Bomo spregledali?
Jurij Mikeln

NOVICE

- 5 Arrow Electronics podpira podjetje .lumen pri povečanju proizvodnje očal za slepe
www.arroweurope.com
- 7 Najnovejše iz podjetja Mouser Electronics
<https://eu.mouser.com>
- 9 ST87M01, NB-IoT mobilni in GNSS/Wi-Fi modul za določanje položaja
<https://www.st.com>
- 10 BLDC FOC 2 Click podjetja MIKROE
<https://www.mikroe.com>
- 11 Nordic Semiconductor pridobil Skylo certifikat za modul nRF9151, ki omogoča globalno IoT povezljivost
<https://www.nordicsemi.com>
- 13 Mikročip prepolovil porabo energije, potrebno za merjenje porabe energije prenosnih naprav
<https://www.microchip.com>
- 14 Allegro MicroSystems postavlja nov standard
<https://www.allegromicro.com>
- 16 AX24A za aplikacije s tipkami na dotik in silo
<https://www.touchnetix.com/>

PREDSTAVLJAMO

- 18 Satelitsko IoT omrežje za oddaljene regije
Avtor: Julian Clauß
<https://www.rutronik.com>
- 20 Uporabite napreden MOSFET proces za večjo gostoto moči in zanesljivost
Avtor: Rolf Horn
<https://www.digikey.com>
- 23 Kompromisi v analognih arhitekturah vhodnih vezij za napajalne aplikacije
Avtor: Fionn Sheerin
<https://www.microchip.com>
- 27 Blokirni kondenzatorji (2. del)
Avtor: Izr. prof. dr. Marko Jankovec
<https://fe.uni-lj.si>

PROGRAMIRANJE

- 31 Python in MikroPython
Avtor: dr. Simon Vavpotič
- 36 Preizkušanje nove Arduino Uno Q razvojne plošče, 2. del
Avtor: Brian Millier
- 42 Avtomatsko hranjenje mačk
Avtorja: Liora Chen, Atom Yang, Hackster
<https://hackster.io>

SAMOGRAĐNJA

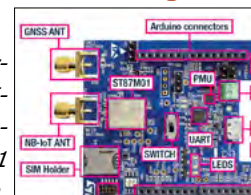
- 45 Sprejem spektralne črte vodika valovne dolžine 21 cm
Avtor: Boštjan Tovšak

Podjetje .lumen razvilo očala za slepe

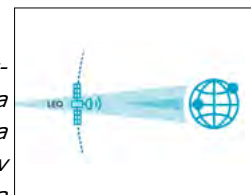
Imenovan za prejemnika nagrade CES Innovation Awards 2026 v kategoriji dostopnost in trajnost. Arrow Electronics, globalni ponudnik tehnoloških rešitev, sodeluje z romunskim startup podjetjem .lumen pri razvoju inteligentnih očal za vodenje slepih, ki so zasnovana tako, da posnemajo ključne funkcije psa...

**Stran:5****ST87M01, NB-IoT mobilni in GNSS/Wi-Fi modul za določanje položaja**

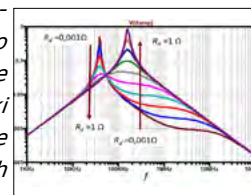
Ultra-kompaktna, izjemno nizko-energijska industrijska serija modulov NB-IoT in modulov za pozicioniranje za masovne mobilne IoT aplikacije. ST87M01 je zelo zmogljiva, ultra-kompaktna, ultra-nizkoenergijska, LTE Cat-NB2 certificirana, industrijska NB-IoT in pozicionirna serija modulov, ki ponuja svetovno...

**Stran:9****Satelitsko IoT omrežje za oddaljene regije**

V mnogih regijah konvencionalna brezžična omrežja dosegajo meje svojega pokritja. Nova ne-zemeljska omrežja (NTN) pa zagotavljajo povezljivost v območjih, ki prej niso imela mobilnega pokritja – s tehnologijo, ki doseže tudi najbolj oddaljene lokacije. S širitvijo interneta stvari (IoT) se hitro povečuje...

**Stran:18****Blokirni kondenzatorji**

V prvem delu epa o blokirnih kondenzatorjih smo si pogledali osnovno načelo blokiranja napajanja, ki je zniževanje impedance napajalnega vira za čipe, ki iz napajanja vlečejo visokofrekvenčne tokove. Ker je frekvenčna vsebina teh tokov dokaj široka in pri kompleksnejših čipih tudi nedoločena, moramo zagotavljati nizko impedanco v širokem območju frekvenc od enosmerne do...

**Stran:27**www.renesas.com



Jurij Mikeln

REVIJA ZA ELEKTRONIKO,
AVTOMATIKO,
RAČUNALNIŠTVO
IN TELEKOMUNIKACIJE

Ustanovljena leta 1994, izhaja mesečno, 11 števil 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.

Bomo spregledali?

Ne, drage bralke in dragi bralci – to ni naslov, ki bi bil kakor koli povezan s prihajajočimi volitvami, čeprav je zelo poveden.

Naslov se nanaša na zelo zanimivo novico, ki prihaja iz Romunije, kjer je zagonsko podjetje .lumen naredilo zelo zanimiva očala za slepe in slabovidne. Očala vsebujejo množico senzorjev, ki preko nežnega vibriranja usmerjajo slepega človeka, ki nosi takšna očala.

Takšna očala bi za slepe pomenila vrata v nov svet. Že zdaj so si slepi pomagali na več načinov. Gotovo poznate slepega voznika kolesa, ki z žvižganjem »sondira« oko-lico, v kateri se vozi in se giblje. Z žvižganjem se orientira v prostoru na podoben način, kot to počnejo netopirji. Vendar pa vsi slepi ne obvladajo te izjemno zanimive tehnike lociranja ovir z žvižgi.

Seveda ni samo žvižganje način, s katerim ugotavljamo, kje se nahajajo ovire v prostoru. Podjetje ST je naredilo majhen modul, ki vsebuje GNSS in Wi-Fi za določanje mikro lokacije naprave, hkrati pa vsebuje tudi LTE modul, ki zagotavlja IoT povezljivost.

IoT naprave so v zadnjih nekaj letih naravnost eksplodirale. Vedno več jih je in zato jim je tudi vedno težje slediti. Podjetje ST ocenjuje, da bo njihov modul rešil ta problem. Če ga bo res, bomo videli v nekaj letih.

Morda bomo letos marca kaj podobnega zasledili na Embedded World. V uredništvu se že pripravljamo na konferenco/sejem Embedded World. Prvi sestanki so že določeni, prenočišče sem pa rezerviral že v novembru lani, saj je v času sejma izredno težko dobiti primerno prenočišče.

Tako rekoč pred vrati pa je sejem IFAM, kjer se bomo lahko tudi srečali. Vabim vas klepet ob odličnem kapučinu, ne verjamem, da boste dobili boljšega na sejmu. Morda vam ne bo do kave, zato bomo zelo verjetno ponudili tudi sejmski popust za nekatere naše izdelke. Vabim vas, da spremljate našo revijo na spletu, ali pa se prijavite na naš spisek prejemnikov elektronske pošte.

Lep pozdrav!
Jure

PS: veliko vas je poleg januarske številke prejelo tudi predračun za obnovo naročnine. Vabim vas, da nas s plačilom položnice podpirate Svet elektronike še naprej.




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,...

Arrow Electronics podpira podjetje .lumen pri povečanju proizvodnje očal za slepe

Arrow Electronics d.o.o.

Imenovan za prejemnika nagrade CES Innovation Awards 2026 v kategoriji dostopnost in trajnost.

Arrow Electronics, globalni ponudnik tehnoloških rešitev, sodeluje z romunskim startup podjetjem .lumen pri razvoju inteligentnih očal za vodenje slepih, ki so zasnovana tako, da posnemajo ključne funkcije psa za vodenje slepih.

Očala za slepe .lumen nadomeščajo osnovne funkcije psa za vodenje slepih s kombinacijo umetne inteligence (AI), šestih vgrajenih kamer in taktilne povratne informacije v realnem času na enem samem nosljivem slušnem aparatu. Očala neprestano skenirajo in dojemajo okolico v realnem času, zaznavajo ovire, identificirajo varne poti in vodijo uporabnika z nežnimi usmerjevalnimi vibracijami.

Celoten navigacijski sistem deluje lokalno na napravi, zaradi česar je popolnoma neodvisen od oblaka. Ta arhitektura zagotavlja izjemno nizko zakasnitev, kar je bistveno za varno in zanesljivo navigacijo v hitro spreminjajočih se okoljih, kot so prometne ulice ali neznani notranji prostori.

.lumen se je predstavil od 5. do 9. januarja 2026 na sejmu CES v Las Vegasu, kjer je bil nagrajen z nagrado CES Innovation Awards 2026 v kategoriji dostopnost in trajnost, prav tako pa je zmagal na tekmovanju CTA Foundation's 2026 Pitch Competition.

Arrow zagotavlja celovite inženirske storitve in storitve v zvezi z dobavno verigo, da lahko .lumen učinkovito poveča svojo proizvodnjo. To vključuje identifikacijo, nabavo in integracijo dolgega seznama potrebnih elektronskih komponent, kot so procesorji, kamere, senzorji in konektorji. Arrow podpira .lumen tudi z zanesljivostjo zalog, nadzorom stroškov in izboljšano zmogljivostjo kompleksne nosljive tehnologije.

S podporo razvoju te tehnologije Arrow širi svoje obstoječe delo na področju polavtonomne mobilnosti (SAM), ki z uporabo inteligentne tehnologije zagotavlja večjo neodvisnost ljudem s telesnimi invalidnostmi. Primer preteklega



dela podjetja Arrow na tem področju je Arrow SAM Car, serija naprednih avtomobilov, ki jih lahko upravlja voznik tetraplegik s podporo modela umetne inteligence in elektronike, ki so jo razvili inženirji podjetja Arrow.

„Pomagamo pri razvoju naprave, ki bo na koncu izboljšala življenje milijonom ljudi,“ je dejal Vitali Damasevich, regionalni direktor za inženiring pri Arrow v vzhodni Evropi. „Pri podjetju Arrow smo zavezani k podpori ekipe .lumen, da bi zagotovili, da se ta revolucionarna tehnologija lahko zanesljivo in učinkovito proizvaja, tako da pride v roke tistim, ki jo najbolj potrebujejo.“

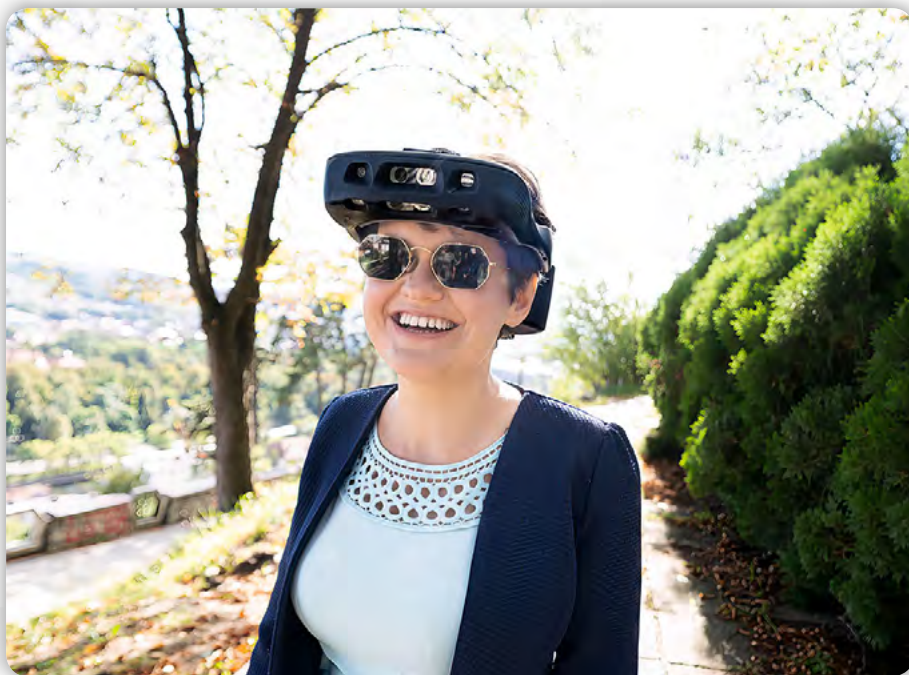
„Odraščal sem v družini, v kateri so vsi razen mene imeli invalidnost, zato sem spoznal, kako zelo lahko tehnologija pomaga invalidnim osebam, pa tudi, kako redko je zasnovana za invalidne osebe. Da bi rešil ta problem, sem ustanovil podjetje .lumen,“ je povedal Cornel Amariei, ustanovitelj in izvršni direktor podjetja .lumen.

„Očala za slepe uporabljajo lastno AI tehnologijo podjetja .lumen za avtonomno vodenje pešcev. Opravljajo vse, kar opravlja avtonomno vozilo, vendar na strani pešcev. Najboljše pri tem je, da ta tehnologija ne zahteva nobenih sprememb infrastrukture.“

.lumen trenutno sprejema naročila za napravo, ki uporabnikom ponuja neprimerljivo mobilnost in svobodo. Prihodnje posodobitve programske opreme vključujejo funkcije, kot je »Take Me«, ki je zasnovana za integracijo s kartografskimi storitvami in razširitev navigacijskih zmogljivosti preko izogibanja oviram.

Več informacij:

- <https://www.arrow.com/company/purpose/stories/lumen>



O podjetju Arrow Electronics

Podjetje Arrow Electronics (NYSE:ARW) nabavlja in razvija tehnološke rešitve za tisoče vodilnih proizvajalcev in ponudnikov storitev. S svetovnim prometom v višini 28 milijard dolarjev v letu 2024 portfelj podjetja Arrow omogoča tehnologijo v vseh pomembnejših panogah in na vseh pomembnejših trgih. Več informacij najdete na [arrow.com](https://www.arrow.com).

O podjetju .lumen

.lumen je romunsko zagonsko podjetje, ki razvija tehnologijo Pedestrian Autonomous Driving (PAD AI), ki je bila prvič predstavljena v okviru projekta .lumen Glasses for the Blind. Očala posnemajo obnašanje psa voditelja slepih z umetno inteligenco in haptičnim povratnim signalom, s čimer zagotavljajo prilagodljivo mobilnost brez uporabe rok za slabovidne in starejše odrasle osebe. Enaka tehnologija bo uporabljena za preoblikovanje načina prevoza blaga v mestih, in sicer z uporabo iste programske opreme za robote za dostavo. Več informacij na www.dotlumen.com.

www.arroweurope.com



Nova knjiga za PROGRAMERJE

KUPI ZDAJ!



Najnovejše iz podjetja Mouser Electronics

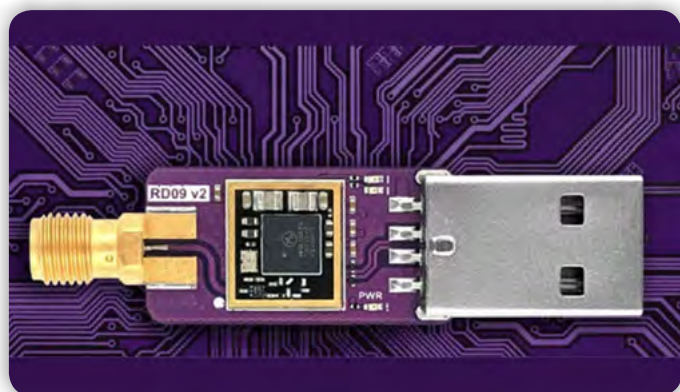
Mouser electronics

Mouser Electronics, Inc. se osredotoča na dobavo 100 % certificiranih, originalnih izdelkov svojih proizvodnih partnerjev za inženirje elektronskega načrtovanja in kupce. Mouser vsak mesec predstavlja na stotine novih izdelkov in podpira inovacije z dobavo najnovejših izdelkov, tehnologij in virov inženirjem.

Najpomembnejše novice podjetja Mouserjr

Nov izdelek – Mouser zdaj ponuja Morse Micro MM8108 Wi-Fi HaLow SoC, ki zagotavlja zmogljivost Wi-Fi HaLow naslednje generacije za aplikacije IoT.

Mouser zdaj ponuja novi MM8108 [1] Wi-Fi® HaLow® sistem na čipu (SoC) podjetja Morse Micro [2]. MM8108 SoC je rešitev za povezljivost, skladna s standardom HaLow, ki je prilagojena potrebam interneta stvari [3] (IoT) in aplikacij med stroji (M2M). MM8108 SoC je visoko integrirana, ultra nizkoenergetska, Wi-Fi [4] rešitev v enem čipu, ki ponuja izboljšano zmogljivost na vseh ključnih področjih, vključno z dometom, prepustnostjo in energetske učinkovitostjo, hkrati pa zmanjšuje stroške, napor in čas, potrebne za uvedbo naslednje generacije izdelkov z Wi-Fi HaLow na trg. Wi-Fi HaLow je prvi Wi-Fi standard, prilagojen potrebam aplikacij IoT, MM8108 pa omogoča brezžične hitrosti prenosa podatkov do 43,33 Mbps pri pasovni širini 8 MHz v svetovnih pasovih pod GHz, ki ne potrebujejo licence, z nadgradnjami naslednje generacije, ki se ponašajo s 16-krat boljše učinkovitostjo kot standardni Wi-Fi. MM8108 dodaja integriran zelo učinkovit močnostni ojačevalnik (PA) in zelo linearen ojačevalnik z nizko stopnjo šuma (LNA), ki ustrezata standardu IEEE 802.11ah, hkrati pa vključujejo popolne implementacije MAC in PHY. RF vmesnik MM8108 je mogoče konfigurirati tudi z zunanjim PA za montažo na tiskano vezje ali sprednjim modulom (FEM) za aplikacije z izjemno dolgim dosegom z vodilnimi varnostnimi funkcijami Wi-Fi HaLow (WPA3, SAE, GCMP), ki zagotavljajo, da se komunikacija na povezovalni plasti začne in ostane zaščitena. Mouser ima na zalogi tudi več razvojni kompletov za MM8108 SoC: kompleti MM8108-EKH01-01 [5], razvojni komplet MM8108-EKH05-01 in komplet MM8108-EKH19. Celotno sporočilo za javnost je na voljo tukaj: <https://eu.mouser.com/newsroom/publicrelations-morse-micro-mm8108-soc-2025final/>



Nov izdelek – Mouser zdaj dobavlja enoto za upravljanje vozila MR-VMU-RT1176 podjetja NXP Semiconductors, ki poenostavlja zasnovo mobilnih robotov.

Mouser ima zdaj na zalogi enoto za upravljanje vozila (VMU) MR-VMU-RT1176 [6] proizvajalca NXP® Semiconductors. MR-VMU-RT1176 VMU je lahka, vsestranska rešitev za upravljanje vozil za mobilno robotiko naslednje generacije. Ta VMU vključuje mikrokontroler NXP i.MX RT1176 Crossover (MCU) z visoko zmogljivim dvojedrnim procesorjem 1 GHz Arm® Cortex®-M7 + 400 MHz Arm Cortex-M4, ki je primeren za zahtevne aplikacije mobilne robotike. MR-VMU-RT1176 VMU ponuja tudi integrirano inertno merilno enoto (IMU) z več senzorji [7] za sledenje gibanja in zaznavanje okolja. VMU ponuja obsežne komunikacijske možnosti, vključno z 2-žičnim 100Base-T1 Ethernet vmesnikom, priključkom USB Type-C® 2.0, standardnim JST-GH pin headerjem Dronecode za vmesnike, kot so I2C, SPI, RC, GPS in druge vmesnike, kot tudi več zelo hitrih UART-ov za telemetrijo in druge radijske naprave, 12 PWM izhodov in drugo. MR-VMU-RT1176 je del širše ponudbe referenčnih modelov robotike podjetja NXP, ki so bili razviti z namenom, da bi omogočili hitrejše in enostavnejše uvajanje modelov robotike na trg. VMU se enostavno integrira v odprtokodne operacijske sisteme v realnem času (RTOS) in okvire robotike, saj podpira Zephyr RTOS, Cognipilot, NuttX in PX4, ki ga dopolnjuje QGroundControl. VMU ima obliko, skladno s PX4 V6X-RT (V6X-RT), in modularno arhitekturo z računalniškim modulom in nosilno ploščo. VMU podpira vrsto aplikacij, vključno z avtomatizacijo tovarn, krmilniki v realnem času, robotiko in brezpilotnimi letalskimi sredstvi (UAV), pametnimi napravami za dom in stavbe ter kmetijsko opremo. Celotno sporočilo za javnost je na voljo tukaj: <https://eu.mouser.com/newsroom/publicrelations-nxp-mr-vmu-rt1176-2025final/>



Mouser poudarja energijsko učinkovite zasnove s centrom za upravljanje z energijo. Celotno sporočilo za javnost najdete tukaj: <https://eu.mouser.com/newsroom/publicrelations-resources-power-management-2025final/>.



Kot globalni pooblaščen distributer Mouser ponuja najširši izbor najnovejših polprevodnikov, elektronskih komponent in izdelkov za industrijsko avtomatizacijo. Stranke Mouserja lahko pričakujejo 100 % certificirane, originalne izdelke, ki so v celoti sledljivi od vsakega od njegovih proizvajalških partnerjev. Da bi pospešili oblikovanje izdelkov strank, spletna stran Mouserja gosti obsežno knjižnico tehničnih virov, vključno s centrom tehničnih virov, skupaj s podatkovnimi listi izdelkov, referenčnimi modeli posameznih dobaviteljev, opombami o uporabi, tehničnimi informacijami o oblikovanju, inženirskimi orodji in drugimi koristnimi informacijami.

Za več informacij obiščite <https://www.mouser.com/>.

Viri:

- 1: https://eu.mouser.com/new/morse-micro/morse-micro-mm8108-soc/?utm_source=publitek-media-for-pr&utm_medium=pr&utm_campaign=EMEA_PR&utm_content=2025&pid=mouser&cid=pr

medium=pr&utm_campaign=EMEA_PR&utm_content=2025&pid=mouser&cid=pr

- 2: https://eu.mouser.com/manufacture/morse-micro/?utm_source=publitek-media-for-pr&utm_medium=pr&utm_campaign=EMEA_PR&utm_content=2025&pid=mouser&cid=pr
- 3: https://resources.mouser.com/iot/?utm_source=publitek-media-for-pr&utm_medium=pr&utm_campaign=EMEA_PR&utm_content=2025&pid=mouser&cid=pr
- 4: https://resources.mouser.com/rf-wireless/?utm_source=publitek-media-for-pr&utm_medium=pr&utm_campaign=EMEA_PR&utm_content=2025&pid=mouser&cid=pr
- 5: https://eu.mouser.com/new/morse-micro/morse-micro-mm8108-ekh01-01-eval-kits/?utm_source=publitek-media-for-pr&utm_medium=pr&utm_campaign=EMEA_PR&utm_content=2025&pid=mouser&cid=pr
- 6: https://eu.mouser.com/new/nxp-semiconductors/nxp-mr-vmu-rt1176-vehicle-management-unit/?utm_source=publitek-media-for-pr&utm_medium=pr&utm_campaign=EMEA_PR&utm_content=2025&pid=mouser&cid=pr

Blagovne znamke

Mouser in Mouser Electronics sta registrirani blagovni znamki podjetja Mouser Electronics, Inc. Vsi drugi izdelki, logotipi in imena podjetij, navedeni v tem dokumentu, so lahko blagovne znamke njihovih lastnikov.

<https://eu.mouser.com>



ROSUS 2026

Računalniška obdelava slik in njena uporaba v Sloveniji 2026

MARIBOR, 19.3.2026
rosus.feri.um.si

Strokovna računalniška konferenca ROSUS 2026 povezuje strokovnjake in raziskovalce s področij digitalne obdelave slik, računalniškega in strojnega vida z uporabniki tega znanja, pri čemer uporabniki prihajajo iz raznovrstnih industrijskih okolij, biomedicine, športa, zabavišstva ipd. Z njo želimo demonstrirati, da avtomatska obdelava slik in video posnetkov zaradi svoje natančnosti in hitrosti prinaša velike ekonomske koristi, hkrati pa pokazati, da takšne rešitve nudijo nove priložnosti za uveljavitev na trgu visokih tehnologij.

Popoldanska sekcija bo praktično naravnana.

Vabljeni!



ST87M01, NB-IoT mobilni in GNSS/Wi-Fi modul za določanje položaja

STMicroelectronics

Ultra-kompaktna, izjemno nizko-energijska industrijska serija modulov NB-IoT in modulov za pozicioniranje za masovne mobilne IoT aplikacije.

ST87M01 je zelo zmogljiva, ultra-kompaktna, ultra-nizkoenergijska, LTE Cat-NB2 certificirana, industrijska NB-IoT in pozicijska serija modulov, ki ponuja svetovno pokritost frekvenčnega pasu in napredne varnostne funkcije.



Stranke lahko enostavno oblikujejo in razvijejo specifične primere, kjer bodo uporabili modul z uporabo razvojnega kompleta EVKITST87M01-2 v povezavi s celovito prodajno in tehnično podporo podjetja ST.

Ključne značilnosti in prednosti:

- LTE kategorija NB2 (3GPP Release 15) Certificiran za B1/B3/B5/B8/B20/B28
- Industrijska kakovost: (-40 °C, +85 °C)
- 100 % ST izdelek (SoC in modul)
- 15-letna garancija za dolgo življenjsko dobo
- Ultra-kompaktna velikost (10,6 x 12,8 mm)
- Hitrost prenosa podatkov do:
 - » Down-link: 127 kbps
 - » Up-link: 159 kbps
- Podpora več razredov moči (do +23 dBm Tx izhod)
- Način varčevanja z energijo (PSM) < 1,2 μ A Ioff (izklop) < 0,5 μ A

- Podpora za pozicioniranje GNSS in Wi-Fi
- Vgrajena možnost SIM ST4SIM
- GCF in RED (vključno z RED-DA) certificirano

Možnosti uporabe:

- Sledenje sredstev
- Logistika
- Živina in orodja
- Zdravstveno varstvo
- Pametno mesto
- Okolje
- Infrastruktura
- Ulice razsvetljava
- Pametno merjenje
- Pametni števeci električne energije
- Pametni števeci plina
- Pametni števeci vode
- Pametna industrija
- Nadzor stanja
- Avtomatizacija tovarn
- Predvidljivo vzdrževanje

Pregled ST87M01

ST87M01 je ultra-kompaktna, ultra-nizkoenergijska certificirana serija modulov NB-IoT in pozicioniranja, ki omogoča večpaso-ovni prenos podatkov ter notranjo in zunanjo geolokacijo v majhni obliki in s popolno podporo ekosistema.



NB-IoT in modul za pozicioniranje

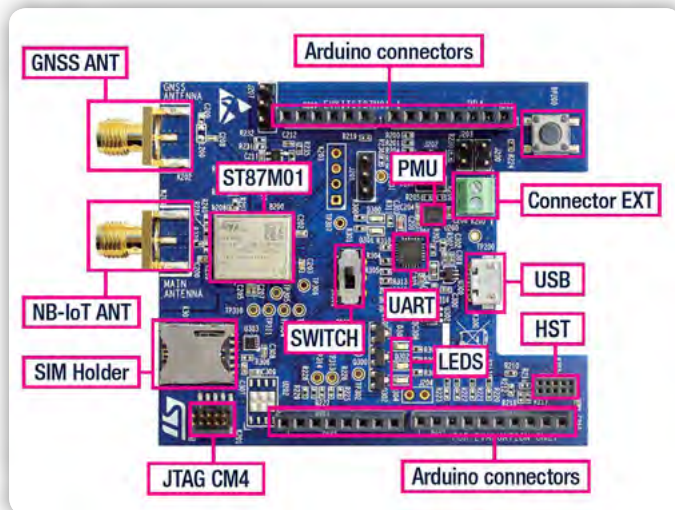
Ultra-kompakten modul je glavna značilnost serije ST87M01 v 51-pin LGA ohišju z dimenzijami le 10,6 x 12,8 mm za aplikacije, kjer je velikost ključnega pomena.

Zahvaljujoč izjemno nizki porabi energije in kvalifikaciji za industrijski temperaturni razpon, je ST87M01 odlična izbira za široko paleto IoT aplikacij, vključno s pametnimi omrežji, pametnim merjenjem, pametnimi mesti, avtomatizacijo tovarn, industrijskim IoT in sledenjem sredstev, kot tudi za vse aplikacije pametnega nadzora, ki izvajajo komunikacijo z nizko porabo energije v širokem območju (LPWAN).

ST87M01 lahko prejema posodobitve firmware-a in dodatne funkcije prek brezžičnih posodobitev firmware-a z optimiziranimi postopki posodobitve firmware-a (diferencialni FOTA). Serija ST87M01 vključuje tudi storitve PDU SMS in internetne protokole za izdelke NB-IoT, vključno s TCP/IP, TLS/DTLS, CoAP, LwM2M, MQTT in HTTP/HTTPS, kar omogoča številne različne aplikacije IoT.

Funkcije GNSS in Wi-Fi pozicioniranja omogočajo zanesljivo geolokacijo v različnih zunanjih, notranjih in gosto naseljenih urbanih scenarijih. Serija izdelkov je zasnovana za podaljšanje življenjske dobe baterije na eni sami primarni bateriji, zahvaljujoč podpori načinu popolnega varčevanja z energijo (PSM) in mehanizmom podaljšanega prekinjenega sprejema (eDRX), skupaj z funkcijami izredno nizke porabe energije in vmesnikom za prekinitve za aktiviranje modula.

Modul ST87M01 je certificiran po standardih GCF, RED in RED-DA za popolno skladnost s strogimi predpisi o kibernetiki varnosti. Je v celoti testiran in sledljiv v skladu s



Razvojni komplet (Vir: ST)

strogimi standardi zanesljivosti in kakovosti ST, da izpolnjuje industrijske standarde in zagotavlja zanesljivo delovanje za 15-letno dolgoročno uporabo na terenu.

Razvojni komplet

Razvojni komplet EVKITST87M01-2 vključuje ploščo, ki temelji na modulu ST87M01, in je zasnovan tako, da je združljiv s strojno opremo Nucleo prek priključkov Arduino. Plošča ima dve možni HOST povezavi s ST87M01 za osebni računalnik ali povezano ploščo. Komplet je opremljen z anteno NB-IoT, aktivno anteno GPS in SIM-kartico z omejenim podatkovnim paketom za namene razvoja.



<https://www.st.com>

MIKROE
Time-saving embedded tools

BLDC FOC 2 Click podjetja MIKROE

MikroElektronika

Click board™ omogoča krmiljenje trifaznih brezkrtačnih enosmernih (BLDC) motorjev z uporabo naprednih FOC tehnik.

Dodajte napredno krmiljenje BLDC motorja na podlagi FOC (Field-Oriented Control) z natančnim krmiljenjem navora, hitrosti in moči do 15 A.

BLDC FOC 2 Click [1] je nova Click board™ za krmiljenje motorjev podjetja MIKROE, ki se ukvarja z ugneženimi rešitvami in bistveno skrajša čas razvoja z inovativnimi strojnimi in programskimi izdelki, ki temeljijo na preverjenih standardih.

Kompaktne dodatne Click plošče razvijalcem omogočajo, da hitro zagotovijo delovanje koncepta, nato pa izdelajo prototip in kodo za nove ugneždene projekte. BLDC FOC 2 Click zagotavlja robustno in zanesljivo krmiljenje trifaznih brezkrtačnih enosmernih (BLDC) motorjev z uporabo naprednih tehnik krmiljenja, usmerjenega v polje (FOC), kar zagotavlja nemoteno delovanje, visoko učinkovitost in nizek akustični šum.

Nebojsa Matic, izvršni direktor podjetja MIKROE, je dejal: „Ta

nova Click plošča je idealna za avtomobil-ske in industrijske aplikacije, kot so ven-tilatorji za hlajenje baterij, ventilatorji za radiatorje in sistemi za nadzor goriva ali olja. Je del naše več kot 140-članske dru-žine Click plošč za nadzor motorjev [2] in več kot 850 projektov – z delujočim programom – z BLDC FOC 2 Click, ki jih lahko najdete na MIKROE-jevi platformi za ugnezdene projekte, EmbeddedWiki."

BLDC FOC 2 Click temelji na A89307, avtomobilskem krmilniku motorja FOC BLDC podjetja Allegro Microsystems, ki je zasnovan za zagotavljanje izhodnega toka do 15 A v širokem napetostnem ob-močju od 4,4 V do 30 V. Podpira več nači-nov delovanja, vključno s konstantno hit-rostjo, navorom, močjo in odprto zanko, hkrati pa ponuja prilagodljivo konfiguracijo prek EEPROM in I2C vmesnika za nastavitve parametrov, vklop/izklop in povratne informacije o hitrosti. Vključuje tudi Allegrovo lastno funkcijo Soft-On Soft-Off (SOSO) za tihe prehode, celovite zaščitne me-hanizme ter analogni in digitalni način krmiljenja.

BLDC FOC 2 Click je najnovejši dodatek k družini mikroBUS™ -omogočenih Click plošč MIKROE, ki šteje 1900 izdelkov. Plošča ima tudi funkcijo ClickID, ki omogoča samodejno prepoznavanje s strani gostiteljskega sistema, kar poenostavlja uporabo.



Naprave se lahko uporabljajo na katerem koli gostiteljskem sistemu, ki podpira standard mikroBUS™, in so opremljene z odprtokodnimi knjižnicami mikroSDK, ki ponujajo odlično prilagodljivost za preskušanje in prilagajanje.

Viri:

- 1: <https://www.mikroe.com/bldc-foc-2-click>
- 2: <https://www.mikroe.com/click/motor-control>

<https://www.mikroe.com>



Nordic Semiconductor pridobil Skylo certifikat za modul nRF9151, ki omogoča globalno IoT povezljivost

Nordic Semiconductor

Ta certifikat proizvajalcem originalne opreme (OEM) omogoča izdelavo naprav z neprekinjenim mobilnim in satelitskim pokritjem, kar pospešuje IoT povezljivost po vsem svetu.

Nordic Semiconductor, svetovni vodilni ponudnik rešitev za brezžično povezljivost z nizko porabo energije, je objavil, da je njegov mobilni IoT-modul

nRF9151 pridobil certifikat za uporabo v komercialno dostopnem nezemeljskem omrežju (NTN) Skylo.

Certifikat zagotavlja popolno skladnost s satelitskim omrežjem Skylo, ki pokriva 36 držav in več kot 60 milijonov kvadratnih kilometrov, kar razvijalcem omogoča izdelavo IoT naprav,



ki ohranjajo povezljivost tudi na območjih brez pokritosti z GSM signalom. Ta mejnik razširja ponudbo mobilnih IoT naprav podjetja Nordic, ki zdaj vključuje podporo za NTN (satelit), s čimer proizvajalcem originalne opreme (OEM) ponuja rešitev za globalno povezljivost, ki je pripravljena za proizvodnjo.

Pogled industrije na certifikat

„Ta certifikat je prelomnica za resnično globalno IoT povezljivost,“ je dejal Oyvind Birkenes, izvršni podpredsednik poslovne enote Nordic Long Range. „Od središča mesta do najbolj oddaljenega kotička planeta lahko razvijalci zdaj izdelujejo IoT naprave, ki ostanejo povezane povsod, s popolnoma certificirano rešitvijo, pripravljeno za proizvodnjo. Tako pospešujemo inovacije, širimo naše vodstvo na področju mobilnega IoT in uresničujemo ambicije podjetja Nordic, da oblikujemo prihodnost resnično povezanega sveta.“

„Certificiranje modula nRF9151 je ključni trenutek za IoT ekosistem,“ je dodal Vijay Krishnan, podpredsednik za strateška partnerstva pri Skylo Technologies. „Z združevanjem strojne opreme z izjemno nizko porabo energije, ki temelji na standardih, s Skylojevim dopolnilnim nezemeljskim omrežjem omogočamo novo generacijo povezanih naprav, ki lahko brezhibno delujejo v različnih geografskih območjih. Ta mejnik poudarja našo zavezanost k pospeševanju inovacij in omogočanju razvijalcem, proizvajalcem originalne opreme in podjetjem, da na trg prinesejo prilagodljive rešitve hitreje kot kdaj koli prej.“

Kaj to pomeni za razvijalce

S tem certifikatom lahko proizvajalci originalne opreme in razvijalci takoj vključijo modul nRF9151 v modele, ki so pripravljeni za proizvodnjo in so primerni za Skylo NTN. Modul nRF9151 bistveno poenostavi razvoj, zmanjša kompleksnost in pospeši čas uvedbe na trg za IoT izdelke v različnih sektorjih, kot so logistika, pametno kmetijstvo, kritična infrastruktura in javne službe – tudi na območjih, kjer zemeljska omrežja niso na voljo.

Tehnične značilnosti modula nRF9151

nRF9151 je Nordic-ov vse-v-enem mobilni IoT modul, ki podpira tudi GEO in LEO NTN povezljivost. Optimiziran za delovanje z izjemno nizko porabo energije, je idealen za baterijsko napajane IoT naprave, ki zahtevajo brezžično komunikacijo na velike razdalje. Modul vključuje zmogljiv aplikacijski MCU, visoko zmogljiv radio in GNSS, ki podpira LTE-M, NB-IoT in 3GPP



nRF9151

 skylo

Certified

Release 17-skladni NTN (NB-NTN). To proizvajalcem originalne opreme omogoča, da izdelajo eno samo napravo, ki lahko nemoteno preklaplja med zemeljskimi mobilnimi omrežji (TN) in satelitskimi omrežji (NTN), kar zagotavlja neprekinjeno povezljivost tudi v oddaljenih ali slabo pokritih območjih.

Razvojni viri in razpoložljivost

Da bi pospešili sprejemanje in inovativnost aplikacij, ki podpirajo NTN, Nordic ponuja razvojni komplet nRF9151 SMA DK [1]. Ta komplet je na voljo prek globalne distribucijske mreže Nordic. Predkomercialna programska oprema modema s podporo NTN je na voljo za prenos tukaj [2]. Komercialna različica programske opreme je predvidena za začetek leta 2026, po dodatnih certifikacijah.

- O podjetju Nordic - <https://www.nordicsemi.com/About-us>
- Več o projektu Skylo - www.skylo.tech
- Več o nRF9151 modulu - <https://www.nordicsemi.com/Products/nRF9151>
- Več o nRF9151 SMA DK

Viri:

- 1: <https://www.nordicsemi.com/Products/Development-hardware/nRF9151-SMA-DK>
- 2: <https://www.nordicsemi.com/Products/Development-hardware/nRF9151-SMA-DK/Download?lang=en#infotabs>

<https://www.nordicsemi.com>



Mikročip prepolovil porabo energije, potrebno za merjenje porabe energije prenosnih naprav

Microchip Technology Inc.

Zasnove, ki so energetsko učinkovite in varčne z baterijo, lahko pod običajnimi pogoji delujejo dlje zaradi natančnejšega in energetsko učinkovitejšega spremljanja porabe energije.

Naprave, ki se napajajo iz baterij, in aplikacije z omejeno porabo energije morajo spremljati in nadzorovati porabo energije, ne da bi pri tem zapravljale energijo. Da bi rešili ta izziv, je Microchip Technology (Nasdaq: MCHP) predstavil dva digitalna monitorja porabe energije, ki porabita polovico energije v primerjavi s podobnimi rešitvami, ki temeljijo na tipičnih pogojih delovanja pri 1024 vzorcih na sekundo. Merilnika porabe energije PAC1711 in PAC1811 [1] dosegata ta mejnik učinkovitosti, hkrati pa zagotavljata tudi opozorila sistema v realnem času za dogodke, ki presegajo omejitve porabe energije, in patentirano funkcijo opozarjanja v stopnjah za prepoznavanje odstopanj v dolgoročnih povprečjih.

42V, 12-bitni enokanalni monitorji PAC1711 in 16-bitni monitorji PAC1811 so nameščeni v 8- in 10-pin ohišjih Very Thin Dual Flat, No-Lead (VDFN), ki so združljivi s priljubljenim ohišjem Small Outline Transistor (SOT23)-8. Ta združljivost razvijalcem poenostavlja iskanje drugih virov, hkrati pa racionalizira nadgradnje in integracijo v obstoječe sisteme.

„Do sedaj so prenosne naprave in različne aplikacije z omejeno porabo energije potrebovale znatno količino dragocene ener-

gije za merjenje porabe,“ je dejal Keith Pazul, podpredsednik Microchipove poslovne enote za mešane signale. „Za razliko od mnogih obstoječih rešitev, Microchipovi monitorji porabe energije delujejo kot neodvisne „nadzorne“ periferne naprave, kar odpravlja potrebo po MCU za opravljanje nalog nadzora porabe energije. Ti monitorji omogočajo, da MCU ali gostiteljski procesor ostane v mirovanju, dokler ne pride do pomembnega dogodka v zvezi z energijo, kot je na primer potreba po vklopu LCD-zaslona.“

Funkcija opozarjanja v stopnjah napajalnih monitorjev PAC1711 in PAC1811 beleži tekoče povprečje napetosti in toka. Če pride do znatnega, uporabniško definiranega odstopanja, opozori MCU, da naj ukrepa. Naprave beležijo tekoče povprečje, vsak nov vzorec pa lahko sproži opozorilo. Na voljo je možnost počasnega vzorčenja, ki lahko vzorčenje porabe energije odloži na vsake osem sekund in tako dodatno varčuje z energijo.

Akumulator registra v monitorju napajanja se lahko uporablja za upravljanje logističnih elementov, sledenje staranju baterije sistema ali času za ponovno polnjenje ter zagotavljanje kratkoročnih zgodovinskih podatkov za dolgoročno porabo energije,



na podlagi katerih se lahko programira MCU. Obe integrirani vezji za spremljanje toka zaznavata napetosti vodila od 0 do 42 voltov in lahko komunicirata prek vmesnika I2C®. Primerni so za prvo ali drugo izbiro vira v računalniških, omrežnih, AI/ML in E-Mobility aplikacijah.

Razvojna orodja

Razvojna plošča je plošča Click board™, združljiva s standardom mikroBUS™ podjetja MikroElektronika za vtičnice matične plošče gostitelja. Click plošča se uporablja za oceno lastnosti in zmogljivosti naprav. Poleg tega je na straneh izdelkov na voljo gonilnik Linux®, ki zagotavlja osnovno funkcionalnost in dostop do pogosto uporabljenih registrov za merjenje moči. Microchip ponuja tudi splošno knjižnico C za PAC1711 in PAC1811, ki vključuje primere, kako se lahko uporabljata z različnimi mikrokontrolerji Microchip.

Cene in dobavljivost

PAC1711 je zdaj na voljo v VDFN-8 (PAC1711T-1E/3P) ali VDFN-10 (PAC1711T-2E/9Q) ohišjih. PAC1811 je zdaj na voljo

v VDFN-8 (PAC1811T-1E/3P) ali VDFN-10 (PAC1811T-2E/9Q) ohišjih. Cena za PAC1711 VDFN-8 se začne pri 0,58 USD za 10.000 enot. Cena razvojne plošče (del #PAC1711-Click) je 15,00 USD na kos in je na voljo zdaj.

Za dodatne informacije in nakup se obrnite na prodajnega predstavnika Microchip, pooblaščenega distributerja po vsem svetu ali obiščite spletno stran Microchip za nakup in storitve za stranke, www.microchipdirect.com.

Viri:

- 1: <https://www.microchip.com/en-us/products/amplifiers-and-linear-ics/current-voltage-power-monitor-ics>

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>



Allegro MicroSystems postavlja nov standard

Allegro MicroSystems

Nov standard za učinkovitost v visokozmogljivih sistemih z izoliranim senzorjem toka z izjemno nizkimi izgubami.

50 $\mu\Omega$ ACS37200 zmanjša izgubo moči za 90 % in zmanjša velikost sistema za do 95 % v zahtevnih aplikacijah HEV/EV, industrijskih aplikacijah in uporabi v podatkovnih centrih.

Allegro MicroSystems, Inc. („Allegro“) (Nasdaq: ALGM), svetovni vodilni ponudnik rešitev za napajanje in zaznavanje za krmiljenje gibanja in energetsko učinkovite sisteme, je predstavil ACS37200 [1], galvansko izoliran tokovni senzor, ki ponuja revolucionarno rešitev za izzive učinkovitosti in gostote moči v aplikacijah z visokim tokom.

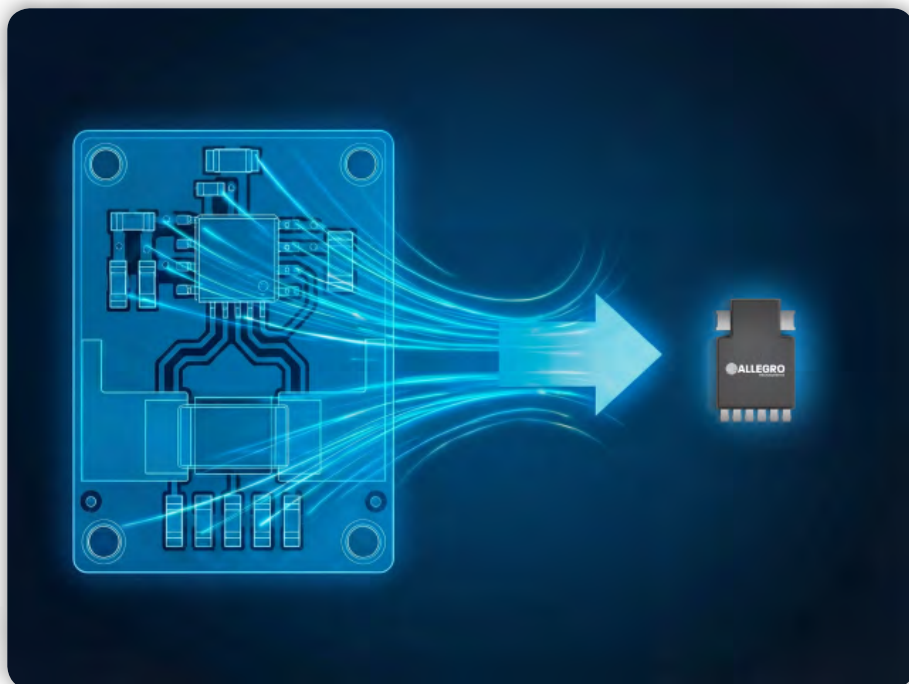
Ker inženirji razvijajo vedno bolj kompaktne in zmogljive sisteme za hibridna in baterijska električna vozila (HEV/EV), industrijsko avtomatizacijo, podatkovne AI centre in solarne pretvornike, je toplota in izguba moči, ki ju povzročajo tradicionalni šent upori, postala glavna ovira pri razvoju.



ACS37200 omogoča upornost prevodnika $50 \mu\Omega$, ki je vodilna v industriji, odpravlja to oviro in omogoča razvijalcem, da izdelujejo manjše, učinkovitejše in zanesljivejše napajalne sisteme.

Od izgubljene toplote do večje moči

V sistemu z visokim tokom je pomemben vsak miliohm upora. Tipična 100A zasnova, ki uporablja $0,5 m\Omega$ šent upor, lahko izgubi do 5 vatov moči v obliki čiste toplote, kar zahteva drage in prostorsko zahtevne hladilnike. Ultra nizka upornost $50 \mu\Omega$ ACS37200 zmanjša izgubo moči na samo 0,5 vata – kar je 90-odstotno zmanjšanje. To pomeni, da se porabi manj energije in je na voljo več moči za pogon vozila ali delovanje strežnika, kar neposredno izboljša doseg HEV/EV in zniža stroške delovanja podatkovnega centra.



Preboj na področju gostote moči

Ta izboljšana učinkovitost je ključnega pomena za gostoto moči. Medtem ko je prejšnja generacija integriranih senzorjev Allegro, kot je ACS772, že ponujala skoraj 7-kratno zmanjšanje velikosti v primerjavi z obsežnimi diskretnimi rešitvami s šent tokokrogom, novi ACS37200 v kompaktnem ohišju PSOF velikosti $100 \mu m^2$ to še dodatno izboljša. Je skoraj 70 % manjši od CB ohišja ACS772, kar pomeni, da je skupna površina 20-krat manjša od tradicionalne rešitve s šent tokokrogom – kar je znatno zmanjšanje prostora na plošči za 95 %. Ker se senzor minimalno greje, lahko razvijalci odstranijo obsežne hladilnike, integrirana arhitektura pa odpravlja zunanje izolacijske komponente, kar neposredno omogoča novo raven kompaktnosti in višjo gostoto moči.

„Naši kupci nam nenehno pravijo, da je moč glavno ozko grlo. Sistemi morajo nadzorovati, pretvarjati in dobavljati več moči kot kdaj koli prej v enakih ali celo manjših ohišjih,“ je dejal Matt Hein, direktor poslovne linije za tokove senzorje pri Allegro MicroSystems. „Z drastičnim zmanjšanjem izgube energije in 95-odstotnim zmanjšanjem prostora, ki ga zavzemajo, našim strankam omogočamo večjo svobodo pri načrtovanju, večjo gostoto moči in hitrejšo pot do gradnje manjših, učinkovitejših sistemov za prihodnost e-mobilnosti, industrijske avtomatizacije in čiste energije.“

Poenostavitev zasnove in izboljšanje varnosti

Poleg učinkovitosti in gostote, popolnoma integrirani ACS37200 poenostavlja proces načrtovanja. Kot ena sama tovarniško kalibrirana komponenta, certificirana po standardu UL 62368-1, nadomešča več ločenih delov, vključno s šent uporom, izolacijskim ojačevalnikom in povezanimi pasivnimi komponentami. To zmanjša seznam materialov (BOM), poenostavi dobavno ve-

rigo in odpravlja potrebo po zapletenem načrtovanju visokonapetostne izolacije, kar izboljša varnost in zanesljivost sistema.

Lastnosti in prednosti ACS37200:

- *Izjemno nizka izguba moči: Najnižja upornost vodnika v industriji, ki znaša $50 \mu\Omega$, zmanjša izgubo moči za 90 % v primerjavi s tipičnim $0,5 m\Omega$ šentom.*
- *Nesluteno gostota moči: 95 % manjša površina kot pri ločenih rešitvah s stranskim tokokrogom omogoča kompaktnejše in stroškovno učinkovitejše končne izdelke.*
- *Robustna, certificirana izolacija: zagotavlja 1000 VRMS / 1414 VDC certificirane galvanse osnovne izolacije v enem SMD ohišju in je certificirana po standardu UL 62368-1.*
- *Poenostavljena zasnova: Nadomesti več ločenih komponent (šent, izolacijski ojačevalnik) z enim samim tovarniško kalibriranim IC v prostorsko varčnem 8-pinskem PSOF ohišju.*

Poenostavljena zasnova: Nadomesti več ločenih komponent (šent, izolacijski ojačevalnik) z enim samim tovarniško kalibriranim IC v prostorsko varčnem 8-pinskem PSOF ohišju.

O podjetju Allegro MicroSystems

Allegro MicroSystems, Inc. izkorišča več kot tri desetletja izkušenj na področju magnetnega zaznavanja in močnostnih integriranih vezij, da s rešitvami, ki izboljšujejo učinkovitost, zmogljivost in trajnost, spodbuja napredek v avtomobilski industriji, industriji čiste energije in industrijski avtomatizaciji. Allegrovo zavezanost kakovosti spodbuja preobrazbo v različnih panogah in utrjuje njihov status pionirja v tehnologiji „avtomobilске kakovosti“ in partnerja v uspehu njihovih strank. Za dodatne informacije obiščite <https://www.allegromicro.com/en/>.

Viri:

- 1: <https://www.allegromicro.com/en/products/sense/current-sensor-ics/integrated-current-sensors/acs37200>

<https://www.allegromicro.com>



AX24A za aplikacije s tipkami na dotik in silo

TouchNetix

TouchNetix širi svojo vodilno ponudbo aXiom in predstavlja AX24A, robusten krmilnik z dotikom in zaznavanjem sile, zasnovan za industrijske, avtomobilske in zabavne aplikacije.

Edinstveno podpira aplikacije s tipkami, kot tudi zaznavanje sile za prevodnimi površinami. AX24A odpira nove možnosti oblikovanja in ponuja naj-sodobnejše zmogljivosti zaznavanja v kompaktnem 40-pinskem QFN ohišju, kar zagotavlja izjemno prilagodljivost in zmogljivost. Njegov napreden sistem omogoča do 22 dotik/sila tipk, kar razvijalcem pomaga pri ustvarjanju intuitivnih in robustnih rešitev na dotik.



vodnimi materiali, kot je kovina, kar omogoča elegantne in robustne oblike brez poseganja v funkcionalnost.

Odpornost proti vodi: Tipke, ki delujejo samo s pritiskom, niso občutljive na vodo ali tekočine, zato so idealne za zahtevna okolja.

Uporaba joysticka: Joysticki, zasnovani na zaznavanju sile, imajo v primerjavi s tradicionalnimi mehanskimi stikali ali spremenljivimi upori znatno daljšo življenjsko dobo.

Visoka natančnost: zazna spremembe v mikroskopskem obsegu v uporabljeni sili od 20 g do 20 kg z linearnim odzivnim profilom.

Ključne lastnosti in prednosti:

- *Dvojno zaznavanje:* Podpira kombinirano zaznavanje dotika in sile za izboljšano interakcijo.
- *Integrirane možnosti povratnih informacij:* omogoča haptične in LED povratne informacije za bogatejšo uporabniške izkušnje.
- *Podpora za identifikacijo pilota:* omogoča razlikovanje med uporabniki in varnostne funkcije v vmesnikih.
- *Vsestranske konfiguracije:* kombinirajte funkcije za inovativne zasnove, kot so:
- Tipke na dotik, ki zahtevajo aktiviranje s silo.
- Tipke, ki delujejo samo s silo, za kovinskimi ploščami.
- *Napredna logika upravljanja:* konfigurirajte posamezne tipke ali jih logično povežite za funkcije, kot so varovalni kanali ali »one-hot« [1] skupine.
- *Prilagodljivi sprožilci povratnih informacij:* aktivirajte haptične ali LED odzive prek makro-pogonskih I²C ali GPIO zaporedij.

Zakaj je zaznavanje sile pomembno?

- Tipke na dotik v sodobnih vmesnikih vedno bolj nadomeščajo mehanske gumbe. Vendar pa ta sprememba prinaša večje tveganje za naključno aktiviranje, znano kot napačni dotiki. Naprava AX24A zmanjšuje to tveganje z uporabo patentirane tehnologije zaznavanja sile aXiom, ki omogoča kombinirano dotik/silo, ki zahteva določen pritisk za sprožitev aktiviranja.
- Odpravlja naključno aktiviranje.
- Odpravlja potrebo po mehanskih tipkah in zmanjšuje obrabo.
- Podaljšana življenjska doba in zanesljivost tipk.
- Zagotavlja takojšnjo haptično povratno informacijo brez zamude.

Razširjene možnosti oblikovanja

Napredne površine: Tipke, ki delujejo samo na silo, se lahko vgradijo za pre-



Uporaba:

- AX24A je idealen za okolja, kjer so zanesljivost, natančnost in uporabniška izkušnja ključnega pomena, vključno z:
- Avtomobilske armaturne plošče in krmilni elementi
- Vmesniki za industrijske stroje
- Paneli za medicinsko opremo
- Potrošniške naprave
- Joystick in krmilniki za igre

Informacije o podjetju

TouchNetix je svetovni vodilni proizvajalec inovativnih in varnostnih rešitev za uporabnike, ki temeljijo na tehnologiji dotika in sile. Družina izdelkov aXiom ustvarja nove in inovativne funkcije za sodoben razvoj izdelkov. TouchNetix proizvaja čipe in senzorje dotika za svetovno stranko bazo s pisarnami v Norveški, Veliki Britaniji, Nemčiji, ZDA, Koreji, Tajvanu in prek več distribucijskih partnerjev. Poleg tradicionalnih večdotičnih zmogljivosti čipi aXiom omogočajo 3D zaznavanje, zaznavanje sile, Pilot ID, Tactosense in haptično sprožanje. TouchNetix ima več desetletij izkušenj s kapacitivno tehnologijo in dokazano uspešno dobavlja izdelke globalni bazi strank. TouchNetix ima certifikat QMS po standardu ISO 9001 z verigo dobave, certificirano po standardu IATF-16949, čipi aXiom pa so certificirani za avtomobilsko industrijo po standardu AEC-Q100 in imajo certifikat ASIL B Ready.

Pojasnilo:

1: „One-hot groups“ se nanaša na tehniko v digitalni elektroniki in strojnem učenju, znano kot one-hot encoding. Gre za metodo predstavljanja kategorijskih podatkov (ali stanja) kot skupine bitov, kjer je le en bit „vroči“ (nastavljen na visoko ali 1), vsi ostali pa so „hladni“ (nastavljeni na nizko ali 0).

<https://www.touchnetix.com/>



Avtomobili se pogovarjajo

Moderni avtomobili se znajo med seboj sporazumevati in komunicirati z okolico. Vse o V2X, standardu, ki deluje tudi že pri nas.



ODPRTI PROCESORJI

Odprta arhitektura RISC-V, ki naj bi premešala karte v svetu procesorjev, je letos dopolnila petnajst let.

**Monitor
PRO**

MONITORPRO:

- 3D-Tiskanje
- CAD
- CAM

Test Samsung OLED S95F | Test Huawei Watch Ultimate 2
| Besana za Mac | AI Slop | Evropska digitalna suverenost | Umetna
inteligenca kot terapevt | Upravljanje z e-knjigami | Raspberry Pi in
konkurenca

Monitor
www.monitor.si

Satelitsko IoT omrežje za oddaljene regije

RUTRONIK GmbH

Avtor: Julian Clauß, vodja oddelka za brezžične izdelke v podjetju Rutronik

V mnogih regijah konvencionalna brezžična omrežja dosegajo meje svojega pokritja. Nova ne-zemeljska omrežja (NTN) pa zagotavljajo povezljivost v območjih, ki prej niso imela mobilnega pokritja – s tehnologijo, ki doseže tudi najbolj oddaljene lokacije.

S širitvijo interneta stvari (IoT) se hitro povečuje povpraševanje po brezhibni in zanesljivi povezljivosti. Mobilna omrežja LTE pokrivajo približno 90 % svetovnega prebivalstva, vendar le okoli 15 % površine Zemlje. Z vključitvijo omrežij 2G in 3G se pokritost poveča na 30–35 %. Zato ostaja povezovanje v številnih oddaljenih regijah izziv. Ukinitev 2G bo globalno pokritost še dodatno zmanjšala. Ne-zemeljska omrežja (angl. Non Terrestrial Networks: NTN) naj bi ta izziv rešila s prenosom podatkov neposredno prek satelitskih sistemov, ki obidejo tradicionalne radijske stolpe.

NTN omogoča povezljivost IoT prek satelitov

Ne-zemeljska omrežja (NTN) so radijski komunikacijski sistemi, ki delujejo daleč nad zemeljsko površino. To vključuje satelite v nizki (Low Earth Orbit, LEO), srednji (Medium Earth Orbit, MEO) in geostacionarni (GEO) orbiti, pa tudi visokogorske bazne postaje (HAPS) in drone. Ti elementi skupaj zagotavljajo neprekinjeno pokritost in dosegajo tudi oddaljene regije, ki prej niso imele dostopa do konvencionalnih mobilnih omrežij. Danes se končne naprave lahko povežejo bodisi z zemeljskimi omrežji 3GPP bodisi s sateliti. Uporabniki, ki se zanašajo na satelitsko komunikacijo, zato potrebujejo dodatno strojno opremo poleg svojega pametnega telefona. To se bo z NTN kmalu spremenilo: v prihodnosti se bodo vse mobilne naprave lahko brezhibno povezale tako s kopenskimi kot s satelitskimi omrežji znotraj ekosistema 3GPP. S tehnološkim napredkom sateliti vse bolj prevzemajo vlogo baznih postaj. V prihodnosti končne naprave tako ne bodo več odvisne od včasih omejenega pokritja stacionarnih omrežij 3GPP – brez dodatne strojne opreme. Če zemeljska povezava odpove, NTN zagotavlja nemoten prehod na satelitsko omrežje, kar je še posebej pomembno za kritične aplikacije, na primer v kmetijstvu, gozdarstvu ali naftni in plinski industriji. Zaradi stacionarnih in večjih naprav bo uvedba NTN enostavna. NTN bo še posebej pomemben za sledenje sredstev in logistiko, čeprav se lahko še vedno pojavijo izzivi pri gostovanju. Prvi omrežni operaterji pa že razvijajo rešitve.

Novi ponudniki satelitskih storitev poleg infrastrukture v zemeljski orbiti ponujajo tudi mobilna jedrna omrežja. To omogoča dostop do mobilnih storitev prek satelitov.

Za končne naprave to pomeni: končne naprave se lahko samodejno povežejo v satelitsko omrežje z uporabo SIM-kartic, ki podpirajo NTN, in obstoječih pogodb za mobilne telefone (MNO/MVNO) ali dinamično preklapljajo med zemeljskimi in satelitskimi omrežji, ko zemeljska pokritost ni na voljo. NTN je integriran v obstoječa omrežja z uporabo istih APN-jev in struktur jedrnega omrežja. Glavne razlike so večja zakasnitev in manjša pasovna širina.

Dva tipa satelitov za različne zahteve

Za čim večjo učinkovitost komunikacije NTN uporablja dva satelitska sistema. Glede na posamezno uporabo imajo sateliti GEO in LEO različne prednosti in slabosti.

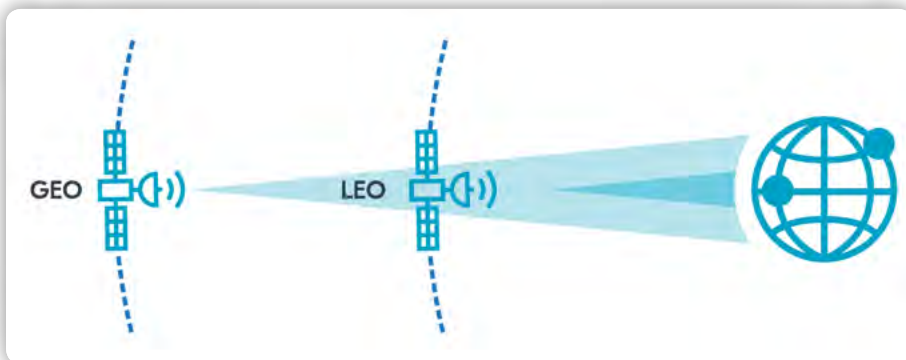
GEO (geostacionarna zemeljska orbita):

- Višina: približno 36.000 kilometrov
- Stacionarni in trajno dostopni nad isto regijo Zemlje
- Visoka zakasnitev, povečana poraba energije, nizka hitrost prenosa podatkov (2–4 kbps)

LEO (nizka zemeljska orbita):

- Višina: 600–800 kilometrov
- Višja hitrost prenosa podatkov (20–40 kbps), nižja poraba energije
- Ker se sateliti hitro premikajo, je nujna arhitektura shranjevanja in posredovanja
- Idealno za rutinsko zbiranje podatkov, ki ni nujno v realnem času

Izbira orbite je v končni fazi odvisna od zahtev posamezne aplikacije. GEO omrežja so idealna za komunikacijo v nujnih primerih in alarmnih situacijah z nizkimi hitrostmi prenosa



Slika 1 : NTN uporablja satelitske sisteme LEO in GEO za najučinkovitejšo brezžično komunikacijo. (Slike: Nordic Semiconductor)



Slika2 : Integracija NTN v obstoječe mobilne arhitekture – vzporedna uporaba zemeljskih in satelitskih omrežij z enotnim dostopom do jedra.

podatkov, medtem ko LEO omrežja zagotavljajo učinkovito in prilagodljivo komunikacijo za splošne podatke IoT z zmernimi zahtevami glede zakasnitve. Rešitve, ki temeljijo na 5G, se večinoma uporabljajo v sistemih LEO.

Uporaba frekvenc in zasnova antene za NTN

NTN ima dva glavna pasova: n255 (NTN 1,6 GHz ali L-pas) in n256 (NTN 2 GHz ali S-pas). Ti pasovi se delno prekrivajo s pasovi zemeljskih mobilnih frekvenc, kar olajšuje izkoriščanje obstoječih oblik anten. Aplikacije L-pasu lahko zahtevajo namensko ločitev antene od GNSS.

Začetni moduli NTN za globalno IoT povezljivost

Modul nRF9151 podjetja Nordic Semiconductor podpira tako zemeljsko kot satelitsko komunikacijo IoT (NTN). Gre za kompaktno rešitev sistema v ohišju (SiP), zasnovano za mobilne aplikacije IoT in DECT NR+. Poleg energetske učinkovite tehnologije LTE modul vključuje integrirane funkcije obdelave, varnostne mehanizme in GNSS za pozicioniranje. Podpira 3GPP Release 14 LTE-M/NB-IoT ter DECT NR+. Polna funkcionalnost



Slika3 : Sodobni moduli IoT, kot je nRF9151, podpirajo tako zemeljsko kot satelitsko komunikacijo.

Kaj je 3GPP?

3rd Generation Partnership Project (3GPP) je mednarodno sodelovanje organizacij za razvoj telekomunikacijskih standardov. Razvija standarde za mobilno komunikacijo, kot so GSM, UMTS, LTE in 5G. Tehnična specifikacija NTN (Non-Terrestrial Networks) je prav tako del tega standardnega sistema in je razširjena v več izdajah:

- Izdaja 17 (2022): Sateliti kot reflektorji, potrebna lastniška jedrna omrežja
- Izdaja 18 (2024): uvedba prekinjenega pokritja, optimizacija GEO
- Izdelek 19 (2026): Sateliti kot bazne postaje (eNB), izboljšana podpora LEO

NTN (vključno s podporo GEO/LEO) je na voljo od druge polovice leta 2025 (prek posodobitve firmware) in omogoča globalno povezljivost ne glede na dostop do mobilnega omrežja. Nordic Semiconductor sodeluje s ponudniki, kot so Iridium, Skylo in Myriota, da bi zagotovil rešitve NTN. Do konca leta bo tudi Telit v svojo ponudbo vključil prve NTN module.

Povzetek in napovedi

Zaradi ukinitve omrežij 2G/3G in naraščajočega povpraševanja po globalni povezljivosti NTN postaja ključna tehnologija za IoT. Kombinacija sodobne satelitske tehnologije in energetske varčnih modulov odpira nove poslovne priložnosti in omogoča dostop do prej nedostopnih regij.



<https://www.rutronik.com>

Uporabite napreden MOSFET proces za večjo gostoto moči in zanesljivost

DigiKey
Avtor: Rolf Horn

Razvijalci napajalnikov za naprave, kot so DC/DC pretvorniki, krmilniki motorjev, preklapljanje obremenitev, podatkovni centri in komunikacijska oprema, se nenehno soočajo z izzivom zmanjševanja prostorske zahtevnosti svojih izdelkov, da bi povečali gostoto moči.

Višja gostota moči pa zahteva naprave z minimalnim odvajanjem toplote, da se delovna temperatura ohrani v mejah in se zagotovi zanesljivost. Za doseganje tega so potrebne aktivne preklopne naprave, ki so ne le manjše, ampak imajo tudi manjše izgube, kar jim omogoča delovanje z višjo učinkovitostjo.

Pri izbiri ustreznih preklopnih naprav morajo projektanti skrbno upoštevati značilnosti, kot so velikost, upornost v vklopljenem stanju, prebojna napetost, hitrost preklopa in naboj reverzne regeneracije.

Ta članek ponuja kratek pregled zahtev glede zasnove napajalnikov, ki se uporabljajo v ustreznih aplikacijah. Nato predstavlja napredno MOSFET tehnologijo procesa podjetja Toshiba [1] in prikazuje, kako se lahko naprave, ki temeljijo na tej tehnologiji, uporabijo za izpolnitev teh zahtev.

Kako se razvijajo zahteve glede zasnove napajalnikov

Elektronske naprave postajajo vse manjše v različnih aplikacijah, vključno s komunikacijami, avtomobilsko industrijo, internetom stvari (IoT), industrijskim internetom stvari (IIoT) in nosljivimi napravami. Razvijalci teh sistemov potrebujejo stikalne napajalnike (SMPS) manjših dimenzij z višjo gostoto moči. Za doseganje te višje gostote moči so potrebne manjše in učinkovitejše komponente, ki omogočajo nižjo notranjo delovno temperaturo in podpirajo visoko zanesljivost zasnove.

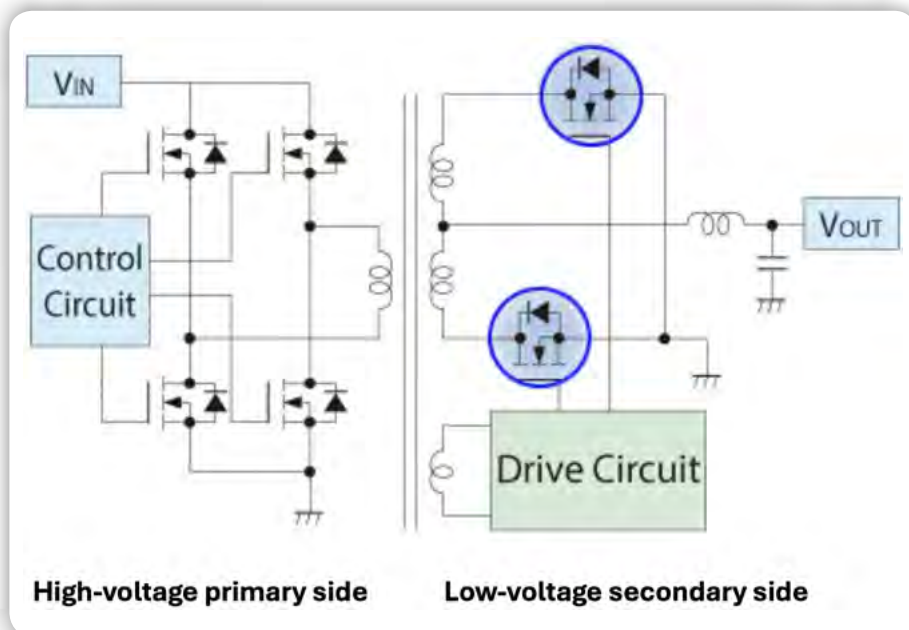
Najpogostejše aktivne komponente v SMPS so MOSFET stikala, ki se nahajajo tako na primarni ali visokonapetostni strani kot tudi v nizkonapetostnih sekundarnih vezjih (slika 1).

Primarna stran SMPS običajno deluje pri visoki napetosti. Na primer, v napajalnikih, ki so priključeni na električno omrežje, primarni MOSFET-i usmerjajo omrežno napetost. Sekundarna stran običajno deluje pri nižji napetosti; to je predvideno področje uporabe za nizkonapetostne MOSFET-e.

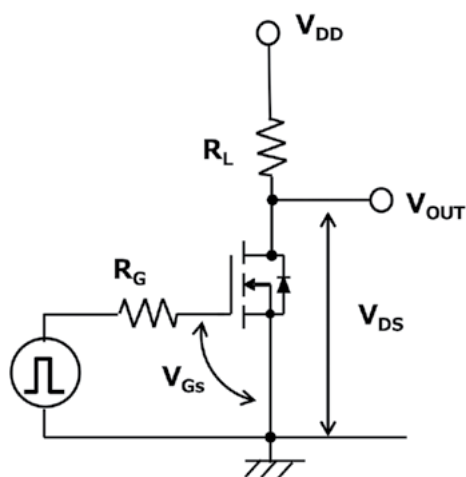
Visoka učinkovitost in majhne izgube

Visoka učinkovitost napajanja se doseže z zmanjšanjem izgub moči. Izgube, povezane z aktivnimi polprevodniškimi napravami, vključujejo izgube pri prevajanju, preklapljanju in izgube na ohišju diode. Te izgube se pojavljajo v različnih trenutkih delovnega cikla naprave (slika 2).

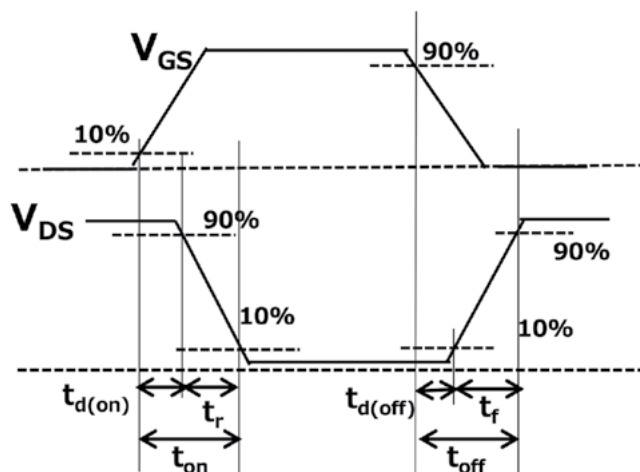
MOSFET-i v SMPS delujejo v enem od dveh stanj, ON ali OFF. Stanje naprave se spreminja glede na napetost med vrati in virom (VGS). Ko je naprava vklopljena, je napetost



Slika 1: Prikazan je SMPS, ki uporablja nizkonapetostne MOSFET-e kot sinhroni usmernik v sekundarnem vezju; visokonapetostni MOSFET-i tvorijo polno mostično stikalno stopnjo na primarni strani. (Vir slike: Toshiba Semiconductor and Storage)



MOSFET switch test circuit



Input and output waveforms

Slika 2: Delovni cikel MOSFET stikala (levo) vključuje intervale vklopa, izklopa in prehoda (desno), od katerih ima vsak svoj vir izgube moči. (Vir slike: Toshiba Semiconductor and Storage)

med ponorom in virom (V_{DS}) na nizki ravni. V stanju ON tok med ponorom in virom (I_{DS}) skozi napravo določata impedanca obremenitve in upor med ponorom in virom v stanju ON ($R_{DS(on)}$). Pri induktivni obremenitvi se tok linearno povečuje, medtem ko se polni magnetno polje tuljave. Med časom ON tok skozi upor kanala ustvarja prevodne izgube, ki so sorazmerne s kvadratom I_{DS} in $R_{DS(on)}$. Ko je naprava izklopljena, je V_{DS} visok, I_{DS} pa predstavlja slepi tok naprave, ki določa prevodne izgube v stanju OFF.

Med prehodi med stanji sta napetost in tok hkrati večja od nič, moč pa se v napravi porablja sorazmerno z napetostjo, tokom in frekvenco preklapljanja. To so izgube pri preklapljanju.

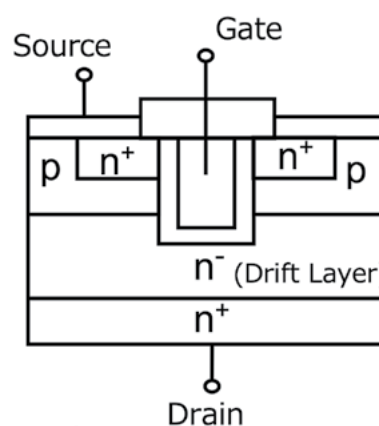
Zaradi povratne regeneracije diode MOSFET-a, ko se ta preklopi iz prevodnega v neprevodni stanje, nastanejo izgube. Preostali naboj v PN-prehodu mora biti v tem času odstranjen, kar povzroči povratni regeneracijski tok in s tem povezano izgubo moči. Izguba je sorazmerna s povratnim regeneracijskim nabojem naprave (Q_{rr}), ki določa čas povratne regeneracije.

Skupna izguba moči naprave je vsota vseh teh komponent.

Kako struktura reže (angl. trench) omogoča kompaktnejše naprave

Fizična struktura MOSFET-a vpliva na velikost in dimenzije naprave. Struktura MOSFET z režo (slika 3) je najbolj kompaktna konstrukcija, ki ponuja največjo gostoto kanala in hkrati zmanjšuje $R_{DS(on)}$.

V konvencionalnih planarnih MOSFET-ih teče tok horizontalno; proces trench-gate oblikuje vertikalni kanal v obliki črke U. Ta



Slika 3: Struktura MOSFET-a z režo omogoča navpični tok, kar omogoča manjšo površino. (Vir slike: Toshiba Semiconductor and Storage)

vertikalni tok zmanjša velikost naprave, kar omogoča izdelavo več naprav na vsaki rezini. Struktura zmanjša tudi $R_{DS(on)}$. Poleg tega višja gostota razporeditve omogoča vzporedno povezavo več naprav, kar dodatno zmanjša upor v stanju ON. Manjša velikost zmanjša tudi kapacitivnost med elektrodami, kar omogoča hitrejše preklapljanje in delovanje z višjo frekvenco.

Stikalne izgube so odvisne tudi od trajanja prehodnega območja. Trajanje je odvisno od parazitivnih kapacitivnosti naprave, ki zahtevajo prenos naboja, preden se lahko spremeni stanje MOSFET-a. Skupni naboj vrat (Q_g) je količina naboja, potrebna za spremembo potenciala vrat na določeno napetost. Za zmanjšanje izgub pri preklopu je treba skrajšati čas preklopa z zmanjšanjem Q_g . Produkt $R_{DS(on)}$ in Q_g je pogosta vrednost za MOSFET, ki kaže učinkovitost naprave s kombinacijo izgub prevajanja, ki so sorazmerne z $R_{DS(on)}$, in izgub pri preklopu,

ki so obratno sorazmerne z Q_g . Boljša zmogljivost je označena z nižjo vrednostjo produkta $RDS(on) \cdot Q_g$.

Ker izgube pri preklopu vključujejo izraz za izgubo pri povratnem okrevanju diode ohišja, produkt $RDS(on)$ in Q_{rr} prispeva k razumevanju posameznega vpliva izgub pri prevajanju in preklopu. Čeprav produkt $RDS(on)$ in Q_{rr} ni običajna vrednost, ponuja dodatni vpogled v skupno izgubo moči MOSFET-a.

Toshibini U-MOS 11-H MOSFET-i

U-MOS11-H [2] proces podjetja Toshiba, ki temelji na izboljšani strukturi reže, zagotavlja MOSFET izdelke z nižjim $RDS(on)$ za zmanjšane izgube prevajanja in izboljšane splošne preklonpne lastnosti zaradi nižjih Q_g in Q_{rr} , kar ga naredi primerne za nizkonapetostne in visoko učinkovite aplikacije, kot so SMPS, pogoni motorjev in napajalniki strežnikov.

MOSFET Toshiba TPH2R70AR5-LQ [3] je deklariran za 100 voltov in ponazarja izboljšave v procesu U-MOS11-H. V primerjavi z enakovredno napravo iz prejšnjega procesa, TPH2R70AR5 ponuja $RDS(on)$, ki je približno 8 % nižji, in Q_g , ki je 37 % nižji. Posledična vrednost $RDS(on) \cdot Q_g$ je 42 % nižja.

Izgube pri reverzni regeneraciji so zmanjšane z uporabo tehnologije za nadzor življenjske dobe, ki v polprevodnik vnaša napake, povzročene z ionskim žarkom, da se poveča hitrost preklapljanja in zmanjša Q_{rr} . Q_{rr} je izboljšan za 38 %, produkt $RDS(on) \cdot Q_{rr}$ pa je zmanjšan za 43 %. Te nižje vrednosti kažejo na manjšo izgubo moči, višjo učinkovitost in višjo gostoto moči.

TPH2R70AR5-LQ lahko prenese največjo napetost 100 voltov med ponorom in virom ter tokove ponora do 22 amperov (A) brez hladilnega telesa in do 190 A s hlajenjem (temperatura ohišja 25 °C).

$RDS(on)$ je v najslabšem primeru 2,7 miliohma ($m\Omega$) za odvodni tok 50 A in napetost na vratih 10 voltov; $RDS(on)$ je v

najslabšem primeru 3,6 $m\Omega$ za signal napetosti na vratih 8 voltov. Q_g je običajno 52 nanokulombov (nC) pri napetosti na vratih 10 voltov, tipična vrednost Q_{rr} pa je 55 nC.

TPH2R70AR5-LQ je na voljo v SOP Advance(N) ohišju za površinsko montažo z dimenzijami 5,15 × 6,1 × 1 milimeter (mm) (slika 4), ki zagotavlja odlično združljivost montaže z industrijskimi standardi.

Velikost ohišja je prilagojena največji nazivni napetosti VDS MOSFET-a, ki znaša 100 voltov. Naprave z nižjo napetostjo imajo manjše dimenzije ohišja zaradi manjših zahtev glede razmika med priključki.

Podpora podjetja Toshiba za ta izdelek vključuje hiter model razreda G0 SPICE [4], ki razvijalcem pomaga pri hitrih preverjanjih delovanja vezja. Na voljo je tudi natančnejši model razreda G2 SPICE, ki vključuje tranzientno analizo.

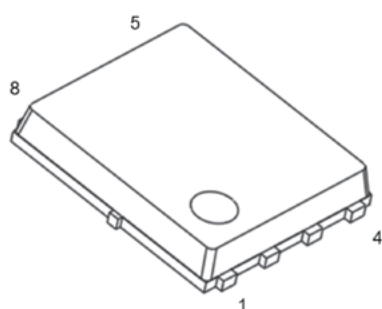
Zaključek

Nizkonapetostni MOSFET Toshiba TPH2R70AR5-LQ je posebej zasnovan za uporabo na sekundarni strani SMPS. Uporablja novo celično strukturo, ki zmanjšuje izgube moči in izboljšuje preklonpne lastnosti tranzistorja, kar omogoča zasnovo napajalnih naprav z visoko gostoto moči in zanesljivostjo za sodobne aplikacije.

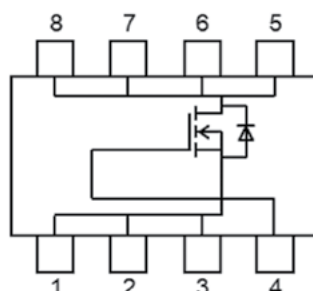
Viri:

- 1: <https://www.digikey.com/en/supplier-centers/toshiba-semiconductor-and-storage>
- 2: <https://www.digikey.com/en/product-highlight/t/toshiba-semi-and-storage/umos-11-low-voltage-mosfets>
- 3: <https://www.digikey.com/en/products/detail/toshiba-semiconductor-and-storage/TPH2R70AR5-LQ/27525802>
- 4: <https://toshiba.semicon-storage.com/us/semiconductor/knowledge/highlighted-contents/articles/simulating-the-transient-characteristics-of-mosfet-more-accurately/simulating-the-transient-characteristics-of-mosfet-more-accurately-download.html>

<https://www.digikey.com>



SOP Advance(N)



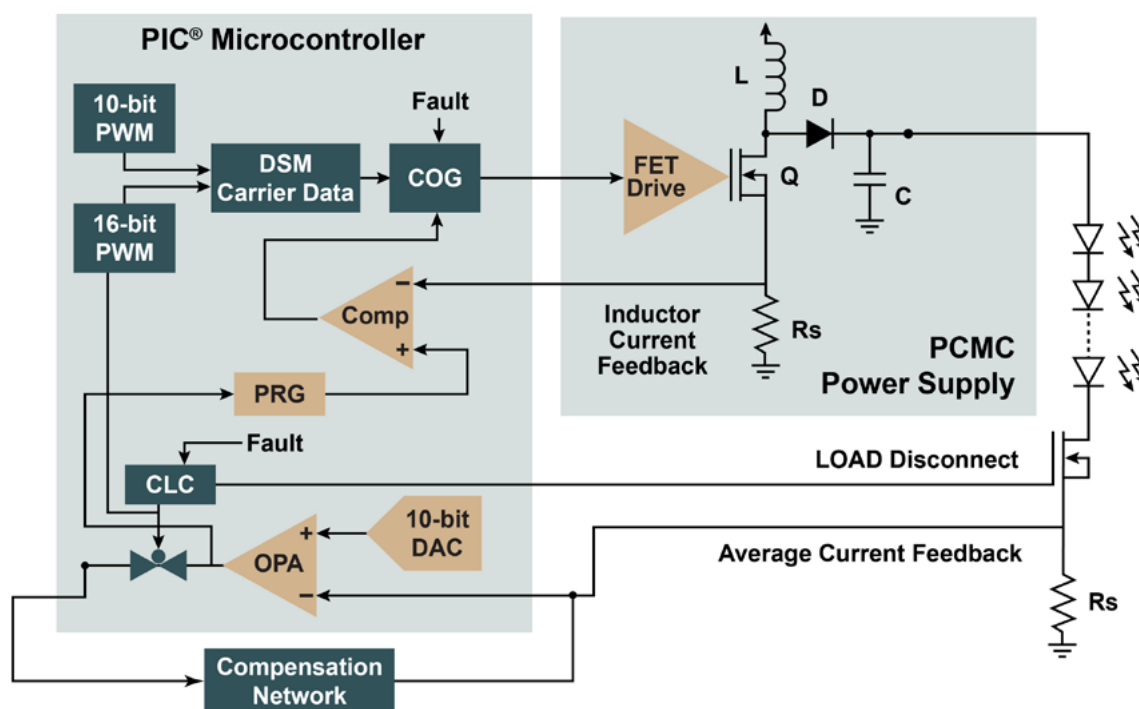
1, 2, 3: Source
4: Gate
5, 6, 7, 8: Drain

Slika 4: Prikazana sta pogled na SOP Advance(N) ohišje (levo) in notranjo blok shemo MOSFET-a za TPH2R70AR5-LQ (desno). (Vir slike: Toshiba Semiconductor and Storage)

Analogni integrirani vezji za vhodni del - kaj je analogni vhodni del (AFE)?

Zmožljivosti AFE-jev – Kaj počne AFE?

Priprava signala je problem, specifičen za posamezno aplikacijo; AFE-ji so pogosto zasnovani z mislijo na eno samo aplikacijo. Podrobnosti se lahko razlikujejo, vendar je tema enaka: vzeti specializirano analogno vezje, potrebno za določeno funkcijo, in ga vgraditi v eno integrirano napravo, ki deluje z digitalnim krmilnikom. AFE in digitalni krmilnik se lahko izbereta ločeno, glede na to, kaj je idealno za zahteve vezja. V enem primeru se lahko signalna veriga začne z anteno, AFE pa mora morda filtrirati signal, ki ga zanima, ga ojačiti, ga centrirati v območju za pretvorbo A v D, nato izvesti to pretvorbo, rezultat pretvoriti v serijsko zaporedje in ga poslati prek SPI



SVET ELEKTRONIKE 23

digitalnemu signalnemu procesorju (DSP). V drugi aplikaciji je lahko vhod senzor s specifičnimi napetostnimi in tokovnimi zmogljivostmi, ki niso združljive s tipičnim digitalnim vhodom GPIO. V tem primeru mora AFE sprejeti izhod senzorja na vhodu z nizko kapacitivnostjo ali v neobičajnem napetostnem območju, ga filtrirati, skalirati, pretvoriti v digitalno domeno in te informacije posredovati mikrokontrolerju (MCU) prek I2C vmesnika. Nekatere aplikacije lahko zahtevajo galvansko izolacijo med vhodi sistema in digitalnim procesorjem, ki sprejema odločitve, kar dodaja dodatno zahtevo k signalni verigi AFE. V vsakem primeru je vloga AFE enaka: analogni vhodi se pretvorijo v digitalne izhode.

Prednosti rešitev na podlagi AFE - Zakaj uporabljati AFE?

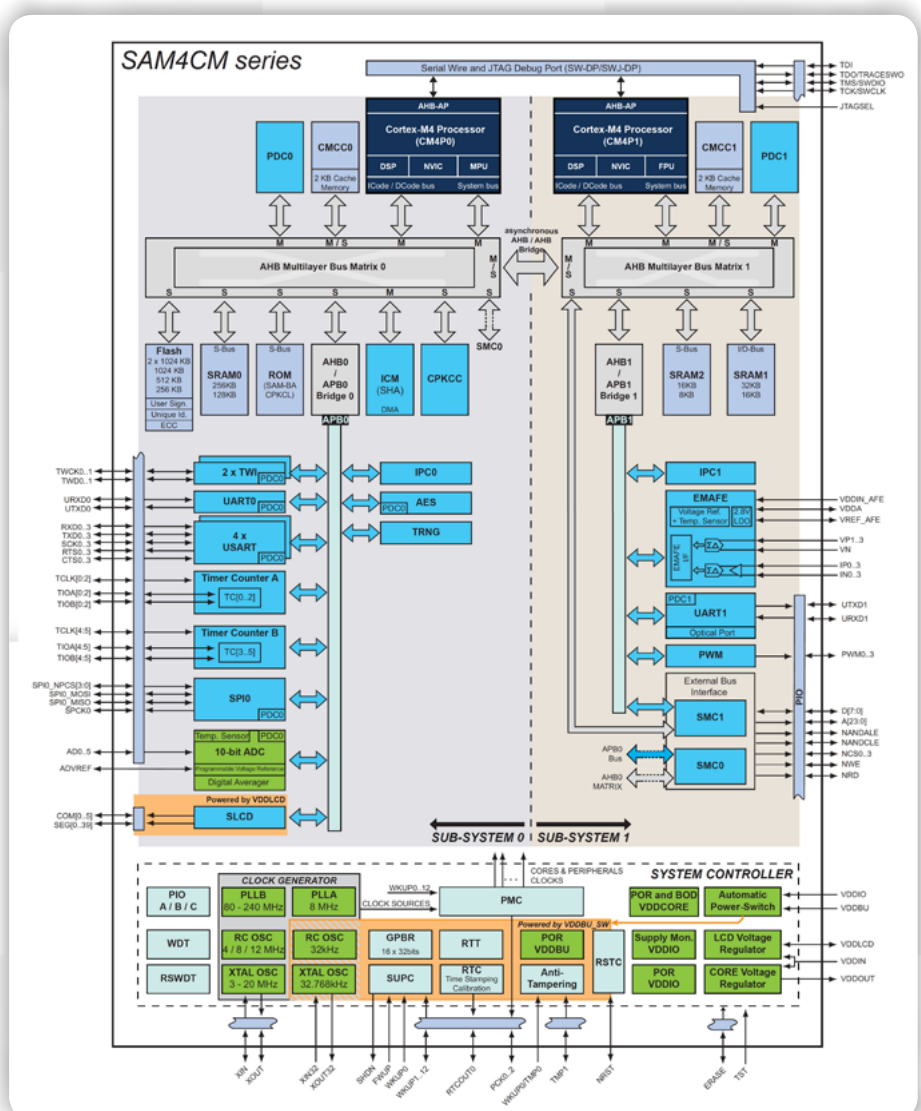
Sistemske prednosti tega pristopa niso nujno očitne. Z vidika systemskega razvijalca bo rešitev z enim čipom pogosto izgledala kot hitrejša implementacija, poleg tega pa obstajajo tudi integrirane rešitve. Nekateri mikrokontrolerji ali digitalni signalni procesorji so popolnoma sposobni delovati kot lastni analogni vhod z uporabo integriranih komponent. Kot primer si oglejte PIC16F1769, 8-bitni mikrokontroler z 12-kanalnim 10-bitnim ADC in dvema 10-bitnima DAC. Ta naprava je bila očitno namenjena lastnemu analognemu vmesniku, del pa lahko krmili stikalno napajalno enoto za LED-pogon, pri čemer so vsi analogni krmilni signali usmerjeni neposredno v mikrokontroler. Na sliki 1 mora skozi MOSFET gonilnik teči le izhodni signal FET napajanja. Za to vezje ni bil potreben AFE, zunanje analogne diskretne komponente pa so bile minimalne.

Vendar pa v mnogih sistemih ni mikrokontrolerja ali DSP, ki bi lahko neposredno obdeloval analogne signale, saj bi bila njihova izdelava preveč draga. Da bi to razumeli, pomislite, kako so te naprave zasnovane in izdelane. Analogni čipi se proizvajajo z analogno tehnologijo proizvodnje rezin – proizvodne tovarne in litografije ustvarjajo tehnologije, ki morajo niso najmanjše ali najhitrejše, vendar imajo CMOS in bipolarni tranzistorje, natančne upore in kondenzatorje, ki se lahko med seboj uskladijo, višjo odpornost proti napetosti na specializiranih tranzistorjih ter izolacijske pregrade ali SOI plasti, ki preprečujejo širjenje šuma med vezji. Te lastnosti povečajo stroške rezin, vendar koristijo analognim strukturam na čipu z izboljšano zmogljivostjo ali manjšimi zahtevami glede površine. Te analogne lastnosti so na splošno neodvisne od litografije procesa, kot je velikost. Na primer, površina, potrebna za

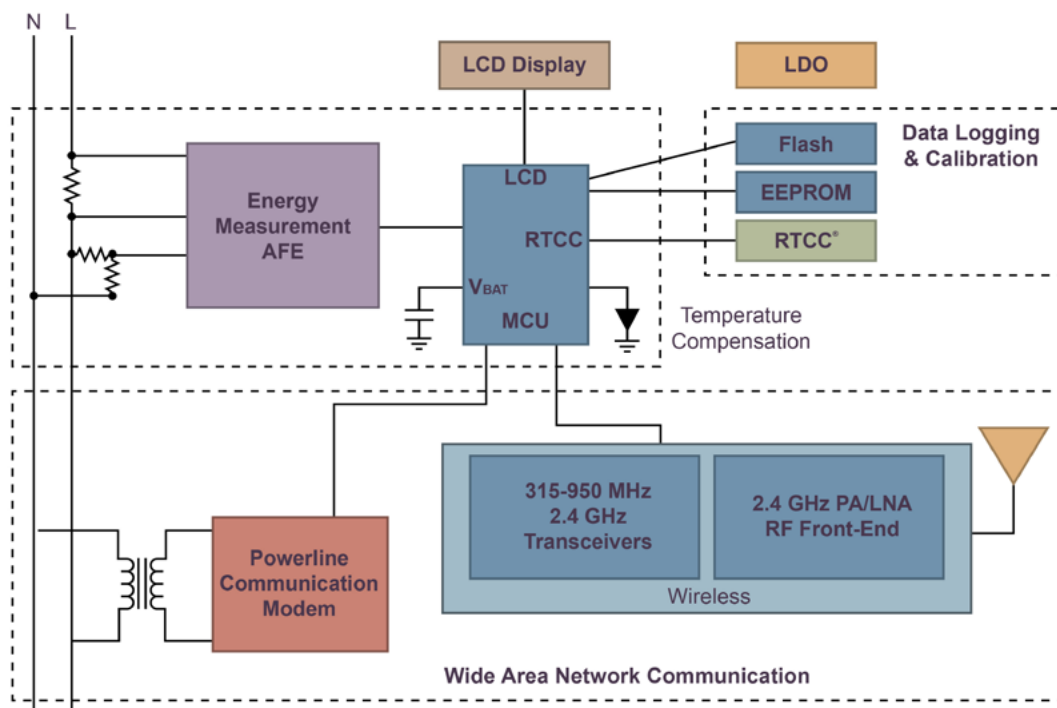
ustvarjanje usklajene mreže uporov, je lahko bolj odvisna od razpoložljivega materiala uporov kot od najmanjše risane črte – upor s tankim filmom večje geometrije lahko presega majhen litografski polisilicijev upor v natančnosti, usklajenosti in potrebni površini silicija. Digitalne naprave pa imajo prednost najmanjšega možnega tranzistorja in so se v preteklosti razvijale v skladu z Moorovim zakonom – vsaka generacija presega svojo večjo predhodnico na podlagi stroškov in zmogljivosti. Včasih obstajajo vsestranske tehnologije rezin, ki omogočajo rešitve sistemov na čipu (SoC) za določeno aplikacijo, vendar ta pristop naprednih digitalnih vozlišč lahko trpi zaradi visokega števila plasti analognih procesov rezin in visokih stroškov na plast. Posledično se najboljše systemske rešitve pogosto dosežejo s specializiranimi matricami, ločenim krmilnikom in analognim vhodnim delom.

Primer – kompromisi pri zasnovi merilnikov energije

Aplikacije za merjenje energije lahko ponazorijo to kompromisno rešitev. Za to aplikacijo obstaja široka paleta rešitev,



Slika 2: ATSAM4CM SoC za merjenje energije



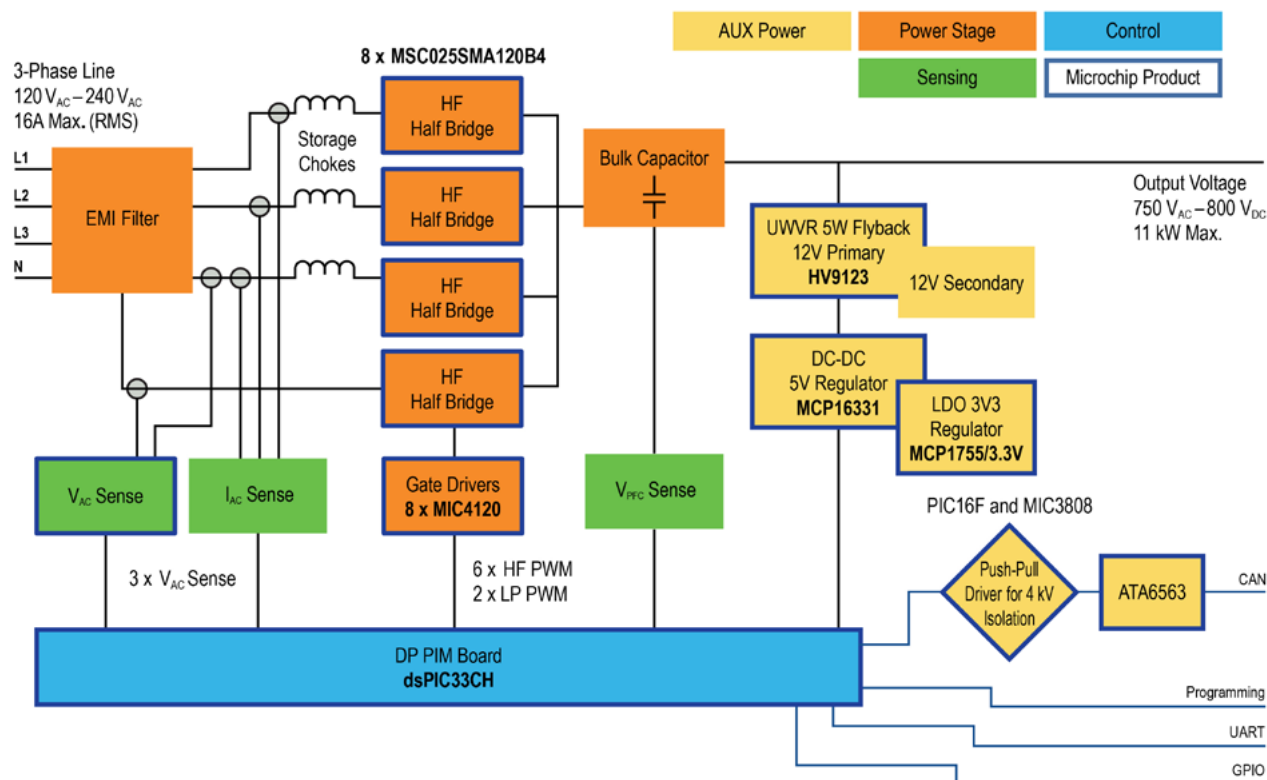
Slika 3: Blok diagram za implementacijo MCP3910 AFE v aplikaciji za merjenje energije

vklučno z integriranimi SoC, pristopi z več čipi z uporabo AFE ali izvedbami z diskretnimi komponentami. Na vrhu verige bo nekaj podobnega kot ATSAM4CM vključevalo dvojedni procesor Arm® Cortex®-M4, kombiniran z vsemi ustreznimi analognimi vezji za proizvodnjo merilnika porabe energije razreda 0,2 (v bistvu 0,2 % natančna meritev); hkrati pa bo vgrajena kriptografija z javnim ključem, da se vsakomur prepreči vdor v merilnik; obstoječe programske knjižnice za ta SoC lahko pospešijo razvoj izdelka. Če so vse integrirane funkcije potrebne, je to odlična rešitev, ki je v ohišju velikosti 14 mm x 14 mm glede na funkcionalnost, ki jo ponuja.

Vendar pa lahko dobro zasnovano vezje, zasnovano z uporabo samostojnega MCP3910 (analogni sprednji del za merilne aplikacije), proizvede merilnik razreda 0,1 (merilnik z natančnostjo 0,1 %), pri čemer je naprava MCP3910 v znatno manjšem ohišju velikosti 4 mm x 4 mm. Primerjava specifikacij teh dveh naprav: Temperaturni odklon na referenčni vrednosti v čipu AFE je nižji (9 ppm/°C v primerjavi z 10 ppm/°C), ločljivost na ADC je višja (24 bitov namesto 20 bitov), dinamični razpon na ADC je širši (112 dB v primerjavi z 102 dB) in razpon ojačenja na integriranih PGA je širši (do 32x v primerjavi z do 8x). V vseh analognih specifikacijah je namenski AFE čip presegel SoC napravo. To seveda ni poštena primerjava, saj bi samostojni AFE potreboval dodatni mikrokontroler, da bi se ujemal z zmogljivostmi v SoC, rešitev z več čipi pa ima nekaj dodatnih zahtev na ravni plošče, ki jih SoC ne bi imel (kot je varnostna implementacija). Čeprav je morda manj natančen, bodo nekatere aplikacije popolnoma zadovoljne z analognimi zmogljivostmi SoC-a, pri čemer lahko enostavnost, ki jo zagotavlja integracija, odtehta kakršno koli izboljšanje zmogljivosti namenske analogne AFE.

Diskretne rešitve – kadar ni AFE

Poleg teh kompromisov pri integraciji obstaja tudi veliko aplikacij, ki izkoriščajo ali zahtevajo popolnoma diskretne rešitve za obdelavo signalov. Eden od primerov je vezje za polnjenje na vozilu (OBC). To je pogost modul v električnih vozilih, ki črpa energijo iz tipične 120- ali 230-voltne izmenične napetosti in jo pretvarja v enosmerno napetost za polnjenje akumulatorja. Ta modul je ločen od polnilne postaje (hitre polnilne postaje), ki neposredno oskrbuje akumulatorjevo polnilno vezje z enosmerno napetostjo, in ima manjšo moč, vendar kljub temu tipični modul pretvarja več kot 10 kW izmenične napetosti v izhodno enosmerno napetost ~800 V. Včasih je celo zaželeno ustvariti OBC module, ki so sposobni dvosmerne pretvorbe energije, tako da se energija akumulatorja lahko uporabi za zagotavljanje izmenične energije nazaj v stanovanje, kar znatno zaplete pretvorbo energije. Vhodna izmenična napetost in napetost akumulatorja morata biti ustrezno ločeni druga od druge in tudi od vsega drugega. Vendar pa krmilnik potrebuje meritve teh analognih signalov, da lahko zagotovi regulirane izhodne signale. Vhodno napetost, izhodno napetost, tok in temperaturo je treba izmeriti, senzori pa morajo biti galvan-sko izolirani. V primeru Microchip referenčnega modela za to aplikacijo obstaja merilni krog, ki uporablja uporabne delilnike in ojačevalnike za pripravo napetosti signala za DSP na fizično ločeni plošči od drugih krmilnih vezij, optično ločeni izolatorji pa se uporabljajo za digitalno komunikacijo med merilno ploščo in krmilnimi vezji. Tudi vezje za merjenje toka je na drugem mestu, neposredno v tokovni poti na glavni vezalni plošči. Tudi komunikacija iz modula je izvedena z izoliranim CAN-busom.



Slika 4: Blok shema PFC stopnje za vgrajeni sistem polnjenja

V tej aplikaciji bi bilo zelo težko izdelati AFE za obdelavo tega signala: napetosti so dovolj visoke, da zahtevajo fizično ločitev, izolacijsko zmogljivost pa je težko integrirati.

Povzetek

V polprevodniški industriji nedvomno obstaja trend povečevanja stopnje integracije. Za mnoge aplikacije so SoC rešitve lahko stroškovno učinkovite ali enostavne za načrtovanje. V drugih primerih lahko sistemski razvijalci raje uporabijo diskretne komponente in obdelujejo vsak signal na vsaki stopnji

po celotni plošči. Med tema dvema skrajnostima lahko mnoge aplikacije uporabljajo implementacije na osnovi AFE, ki ponujajo ravnovesje med zmogljivostjo, velikostjo in prilagodljivostjo.

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>



POSEBNA PONUDBA

Ob nakupu knjige vam pripada

BREZPLAČNA POŠTNINA

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

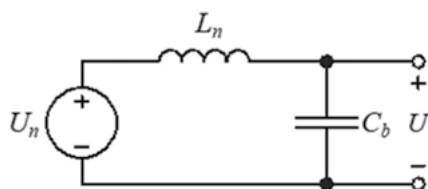
Blokirni kondenzatorji (2. del)

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

Avtor: Izr. prof. dr. Marko Jankovec

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

V prvem delu epa o blokirnih kondenzatorjih smo si pogledali osnovno načelo blokiranja napajanja, ki je zniževanje impedance napajalnega vira za čipe, ki iz napajanja vlečejo visokofrekvenčne tokove.



Slika 1: Paralelni nihajni krog, ki ga sestavljata induktivnost napajalne linije L_n in kapacitivnost blokirnega kondenzatorja C_b .

Ker je frekvenčna vsebina teh tokov dokaj široka in pri kompleksnejših čipih tudi nedoločena, moramo zagotavljati nizko impedanco v širokem območju frekvenc od enosmerne do maksimalne prisotne frekvence. Ugotovili smo, da se napajalne linije skupaj z napetostnimi viri obnašajo kot induktivnosti, ki ob dodajanju blokirnih kondenzatorjev skupaj tvorijo paralelni nihajni krog. Kaj to pomeni v praksi? Beseda nihajni krog asociira nihanje, nihanje s frekvencami, to pa ponavadi v EMC svetu ne zveni blagodejno. In paralelni nihajni krogi so še posebej zlovesči v napajanjih. Zakaj?

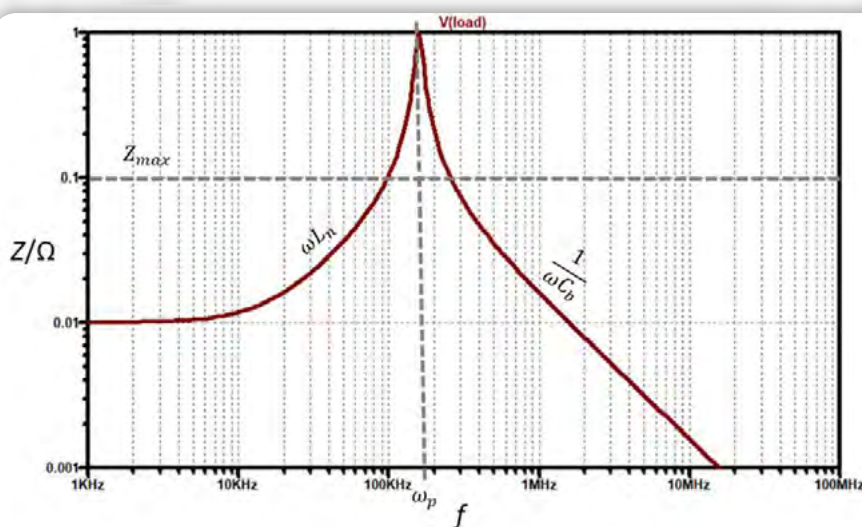
Spomnimo se zadnjega dejanja prejšnjega prispevka. Na sliki 1 je prikazan paralelni nihajni krog, ki ga sestavljata induktivnost napajalne linije L_n in kapacitivnost blokirnega kondenzatorja C_b . Paralelna vezava sicer ni zelo očitna, ampak če vezje pogledamo iz strani čipa na izhodu proti levi in pri tem upoštevamo, da napajalni vir U_n za izmenične signale predstavlja kratek stik, potem se naenkrat tuljava pojavi vezana vzporedno s kondenzatorjem.

Potek impedance takega nihajnega kroga je prikazan na sliki 2. Resonančna frekvenca je določena kot F_0 .

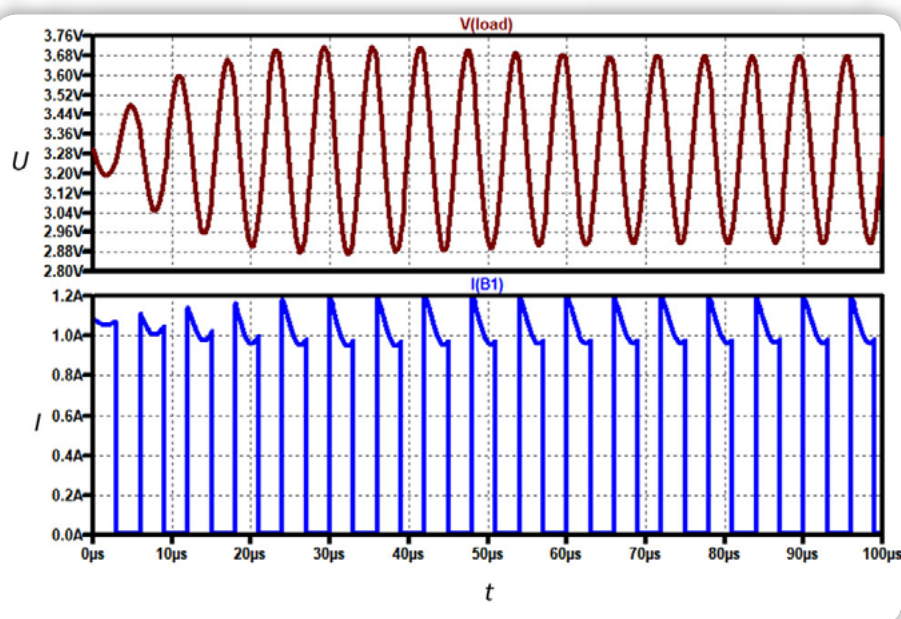
$$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{L_n C_b}}$$

Če se slučajno frekvenca motilnega napajalnega toka pojavi v območju resonančne frekvence, bo napajalna napetost zanihala z visoko amplitudo, kot je to razvidno iz slike 3.

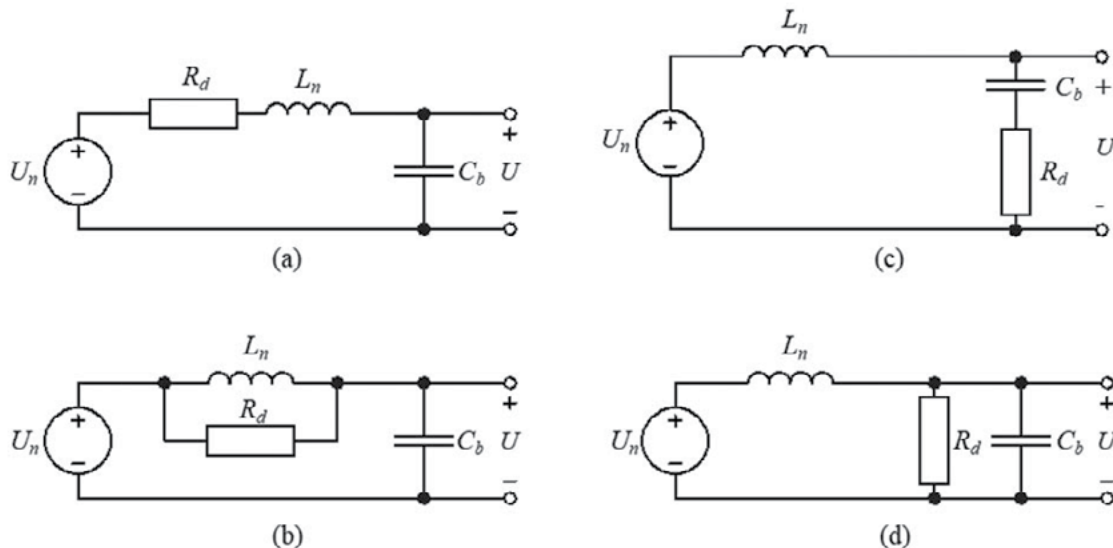
Idealni paralelni nihajni krog ima v svoji resonanci neskončno impedanco, v praksi seveda je le ta omejena s kvaliteto nihajnega kroga. Ta pa je odvisna od kvalitete elementov. Tu-



Slika 2: Impedanca paralelnega nihajnega kroga, ki izkazuje kvalitetno resonanco med induktivnostjo napajalne linije in kapacitivnostjo blokirnega kondenzatorja.

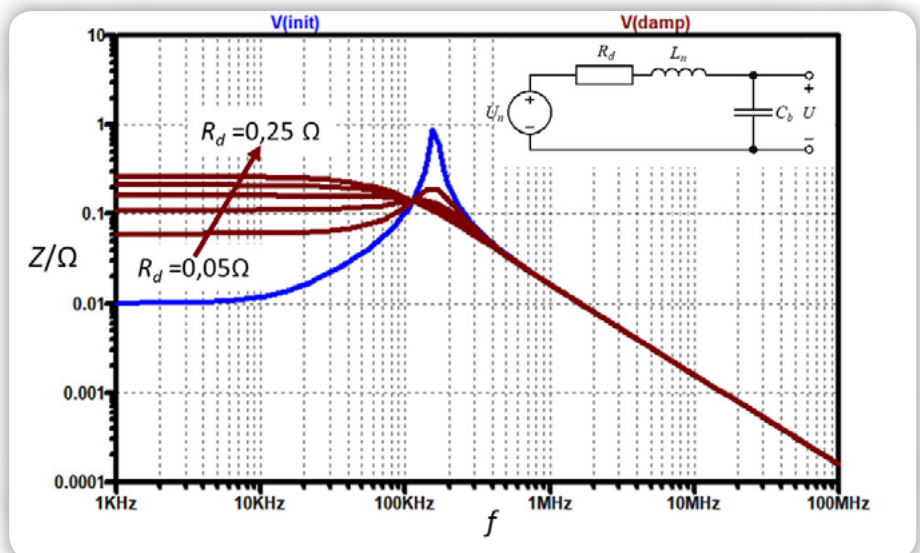


Slika 3: Nihanje napajalne napetosti (zgoraj), če je frekvenca napajalnega toka čipa (spodaj) blizu paralelne resonančne frekvence napajalnega nihajnega kroga.



Slika 4: Dodajanje dušilnega upora R_d za dušenje resonance paralelnega nihajnega kroga, ki ga sestavljata napajalna induktivnost L_n in blokirni kondenzator C_b .

kaj pa se začne paradoks: induktivnost nam predstavljajo povezave - linije na tiskanem vezju, ki so v svojem bistvu zračne tuljave, ki slovijo po svoji kvaliteti. Tudi kondenzatorji morajo biti dokaj kvalitetni, saj morajo zagotavljati nizko impedanco napajanja, kar pa lahko dosežemo samo, če izbiramo kondenzatorje z nizkimi parazitnimi vrednostmi, kot sta serijska induktivnost in upornost. Skratka, če želimo kvalitetno napajanje, moramo uporabiti kvalitetne elemente, kar pa vodi v kvaliteten nihajni krog, česar pa ne želimo. Kaj storiti ubogemu elektroniku, ki se znajde v takem precepu? Odgovor je dokaj na dlani: V nihajni krog je potrebno vnesti dušenje, ki bo znižalo impedanco v resonanci, na ostale frekvenčna področja pa ne bo vplivalo.



Slika 5: Dušenje resonance pri serijski vezavi upora R_d s tuljavo L_n .

Dušenje nihajnega kroga izvedemo z dodajanjem izgub, ki trošijo energijo nihanja. Tako kot amortizer v avtomobilskem vzmetenju poskrbi, da absorbira energijo nihanja avta na cesti, ko zapeljemo čez razpoko, tako v vezjih za trošenje energije lahko uporabljamo dodatni dušilni upor R_d . Dodamo ga lahko na več načinov in sicer serijsko in paralelno vezanega s tuljavo ali pa s kondenzatorjem, kot je prikazano na sliki 4:

Pri zaporedni vezavi upora k tuljavi ali kondenzatorju dosežemo kritično dušenje nihajnega kroga, če izberemo vrednost upora glede na enačbo 1 (F1)

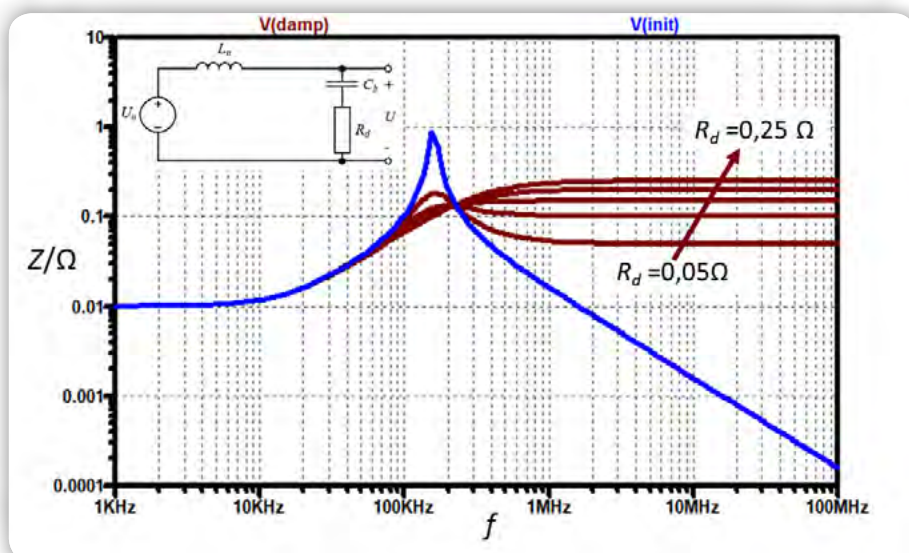
$$R_d = 2 \sqrt{\frac{L_n}{C_d}} = 2 \sqrt{\frac{100nH}{10\mu F}} = 0,2\Omega$$

pri vzporedni vezavi pa podobno glede na enačbo 2 (F2)

$$R_d = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L_n}{C_d}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{100nH}{10\mu F}} = 0,05\Omega$$

V obeh primerih je vrednost upora nizka. Poglejmo si, kaj to pomeni v vseh štirih primerih vezave.

Najprej izločimo nesmisle in sicer vezava b bi pomenila, da bi vzporedno z napajalno linijo povezali upornost z zelo nizko vrednostjo, kar v praksi ni mogoče izvesti. Vezava d pa ima nizko upornost vezano vzporedno z napajanjem, kar bi pomenilo enormno porabo toka med napajanjem in maso. Tako nam za analizo preostaneta še obe serijski vezavi.



Slika 6: Dušenje resonance pri serijski vezavi upora R_d s kondenzatorjem C_b

Pri serijski vezavi upora s tuljavo (primer a) dobimo naslednjo sliko impedance, gledano s strani čipa proti levi (slika 5).

Vidimo lahko, da z dodajanjem serijske upornosti povečujemo impedanco napajanja pri nizkih frekvencah. Če izberemo izračunano kritično upornost $0,2 \Omega$ glede na enačbo, potem je dosežena impedanca višja od želene maksimalne $0,1 \Omega$. V našem primeru lahko izberemo tudi $R_d = 0,1 \Omega$ in bo prenehaj impedance v resonanci še vedno majhen. A problem se pojavi drugje in sicer, prek upora R_d teče ves napajalni tok. To pa v primeru večjih napajalnih tokov ne more biti v redu. Zato se tak način dušenja resonance uporablja zgolj v primeru, ko so napajalni tokovi majhni – npr. za filtriranje napajanja analognih (operacijskih) ojačevalnikov.

Pri serijski vezavi upora s kondenzatorjem (primer c) dobimo naslednjo sliko impedance, gledano s strani čipa proti levi (slika 6).

Tukaj pa vrednost upornosti R_d zvišuje impedanco napajanja pri visokih frekvencah, saj se prišteva k impedanci kondenzatorja, ki z višanjem frekvence upada. In tudi tukaj nam maksimalno zadano impedanco napajanja zagotavlja vrednost upora $R_d = 0,1 \Omega$, ki je tukaj na srečo dokaj blizu upornosti kritičnega dušenja $0,2 \Omega$.

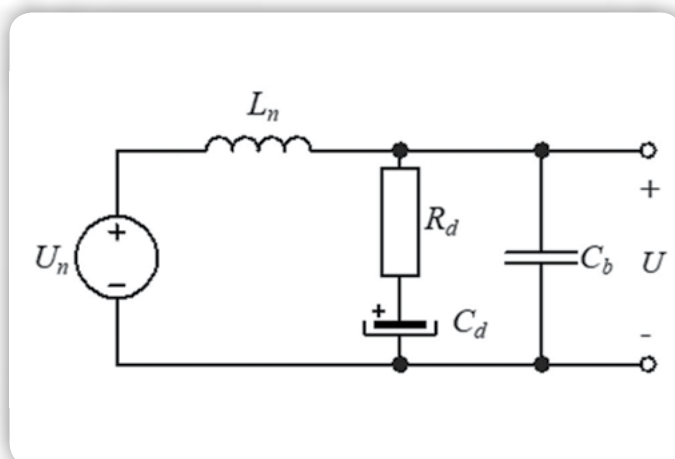
Dokaj očitno je, da noben od zgornjih štirih primerov ne nudi idealnega dušenja nihajnega kroga ne da bi vplival na impedanco napajanja v širšem frekvenčnem področju.

Na srečo imamo še eno možnost in ker je še nekaj prostora, ne bo treba čakati na naslednjo številko revije.

Izvedbo dušenja d na sliki 4, ki smo jo sicer odpisali kot neprijetno zaradi visoke tokovne porabe, lahko nadgradimo. Paralelna vezava dušilnega upora je iz stališča vpliva na impedanco napajanja v širokem frekvenčnem pasu zelo ugodna, saj impedanco znižuje. Le poraba toka je problematična. To pa lahko odpravimo tako, da zaporedno z dušilnim uporom povežemo kondenzator, kot prikazuje slika 7.

Vprašanje seveda je, kako določiti vrednosti dodanega dušilnega kondenzatorja C_d in upora R_d ? Prenizka vrednost kondenzatorja C_d bo povzročila, da upornost R_d ne bo še učinkovala pri paralelni resonančni frekvenci. Izkuštevno pravilo pravi, da naj bo kapacitivnost C_d vsa $16\times$ višja od kapacitivnosti blokirnega kondenzatorja C_b . Kaj pa vrednost upora R_d ? Tukaj pa je razmislek nekoliko daljši in sicer prenizka vrednost R_d bi pomenila, da damo k obstoječemu kondenzatorju C_b še en visokokvaliteten kondenzator, s čimer bomo zgolj premaknili resonanco k nižjim frekvencam. Če pa je vrednost R_d previsoka, potem pa dušenje glede na enačbo ne bo učinkovito. Izkaže se, da se optimalna vrednost dušilnega upora giblje med (glej F3).

$$2 \sqrt{\frac{L_n}{C_d}} < R_d < \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L_n}{C_b}}$$



Slika 7: Dodajanje dušilnega upora in kondenzatorja R_d in C_d za dušenje resonance paralelnega nihajnega kroga.

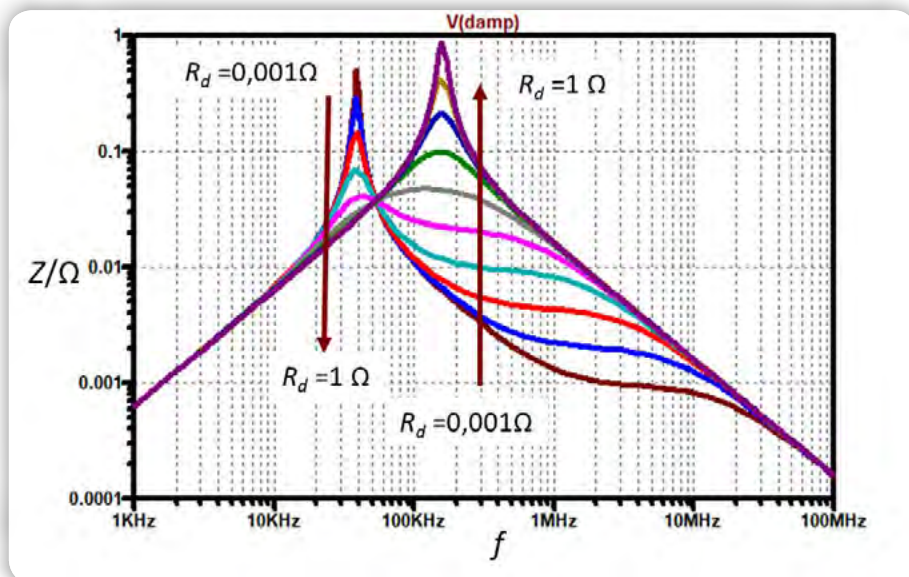
RAČUNALNIŠKE NOVICE
bralcem revije
SVET ELEKTRONIKE
ponujajo POSEBNO
PONUDBO!

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

Navedete geslo
SVET ELEKTRONIKE.

**12 številka
BREZPLAČNO**

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



Slika 8: Dušenje resonance pri serijski vezavi različnih vrednosti upora R_d s kondenzatorjem C_d . Siva črta prikazuje impedanco pri optimalni vrednosti upora $0,05 \Omega$.

V našem primeru izberemo $C_d = 160 \mu\text{F}$ in $R_d = 0,05 \Omega$. Na sliki 8 je prikazana impedanca napajanja s strani čipa pri različnih vrednostih dušilnega upora R_d , kjer se lepo vidi premik resonance pri zelo nizkih vrednostih R_d in izraženost osnovne resonance pri visokih vrednostih R_d .

Vmes se nahaja optimum (siva črta), ki predstavlja končno izvedbo blokiranja napajanja z dušilnim uporom, ki ima najnižjo možno impedanco v celotnem frekvenčnem območju z minimalno izraženo resonanco, ki je še vedno pod mejo zgornje vrednosti želene impedance napajanja.

V praksi se za blokirne kondenzatorje uporabljajo keramični kondenzatorji, ki so pretežno visoke kvalitete z nizko serijsko upornostjo. Dušilni kondenzator pa je lahko zaradi višje kapacitivnosti lahko tudi elektrolitski ali tantalov in kot tak ima že sam po sebi višjo notranjo serijsko upornost, če imamo srečo celo tako, kot je optimalna upornost R_d . V tem primeru dodatna upornost ni potrebna.

Če povzamem, potrebujemo dober kondenzator za znižanje impedance pri visokih frekvencah in slab velik kondenzator za dušenje paralelne resonance. In na srečo imamo oboje na voljo.

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



Nova knjiga za PROGRAMERJE

KUPI ZDAJ!

Python in MikroPython

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

Python in MikroPython sta popularna programska jezika med nadobudnimi mladimi programerji. Kako programiramo? Zakaj je lažje kot v C# in C++? Zakaj je Raspberry Pi 5/500/500+ z operacijskim sistemom Raspberry Pi Trixie odličen za preizkušanje umetne inteligence?

Python je konec osemdesetih let preteklega stoletja Guido van Rossum začel razvijati na osnovi programskega jezika ABC. Njegova popularnost pa je pripomogla k temu, da smo leta 2008 dobili že njegovo tretjo različico Python 3, ki jo danes poleg starejše Python 2 iz leta 2000, poganjajo skoraj vsi računalniki z Linuxom, v Windows 10 in 11 pa ju moramo namestiti posebej. Od letos (2026) Python Software Foundation, v skladu s petletnim razvojnim ciklom, zagotavlja popravke različic 3.10, 3.11, 3.12, 3.13 in 3.14, medtem ko jih za starejše različice ni.

Od leta 2003 je Python na lestvici TIOBE Programming Community Index (en.wikipedia.org/wiki/TIOBE_Programming_Community_Index) vselej uvrščen med deset najbolj popularnih programskih jezikov, kot prvi programski jezik pa ga poučujejo tudi na številnih šolah in fakultetah.

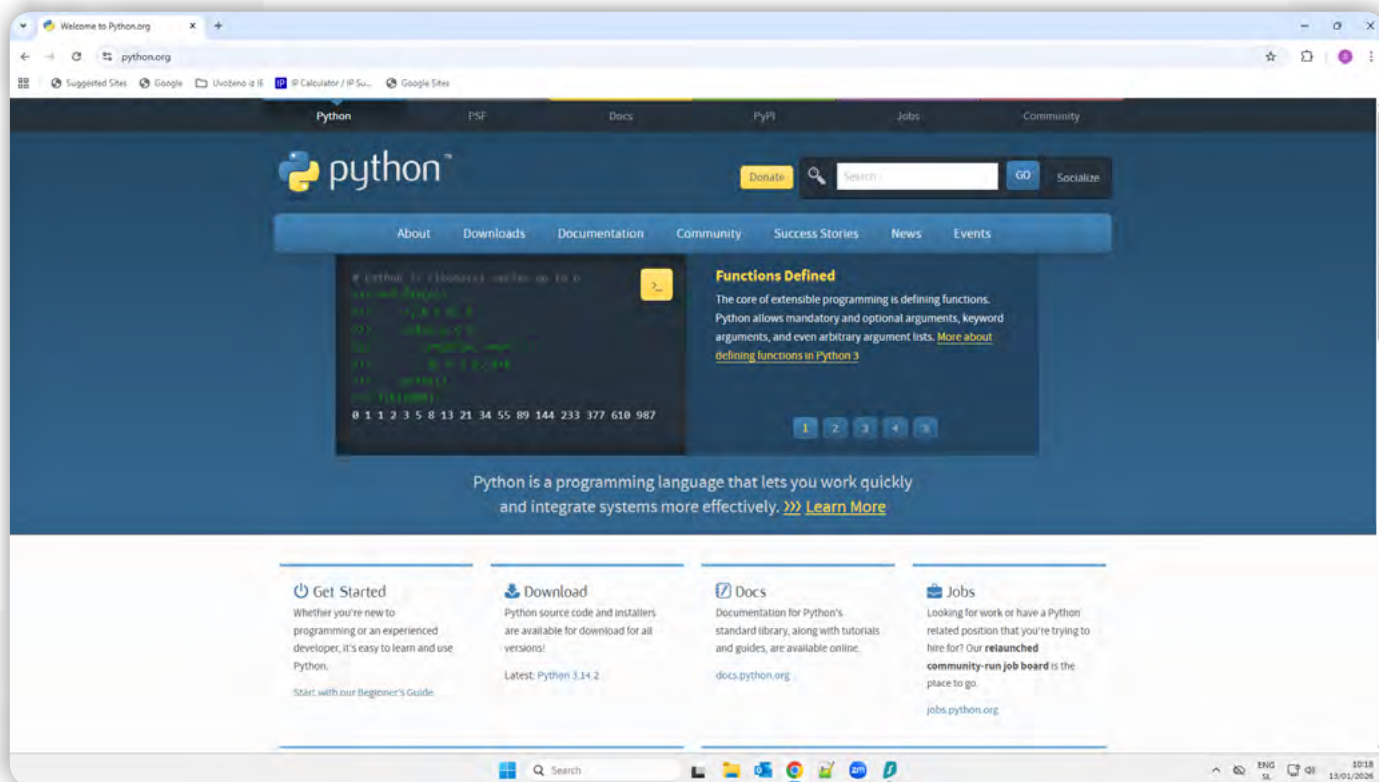
Kaj sta Python in MikroPython?

Python je splošno-namenski visoko-nivojski programski jezik, ki poudarja enostavno berljivost in razumljivost programske kode, pri čemer namesto oklepajev za določanje podrednosti

zaporedij ukazov (npr. ukazi znotraj programske zanke) uporablja zamikanje programskih vrstic. Dinamično določa podatkovne tipe programskih konstant in spremenljivk, obenem pa zanje tudi samostojno rezervira prostor v pomnilniku; oziroma slednjega samodejno sprosti, ko spremenljivke v programu niso več potrebne. Omogoča tudi tvorbo različnih programskih elementov, med katerimi so: strukture, objekti in funkcije. Zato v tem pogledu prav nič ne zaostaja za drugimi visoko-nivojskimi objektnimi programskimi jeziki, kot sta C++ in C#. Strukturno in objektno programiranje sta v celoti podprta, ob čemer lahko v Python integriramo tudi programske objekte in strukture, napisane v drugih programskih jezikih.

MikroPython je večinoma združljiv s Pythonom 3, njegova izvorna koda pa je napisana v programskem jeziku C. Optimiziran je za delovanje v mikrokontrolerjih, zaradi česar porabi veliko manj sistemskih sredstev od običajne različice, predvsem manj procesorskih in pomnilniških zmogljivosti.

Sestavljata ga prevajalnik programske kode v bajtni zapis ter interpretor tega zapisa, ki strogo zaporedno izvaja program vsakokrat, ko ga zaženemo. Vključuje tudi ključne Pythonove programske knjižnice in dodatne module, s katerimi lahko



Slika 1: Python.org, spletna stran, kjer najdemo namestitvene datoteke in podrobna navodila.



Slika 2: Raspberry Pi 5 z nameščenim klobukom Raspberry Pi AI HAT+ 2.

programer upravlja strojno opremo (oziroma funkcijske enote mikrokontrolerja) na najnižjem nivoju. MicroPython omogoča tudi uporabo vrinjenih zaporedij ukazov v zbirniku (angl. inline assembler), s pomočjo katerih lahko zagotovimo hitro delovanje performančno kritičnih delov programske kode. Vendar se moramo pri tem zavedati, da s tem lahko izgubimo prenosljivost programske kode na druge mikrokontrolerje.

Povejmo še, da je MicroPython leta 2013 ustvaril avstralski programer Damien George s podporo Kickstarterja. Prva različica se delovala na STM32F4 mikrokontrolerjih na razvojni plošči imenovani Pyboard. Nadaljnji razvoj MicroPythona od leta 2016 naprej je prinesel širšo podporo razvojnim ploščam in mikrokontrolerjem z ARM arhitekturo, med drugim tudi tistim na

osnovi Raspberry Pijevega RP2040 mikrokontrolerja, Espressif Systemsovih ESP8266 in ESP32 modulov, Microchipovih razvojnih plošč z mikrokontrolerji SAMD21 in SAMD51 ter celo namenskih LEGO Mindstorms EV3 krmilnikov.

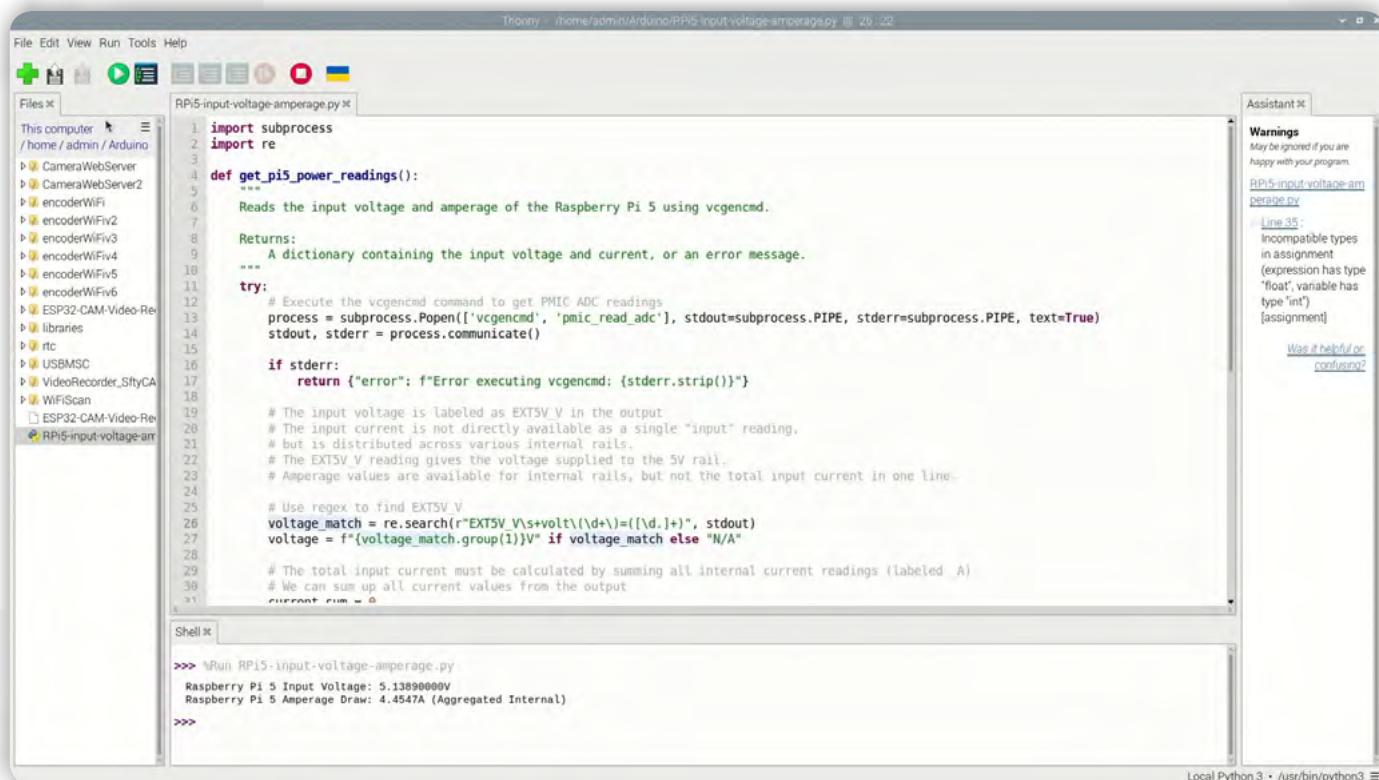
MikroPython je od leta 2017 podprt tudi za nekatere mikrokontrolerje in razvojne plošče z arhitekturo RISC-V (RISC-V32 in RISC-V64). Naj bo za prvo nadaljevanje teorije dovolj! Raje se lotimo programiranja!

Kako začeti?

Najprej potrebujemo razvojno okolje. Če uporabimo v SE347 predstavljeni Raspberry Pi 500+ ali katerega od drugih modelov Raspberry Pi z nameščenim operacijskim sistemom Raspberry Pi OS (Trixie), med programskimi orodji takoj opazimo priljubljeno razvojno okolje Thonny. Če Thonny iz kateregakoli vzroka ni nameščen, ga lahko namestimo s preprostim ukazom sudo apt install -y Thonny. Brezplačni Thonny lahko namestimo tudi v računalnike z Windows, tako da namestitven datoteko prenesemo iz spletne strani thonny.org.

Pri pisanju preprostih programov si lahko pomagamo tudi z Google AI mode, ChatGPT, Microsoft Copilotom ali katerim drugim javno dostopnim velikim jezikovnim modelom (LLM), ki lahko pripravi programsko kodo.

Mi smo namesto tega za začetek uporabili kar Raspberry Pi 5 z 8 GB RAM z nameščenim najnovejšim klobukom Raspberry Pi AI HAT+ 2 s kar 8 GB vgrajenega RAM za podporo delovanju modula Hailo-10H, na katerega smo najprej namestili qwen2:1.5b LLM model. Nakar smo mu zastavili naslednje



Slika 3: Razvojno okolje Thonny za aplikacije v Pythonu in MicroPythonu.

vprašanje: »Write a program in Python3 that prints ASCII alphabet« (slov. Napiši program v Pythonu3, ki izpiše ASCII abecedo) in dobili naslednji odgovor (pravilno zamikanje programskih vrstic je pri Pythonu izredno pomembno):

```
for letter in range(97, 104):
    print(chr(letter), end='')
```

Program v Thonnyju sicer deluje, a ne povsem pravilno, saj se izpiše le znakovni niz »abcdefg«. Za pravilno delovanje moramo vrednost druge konstante (104) spremeniti na vrednost 122. Vprašanje smo qwen2:1.5b LLM modelu zastavili tudi v slovenščini, vendar je bilo očitno, da je vprašanje razumel napačno.

Čeprav je Raspberry Pi AI HAT+2 lahko v veliko pomoč pri učenju česar koli, je njegova cena primerljiva s ceno Raspberry Pi 5 s 16 GB RAM. Če imamo na voljo stalno hitro povezavo z internetom, lahko namesto njega uporabimo tudi zmogljivejši Google AI mode. Kot kaže, jezik pri tem ni ovira, saj zna na primer Google AI mode dovolj dobro prevajati med skoraj vsemi svetovnimi jeziki, da med prevodi stavki ne spremenijo smisla.

Google AI mode smo zato vprašanje zastavili kar v slovenščini: »Napiši program v Pythonu3, ki izdelava tabelo z desetimi vrednostmi in omogoči ročni vnos poljubne od teh vrednosti.«. Poglejmo odgovor:

```
def vnesi_deset_vrednosti():
    » « «
```

Zahteva od uporabnika vnos desetih vrednosti in jih shrani v seznam.

```
» « «
# Inicializacija praznega seznama (tabele)
vrednosti = []
stevilo_vrednosti = 10

print(f«Prosim, vnesite {stevilo_vrednosti} vrednosti:«)

# Zanka se izvede 10-krat (od indeksa 0 do 9)
for i in range(stevilo_vrednosti):
    # Uporabnika pozove k vnosu
    # Uporabimo f-string za prikaz številke trenutnega vnosa (i + 1)
    vnos = input(f«Vrednost številka {i + 1}: »)

    # Dodamo vneseno vrednost na konec seznama
    vrednosti.append(vnos)

print(»\nUspešno ste vnesli vse vrednosti.«)
print(»Tukaj je končni seznam/tabela:«)
return vrednosti

# Glavni del programa, ki kliče funkcijo in prikaže rezultat
if __name__ == »__main__«:
```

```
tabela_vrednosti = vnesi_deset_vrednosti()
print(tabela_vrednosti)
```

Odgovor je skoraj uporaben program, za katerim nam ni treba brskati po spletu, ampak ga Google AI mode izdelava po naših navodilih. Poleg so tudi navodila, kako ga lahko uporabimo, oziroma kako ga lahko shranimo v izvedljivo datoteko, ki jo lahko poljubno-krat zaženemo.

Kljub temu moramo v programu sami poiskati napako in jo odpraviti, preden ga lahko uspešno zaženemo. V izpisu programa vidimo, da je Google AI mode naredil napako, ki je v funkcijo print vnesel napačno ime spremenljivke. Pravilno bi bilo: »stevilo_vrednosti«.

Če po odpravi omenjene drobne napake program vnesemo v Thonny, deluje povsem v skladu s pričakovanji. Iz njega se lahko tudi marsikaj naučimo. Denimo, kako v Pythonu3 izdelamo programsko funkcijo in glavni program, kateri ukaz moramo uporabiti za vnos posamezne vrednosti in kako izdelamo tabelo, v kateri hranimo vrednosti.

Kot vidimo, je pri Python3 izredno pomembno zamikanje programskih vrstic, medtem ko lahko v marsikaterem drugem programskem jeziku, kot so Pascal, C, C# in C++, celoten program s pomočjo pravilne rabe oklepajev zapišemo v eni vrstici. Pri Pythonu oklepajev za definiranje osnovne programske strukture ne potrebujemo.

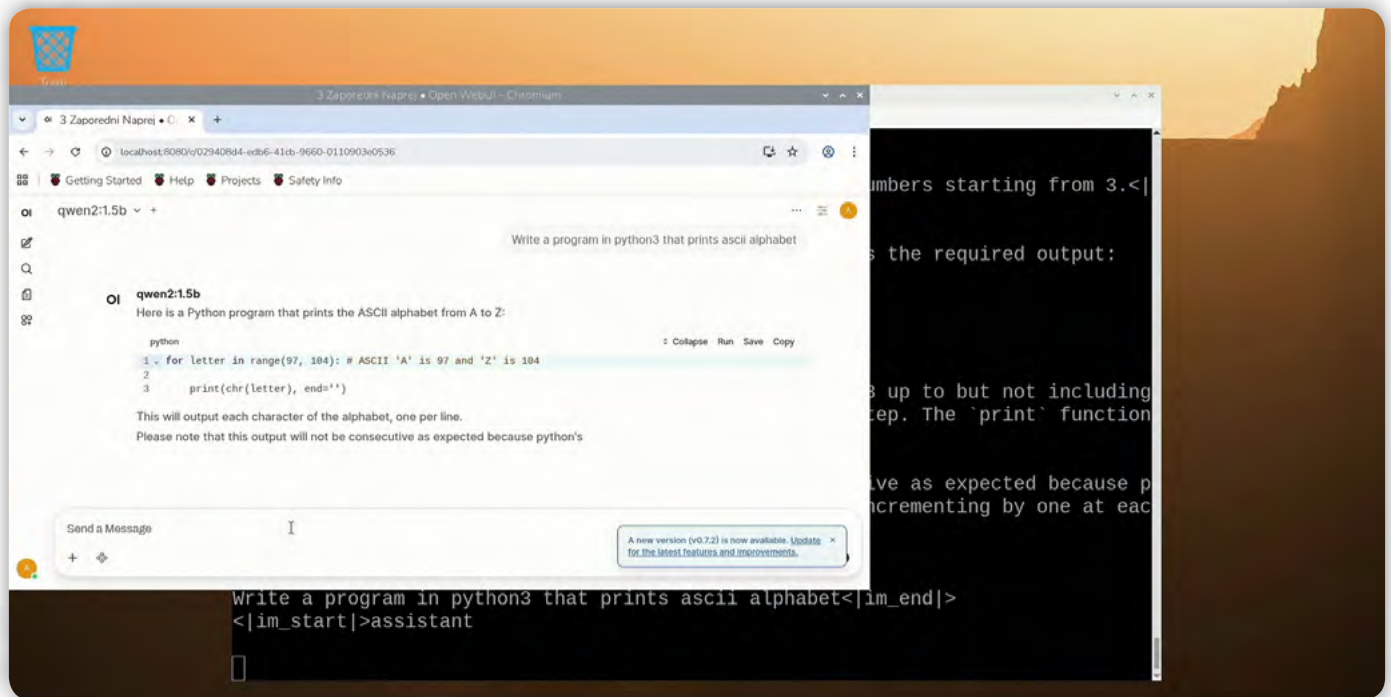
Upravljanje tipkovnice

Zdaj se lahko lotimo še upravljanja strojne opreme. Ker smo želeli pripraviti kar se da univerzalen primer, ki bi deloval na čim več računalnikih, smo Google AI mode prosili, naj izdelava program v Pythonu 3, ki na tipkovnici vklopi funkcijo Num lock. Praviloma bi moral delovati na kateremkoli računalniku in ne samo na Raspberry Pi-jih, lahko pa bi se Google AI mode enostavno izgovoril, da tega ne zna narediti, a namesto tega dobimo uporaben primer z navodili za namestitve, ki deluje povsem pravilno:

```
import subprocess
import platform
import time

def vklopi_numlock():
    » « «
    Vklopi funkcijo NumLock na tipkovnici z uporabo orodja numlockx v Linuxu.
    » « «

# Preverimo, ali je sistem Linux (vključno z Raspberry Pi OS)
if platform.system() == »Linux«:
    try:
        # Uporabimo subprocess, da zaženemo ukaz numlockx on
        # Argument 'on' vklopi NumLock, 'off' ga izklopi.
        subprocess.run([»numlockx«, »on«], check=True)
        print(»Uspešno poskusil vklopiti NumLock.«)
```



Slika 4: Raspberry Pi 5 z klobukom Raspberry Pi AI HAT+ 2 je pripravil programsko kodo za izpis ASCII abecede.

```
# Dodamo kratko pavzo, da je učinek viden/
potrjen
time.sleep(1)

except FileNotFoundError:
    print(»NAPAKA: Orodje 'numlockx' ni najdeno.«)
    print(»Prosim, namestite ga z ukazom: sudo
    apt install numlockx«)
except subprocess.CalledProcessError as e:
    print(f»NAPAKA: Ukaz numlockx se ni izvedel
    pravilno. Koda napake: {e.returncode}«)
except Exception as e:
    print(f»Prišlo je do nepričakovane napake:
    {e}«)

else:
    print(f»Ta program deluje samo na sistemih
    Linux/Raspberry Pi OS, ne na {platform.
    system()}.«)
    print(»Za Windows ali macOS bi bila potrebna
    drugačna, specifična rešitev.«)

# Izvedba funkcije
if __name__ == »__main__«:
    vklopi_numlock()
```

Preden lahko program zaženemo, moramo namestiti še ustrezno programsko orodje, katerim lahko upravljamo funkcijo Num lock, kar storimo z ukazom `sudo apt install numlockx`.

Kaj pa Python na klasičnem PC?

Kot klasični PC z arhitekturo ARM64 smo pri testiranju uporabili

Raspberry Pi 500+ z nameščenimi Windows 11 ter Pythonom 3 (zadnja razpoložljiva preizkusna različica 3.15.0a3) in urejevalnikom programske kode zanj. Google AI mode je ob ponovljenem vprašanju, naj izdela program, ki na tipkovnici vklopi funkcijo Num lock, sam ugotovil, da uporabljamo operacijski sistem Windows 11 in ponudil dve možni rešitvi. Pri prvi, ki deluje tudi v drugih operacijskih sistemih, bi morali najprej z dodatnim Python modulom pip namestiti programsko orodje keyboard, druga rešitev pa uporabna le v Windows. Vseeno smo se odločili za slednjo, saj ne zahteva nameščanja dodatne programske opreme. Program:

```
import ctypes
import time

# Konstante za Windows API
VK_NUMLOCK = 0x90
KEYEVENTF_EXTENDEDKEY = 0x1
KEYEVENTF_KEYUP = 0x2

def is_numlock_active():
    »«Preveri, ali je Num Lock vklopljen v Windows.««
    # GetKeyState vrne 1, če je tipka vklopljena (toggle state)
    return ctypes.windll.user32.GetKeyState(VK_NUMLOCK) != 0

def set_numlock_state(state):
    »«Nastavi stanje Num Lock na True (vklopljeno) ali False (izklopljeno).««
    if is_numlock_active() != state:
        print(f»Spreminjam stanje Num Lock na {state}...«)
        # Simulira pritisk in sprostitev tipke Num Lock
        ctypes.windll.user32.keybd_event(VK_
```

```
NUMLOCK, 0x3A, KEYEVENTF_EXTENDEDKEY, 0)
ctypes.windll.user32.keyboard_event(VK_
NUMLOCK, 0x3A, KEYEVENTF_EXTENDEDKEY | KEYE-
VENTF_KEYUP, 0)
time.sleep(0.1) # Daj sistemu čas, da obdela
dogodek
print(»Stanje spremenjeno.«)
else:
print(f«Num Lock je že nastavljen na {sta-
te}.«)

if __name__ == '__main__':
set_numlock_state(True) # Vklupi Num Lock
```

deluje brezhibno in ga lahko seveda uporabimo tudi v PC-ju z arhitekturo x64.

Moč umetne inteligence

Razvoj umetne inteligence nas je pripeljal do točke, ko nam ni potrebno več potrebno vsega programirati. Kljub temu pa moramo znati podati pravilne in smiselne zahteve za tvorbo programske kode ter preverjati izdelane delne rešitve in jih medsebojno povezati v celoto. Če na primer LLM naročimo izdelavo izvirne kode dobro znane računalniške igre Tetris, bomo dobili povezavo na spletno stran, kjer je ta na voljo za izbran programski jezik (v našem primeru Python 3).

Umetna inteligenca bo program dejansko izdelala samo takrat, ko za rešitev našega problema v spletu še ni objavljenih ustreznih rešitev. Obenem opredeli pogoje za izvajanje in pripravi natančna navodila njeno namestitve in poganjanje. Denimo, če zahtevamo izdelavo programske kode za merjenje vhodne napetosti in toka Raspberry Pi 5, moramo imeti pravice uporabe programčka vc-gencmd, ki ga nato Python3 uporabi, da pridobi vrednosti napetosti in toka, ki ju z napis in oznakami vrednosti izpiše na ekran, denimo: »Raspberry Pi 5 Input Voltage: 5.12843893 V«.

Prihodnjič

Tokrat smo si ogledali precej uporabnih primerov v Pythonu 3, ki jih lahko poganjamo tudi v Raspberry Pi Zero, ki je uporaben za gradnjo mobilnih robotov in dronov. Znanje tako brez težav uporabimo tudi v praksi. Prihodnjič se lotimo kompleksnejšega programiranja, kjer bomo združili več funkcionalnosti in krmili strojno logiko.

Vsekakor ne bomo pozabili niti na MicroPython, ki ga bomo poganjali na Raspberry Pi Pico 2 W in ESP32 modulih. Omenimo še, da so v Pythonu 3 napisani tudi primeri programske kode, ki jih lahko uporabljamo za detekcijo in razpoznavanje predmetov v živi slike iz videa ali kamere. O tem več v prihodnjih nadaljevanjih.

<https://pcusbprojects.com>



BIOLOGIJA



ASTRONOMIJA



AUTOMOBILIZEM



RAČUNALNIŠTVO

+ mnoge druge tehnološke in naravoslovne tematike!

življenje in tehnika

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

Naročam revijo ŽIVLJENJE IN TEHNIKA

Letna naročnina: 67 €
Letna naročnina za upokoјence/študente: 60 €
 Polletna naročnina: 34,50 €
 Polletna naročnina za upokoјence/študente: 30,50 €
 Za uveljavitev popusta nam na e-naslov ali po pošti pošljite kopijo upokoјenske kartice ali potrdila o vpisu.

*Ime in priimek:

*Ulica in hišna št.:

*Poštna št.: *Kraj:

*Telefon: E-pošta:

*Datum: *Podpis:

***Izberite knjižno darilo:**
☐ Steve Jobs - Inovacije ☐ Živali iz fimo mase ☐ Šepetalec psom (trda vezava)
☐ Cvetno razkošje iz papirja

Naročnina velja do pisnega preklica. Naročnina bomo poravnali/a po prejemu položnice ali (po želji) e-računa.

*Podatki označeni z zvezdico, so obvezni. S svojim podpisom dovoljuјete Tehniški založbi Slovenije, da vaše podatke hrani v svoji evidenci ter vas redno obvešča o najboljših ponudbah in možnostih za osvoјitev privlačnih nagrad. Vaše podatke bomo hranili, dokler se morda ne boste odločili drugače - kadarkoli lahko pisno ali po telefonu zahtevate, da v roku 15 dneh trajno ali začasno nehamo uporabljati vaše osebne podatke za namen neposrednega trženja. Tehniška založba Slovenije zagotavlja varstvo osebnih podatkov po Zakonu o varstvu osebnih podatkov.

Poštnina plačana po pogodbi št. 88/1/S. Znamke ni potrebna.

Tehniška založba Slovenije
 p.p. 541
 1001 Ljubljana

www.tzs.si
narocila@tzs.si

MODRA ŠTEVILKA
 080 17 90



Preizkušanje nove Arduino Uno Q razvojne plošče, 2. del

Avtor: Brian Millier

E-pošta: bmillier1@gmail.com

V prvem delu tega članka, ki je bil objavljen v decembrski številki revije Svet Elektronike, sem se osredotočil na Arm mikrokontroler STM32U585. To je bilo smiselno, saj je večina mojih izkušenj s strojno in programsko opremo temeljila na 8-bitnih in kasneje 32-bitnih mikrokontrolerjih, ki so bili programirani v jeziku C++ z Arduino IDE.

Menim, da je večina ljudi, ki so razmišljali o nakupu Uno Q, že uporabljala Arduino IDE za programiranje široke palete mikrokontrolerjev, katerih C++ orodja so bila prenesena v Arduino IDE.

Najbolj ekskluzivna lastnost Uno Q pa je štirijedrni sistem na čipu (SOC) Qualcomm QRB2210 Arm Cortex-A53. Ker je Qualcomm nedavno kupil podjetje Arduino, ni presenetljivo, da želijo svoje SOC-produkte začeti vključevati v linijo razvojnih plošč Arduino. Ko MCU ali SOC doseže raven kompleksnosti, ki jo najdemo v večjedrnih napravah Arm Cortex, to običajno pomeni, da postane programiranje v C++ (brez operacijskega sistema) preveč zahtevno. V tem trenutku se v razvojni proces uvede operacijski sistem, kot je Linux.

V drugem delu bom opisal svoje izkušnje pri preučevanju dela Uno Q plošče, ki se nanaša na QRB2210/Linux OS. Namesto da bi ponovil informacije, ki jih lahko najdete v dokumentaciji Arduino/Qualcomm, bom poskusil obravnavati nekatere težave, ki vas lahko zmedejo ali upočasnijo pri začetnem delu s to ploščo.

Uno Q praktični primeri

V 1. delu sem podrobno opisal, kako je paket podpore za Arduino ploščo mikrokontrolerja STM32U585 obdeloval različne periferne funkcije (SPI, UART, I2C itd.). To sem storil z uporabo standardne različice Arduino IDE 2.3.6. To je bilo zelo podobno moji izkušnji z uporabo Arduino 2.3.6 IDE z drugimi mikrokontrolerji. Programiranje STM32U585 MCU je potekalo transparentno v 2.3.6 IDE, čeprav je v tem primeru proces dejansko potekal v Linux SOC Uno Q.

Na plošči Qualcomm QRB2210 SOC teče Linux, programski jezik, ki ga podpira Arduino, pa je Python. Poleg tega uporablja pakete, imenovane Bricks, ki so popolne, samostojne funkcije, ki tečejo v kontejnerjih. Te Bricks lahko pokličemo s programom Python, da izvedejo rutine visoke ravni, ki tečejo asinhrono v ozadju.

Priznam, da je moje glavno programsko ozadje v C++. Z Raspberry Pi sem preživel dovolj časa, da sem se seznanil z Linuxom, vendar Windows je operacijski sistem, ki ga redno uporabljam. Uporabljal sem CircuitPython in MicroPython z nekaj družinami MCU in se malo ukvarjal s programiranjem v Pythonu z uporabo Raspberry Pi, ko je bil ta predstavljen. Z uporabo teh Python implementacij imate na voljo okolje REPL (Read-E-

val-Print Loop). To pomeni, da lahko v ukazno vrstico vnesete Python ukaze/funkcije in takoj vidite rezultate ter sintaktične napake. Ker je to interpretirani jezik, boste ob dejanskem zagonu programske kode na konzoli dobili poročila, ki opisujejo napake v sintaksi itd. To je zelo prijazno do začetnikov, čeprav se Python sintaksa precej razlikuje od C/C++. Razvoj Python na Uno Q poteka z uporabo Arduino App Lab, ki je precej drugačno okolje kot CircuitPython/MicroPython.

Glede na moje omejeno poznavanje jezika Python sem vedel, da bom za začetek verjetno moral preveriti primerne aplikacije, ki jih ponuja Arduino. Pred nakupom plošče Uno Q sem na svoj računalnik namestil Arduino App Lab, v upanju, da bom lahko preveril primere z uporabo App Lab. Na žalost se je Arduino odločil, da bo App Lab zasnoval tako, da ne bo deloval, dokler ne zana plošče Uno Q, povezane z računalnikom prek USB ali WiFi (v omrežnem načinu). Zato nisem mogel pregledati primerov, ki jih ponuja App Lab. Šele veliko kasneje sem na spletni strani z dokumentacijo Uno Q našel neopažen zavihek, ki je vseboval dober opis teh primerov:

- <https://docs.arduino.cc/software/app-lab/tutorials/examples/>



Ti primeri vsebujejo zelo malo aplikacij, ki resno uporabljajo mikrokontroler STM32U585 ali katero koli periferno napravo, priključeno na njegova vhodno-izhodna vrata. Tiste, ki to počnejo, na splošno uporabljajo le 13x8 LED matriko za prikaz ikon. Primer bi bil prikaz kakovosti zraka kot dobra ali slaba.

Večina primerov vključuje rutine na relativno visokem nivoju, ki:

- Pridobijo podatke z zunanje spletne strani ali iz Arduino oblaka in jih prikažejo na 13x8 LED matriki ali prek spletnega strežnika.
- Sprejmejo in obdelajo signale iz USB naprave (USB kamera, USB mikrofoni) in/ali pošljejo zvok v USB zvočnik/slušalke.
- Uporabljajo strojno učenje za razvrščanje zvokov/predmetov, ki jih zagotavlja USB mikrofoni/USB kamera ali so naloženi iz datoteke, s pomočjo spletne nadzorne plošče.

Vsa interakcija med Linux SOC in STM32U585 se obdeluje v programski opremi z uporabo oddaljenih postopkovnih klicev (angl. Remote Procedure Calls - RPC). O tem bom govoril v kasnejšem poglavju. V nadaljevanju bom opisal svoje izkušnje

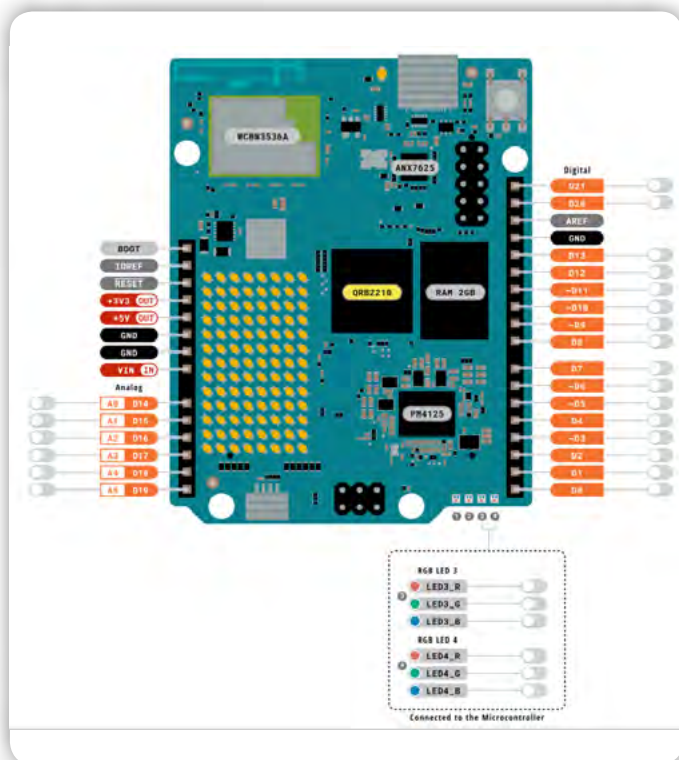
z nekaterimi od 24 primerov aplikacij, ki so trenutno na voljo. Nekatere uporabljajo zunanje USB naprave, ki sem jih imel na voljo ali sem jih kupil. Upoštevajte, da so te primerne aplikacije vgrajene že v tovarni, kot del Linux slike. Opazil sem, da je po posodobitvah programa App Lab na voljo več primerov. Z uporabo datotečnega upravitelja Thunar, ki se nahaja na namizju Debian Linux Uno Q, nisem našel nobenih znakov map, ki bi vsebovale te primere – zdi se, da so dobro skrite.

Upoštevajte, da so vsi primeri primerni samo za branje. Nekateri se bodo izvedli neposredno, v nekaterih primerih pa morate narediti kopijo primera in izpolniti nekatere podrobnosti, kot so vaše mesto, dostopni žetoni itd.

V App Labu, v zgornjem desnem kotu, je ikona, ki naredi kopijo katerega koli trenutno naloženega primera. Če to storite, lahko kopijo primera najdete v mapi Home/Arduino/ArduinoApps, skupaj z vsemi programi, ki jih ustvarite od začetka. Želel sem prikazati zaslonsko sliko hierarhije map Uno Q, kot je prikazana v Thunarju. Vendar je privzeta bližnjica za zaslonske slike v Debianu (tipka PrtSc) prikazala le sporočilo, da zahtevani pomožni program ni prisoten. V nadaljevanju je 10 primerov, ki sem jih preveril.

Uno Q vklop/izklop priključka

Ta primer ne zahteva zunanje strojne opreme in je bil prvi, ki sem ga preizkusil. Program uporablja web_ui Brick za ustvarjanje nadzorne plošče, ki jo lahko ogledate v svojem spletnem brskalniku. Slika 1 prikazuje to nadzorno ploščo. Slika plošče je enaka tisti, ki je uporabljena v dokumentaciji Uno Q, ki prikazuje razpored priključkov plošče. Poleg tega se za polnjenje



Slika 1: Nadzorna plošča

preklopnih stikal ob vsakem GPIO priključku (komaj vidnih v svetlo sivi barvi) uporablja javascript. Ko spremenite položaj enega od teh stikal, se na mikrokontroler STM32U585 Arm pošlje sporočilo RPC, ki vsebuje oznako pinov Arduina in vrednost true/false.

STM32U585 Arm MCU razčleni to RPC sporočilo in zapiše ustrezno vrednost na pravi priključek, pri čemer uporabi digitalWrite(pinName, value). Ta primer vam ponuja idejo, kako uporabiti funkcijo RPC za prenos preprostih spremenljivk med dvema procesorjema na plošči Uno Q. Ta primer sem uporabil skupaj s svojim obsegom, da sem določil časovni overhead klica RPC, kot je uporabljen tukaj. To bom podrobneje razložil kasneje v članku.

Ko ta program zaženete iz App Lab v načinu SBC, program App Lab nekako ve, da je potreben spletni brskalnik, in samodejno zažene brskalnik Chrome na Uno Q z navedenim pravilnim URL-jem, ki prikaže to nadzorno ploščo. Če ga zaženete v načinu omrežja, se bo v spletnem brskalniku vašega računalnika odprl nov zavihek in prikazala se bo ista nadzorna plošča. Poleg tega lahko v načinu SBC tako brskalnik Chrome na Uno Q, kot brskalnik na vašem računalniku, hkrati prikazujeta in upravljata to nadzorno ploščo. To je resnično impresivno!

Detektor programa

To je čitalnik črtnih in QR kod, ki uporablja priključeno USB kamero. Kar sem imel na voljo, ni bilo ravno idealno – je bil USB mikroskop, vendar je deloval brez težav. Ta kamera se prikaže, če vnesete lsusb v ukazno okno – mojo je prikazalo kot Vimicro USB 2.0 UVC PC Camera. Ta primer vključuje tudi spletni strežnik, ki prikazuje sliko, ki jo trenutno zajema kamera. Ugotovil sem, da je hitrost snemanja precej počasna – ocenil bi, da je le 5 slik na sekundo. Ugotovil sem tudi, da je po tem, ko sem umaknil roko iz vidnega polja kamere, minilo približno 1–2 sekundi, preden je izginila iz okna brskalnika, ki prikazuje sliko. Obstaja tipka za začetek skeniranja črtne/QR kode. Ugotovil sem, da prvo QR kodo skenira brez težav in jo doda na seznam zaznanih kod. Vendar pa se večinoma, čeprav se slika kamere še naprej osvežuje, tipka za skeniranje ne prikaže ponovno. Če sem vstavil drugo QR-kodo, jo je včasih zaznal samodejno, vendar pogosto tega ni storil, ampak je samo nadaljeval s posodabljanjem slike kamere. Ta primer me ni preveč navdušil. Moj USB mikroskop deluje brez težav z mojim računalnikom, zato počasne hitrosti slikanja itd. ni mogoče pripisati mikroskopu.

Hey Arduino

V tem primeru se za zajemanje zvoka in prepoznavanje fraze »Hey Arduino« uporablja USB mikrofoni. Osebnost ne uporabljam USB mikrofona, vendar sem kupil enoto za 7 dolarjev (slika 2), da bi preizkusil ta primer.

Ko sem ga priključil in uporabil ukaz lsusb, sem videl, da je na seznamu naveden kodek PCM2709, ki je USB avdio kodek Texas Instruments, uporabljen v mikrofoni. Pri izvajanju tega primera je dnevnik zagona aplikacije prikazal naslednje:



Slika 2: USB mikrofoni, ki sem ga nabavil

- `Init Microphone with device USB_MIC_1, sr 16000, 1 channel format S16_LE period size 1024`
- `USB Microphone found [plughw:CARD=device, DEV=0`
- `microphone connected successfully`

Ta primer je uspešno zaznal frazo „Hey Arduino“ in prikazal gibljiv vzorec na zaslonu Uno Q 13 x 8 LED. Ugotovil sem, da se ni napačno sprožil ob nekaterih drugih besedah, ki sem jih izgovoril, ampak se je odzval samo na „Arduino“. Upoštevajte, da ta primer, kot tudi drugi, ki so potrebovali USB periferno napravo, sploh ne bi začel procesa »gradnje« (ki se začne, ko v App Lab kliknete »Run«), če ne bi bila zaznana ustrezna naprava. V tem primeru se je takoj pred izvedbo prevajanja/povezovanja/itd. v zavijku App Launch prikazalo sporočilo o napaki. To je lepa funkcija.

Zaznavanje slik

Ta primer ne potrebuje dodanih zunanjih naprav. Uporablja

web-ui brick, ki služi spletni strani tako, da primemo/odložimo sliko v okno na nadzorni plošči. Brick z imenom `objectdetection` je uporabljen za identifikacijo objekta(ov) v sliki, ki ste jo odložili v nadzorno ploščo. Preizkusil sem ga na slikah nekaterih običajnih predmetov in živali in je deloval precej dobro. Slika 3 prikazuje nadzorno ploščo, ki kaže pozitivno identifikacijo avtomobila.

Na žalost je identifikacijska oznaka težko berljiva zaradi temno sivega ozadja in zelenih črk. Zato mi boste morali verjeti, ko pravim, da je avtomobil identificiral z 92,9-odstotno stopnjo zaupanja. Na voljo je drsnik, s katerim lahko nastavite želeno vrednost spremenljivke zanesljivosti. Ko sem jo nastavljal na 95 % ali več, identifikacija ni bila izvedena, kar se ujema z vrednostjo 92,9 %, ki je bila prvotno prikazana.

Brick z imenom `objectdetection` lahko deluje na slikovnih datotekah JPEG, JPG in PNG ter ustvari zelene okvirje okoli objekta. Ta brick, tako kot drugi ML/AI bricki, uporablja lokalni algoritem in lokalno shranjene modelne datoteke. Čeprav je lahko identificiral nekatere slike, ki sem jih poskusil, ni mogel identificirati nekaterih živali, ki sem jih poskusil – razen psov in mačk. Če bi sliko samo poslal na velik strežnik v oblaku in poročal o rezultatih zaznave, bi lahko precej lažje prepoznal različne stvari.

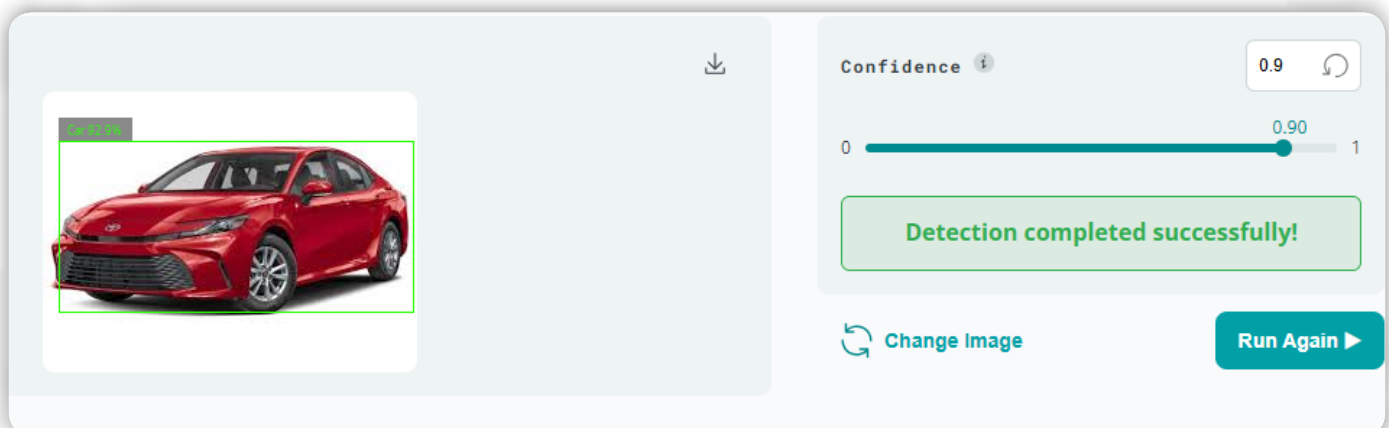
Kvaliteta zraka na LED matriki

To je še en primer, ki ne potrebuje zunanje strojne opreme. Podatke o kakovosti zraka in vremenu pridobiva iz odprte platforme za podatke o kakovosti zraka. Ne uporablja nobenih brickov, ampak Pythonovo WiFi zmogljivost za izvedbo GET zahtevka na naslednji URL:

- `https://api.waqi.info/feed/{city}?token={API_TOKEN}`



Če zgolj naložite in zaženete primer, boste na LED matriki Uno Q videli ikono smehlajočega se obraza. Vendar to nima pomena, saj morata biti vaše mesto in API žeton opredeljena,



Slika 3: Prikaz nadzorne plošče

preden ta stran vrne kakršne koli podatke. Ker so vsi primeri samo za branje, morate ustvariti kopijo tega primera. Nato morate iti na spodnji URL naslov, da pridobite svoj API ključ:

- <https://aqicn.org/data-platform/token/>



Za pridobitev tega ključa potrebujete le veljaven e-poštni naslov (na katerega boste prejeli e-poštno sporočilo za potrditev njegove veljavnosti) in svoje ime. Prejeli boste dolg niz znakov Hex za API ključ, ki ga vnesete v 11. vrstico datoteke main.py (pod zavihkom Python), pri čemer ne pozabite, da ga obdate z narekovaji. Nato v 13. vrstico vnesite svoje mesto.

Ko se program zažene, bi morali videti nekakšno ikono obraza. V zavihku Console/Python bi morali videti zadnji vnos „app running“ (aplikacija teče). Če tega ne vidite, ampak namesto tega vidite „API Error: {‘status’: ‘error’, ‘data’: ‘Invalid key’}“ (Napaka API: {‘status’: ‘napaka’, ‘data’: ‘neveljaven ključ’}), ste naredili napako pri kopiranju API žetona. Pomen vseh 6 ikon obrazov je naveden v datoteki readme.md, skupaj z drugimi navodili.

Upoštevajte, da ta storitev v oblaku zagotavlja veliko več podatkov, kot jih uporablja/zbira ta primer. Primer le preslika spremenljivko onesnaženosti v 6 ikon obrazov, ki se prikažejo na LED matriki plošče Uno Q. Spletna stran vrne številčne vrednosti za PM10, PM25 (verjetno se nanaša na PM2,5), CO, H, NO2, O3, SO2 ter nekatere druge, ki jih nisem mogel razvozlati. Kolikor lahko sodim, ta primer niti ne zbira teh drugih vrednosti, ampak le analizira vrnjeni JSON zapis za željeno število onesnaženja.

Utripanje LED-ice z UI

To je nekoliko bolj zapleten primer kot običajna skica utripanja LED-ice. Program Python gosti spletno stran, ki prikazuje LED tipko. Ko jo pritisnete, pošlje sporočilo mikrokontrolerju STM32U585 prek RPC klica. STM32U585 preklopi rdečo LED-i-

co, ki je priključena na ploščo Uno Q. Enako delovanje bi lahko dosegel z ESP32, pri čemer bi porabil manj kode!

Razvrščevalnik oseb na kameri

Ta primer bo identificiral ljudi v živo iz USB kamere. Uporablja web_UI brick za gostovanje spletne strani, ki deluje kot nadzorna plošča. Vnesete lahko stopnjo zanesljivosti, da filtrirate rezultate. Ker sem imel samo USB mikroskop in ne kamere, sem to preizkusil na zelo stari fotografiji moje mame. Kot lahko vidite na sliki 4, jo je zaznal z zanesljivostjo v visokem devetdesetodstotnem razponu.

Algoritem strojnega učenja in datoteke modela so shranjeni v pomnilniku eMMC plošče Uno Q, kar pomeni, da ne uporablja zunanje storitve v oblaku. Ni dokumentacije, ki bi navajala lokacijo algoritma ali datotek modela v datotečnem prostoru eMMC.

Nadzorin shranjevanje klime v domu

Za ta primer potrebujete modul Arduino Modulino Thermo. Ta modul vsebuje senzor HS3003 za merjenje temperature in vlažnosti ter se poveže z Uno Q prek I2C in kabla Qwiic. Sam tega modula nimam, vendar ne bi bilo preveč težko spremeniti datoteko sketch.ino, da bi delovala s podobnim senzorjem, kot je Silicon Labs SI7021, ki sem ga uporabil in ki prav tako uporablja I2C.

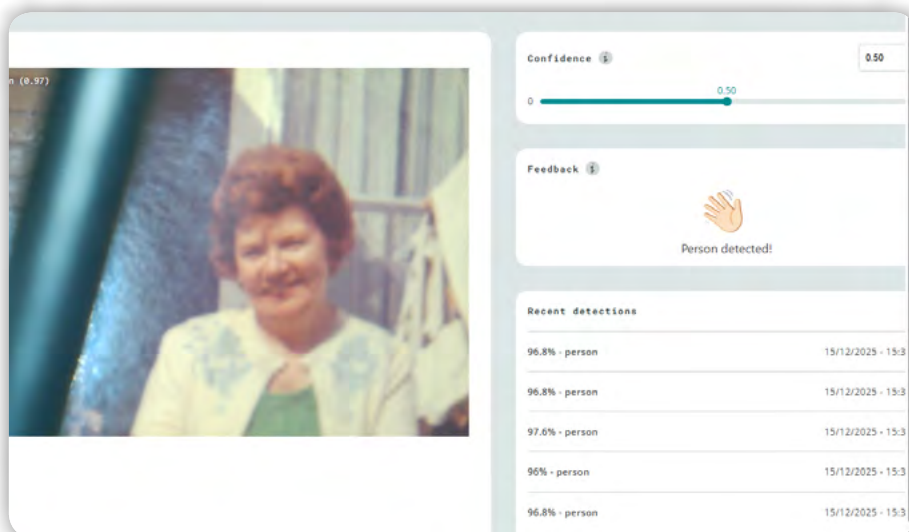
Ta primer uporablja dbstorage_tsstore brick, da shrani, bere in obdeluje podatke, ki so opremljeni z datumom.

Podatki z merilnika pospeška v realnem času

Za ta primer je potreben modul Arduino Modulino Movement. Ta modul vsebuje 6-osni senzor LSM6DSOX (pospeškometer + žiroskop) in se povezuje z Uno Q prek I2C in Qwiic kabla. Nisem imel tega modula, zato nisem mogel preizkusiti tega primera. Ta primer uporablja z motion_detection in web_ui brick-i.

Simulator Theremin

Ta primer simulira glasbeni instrument Theremin. Takšen instrument morda ni znan mnogim uporabnikom, vendar je elektronski instrument, ki proizvaja ton s frekvenco (višino), sorazmeren z bližino roke pri RF anteni. Glasnost



Slika 4: Fotografija moje mame



Slika 5: Grafična simulacija dveh anten

tega tona je sorazmerna z bližino druge roke drugi anteni. Ta primer ne uporablja nobene strojne opreme, razen USB zvočnika, ampak grafično simulira dve anteni na spletni nadzorni plošči, kot je prikazano na sliki 5.

Uporablja Wave Generator brick, ki ima naslednje lastnosti:

- generira avdio signale v realnem času,
- omogoča sinusne, pravokotne, žaga in trikotne signale,
- nastavlja je možno frekvenco in amplitudo,
- nastavlja je možno "attack" in "release" tona in omogoča prehod med notami (portamento).

Deluje neprekinjeno v ozadju in proizvaja avdio bloke z enakomerno hitrostjo s konfigurabilnimi parametri ovojnice za profesionalno zvonečo sintezo. V tem primeru morate za proizvodnjo zvokov priključiti USB zvočnik ali slušalke. Kupil sem USB



Slika 6: USB adapter iz Amazona

adapter za 10 dolarjev na Amazonu, kot je prikazano na sliki 6.

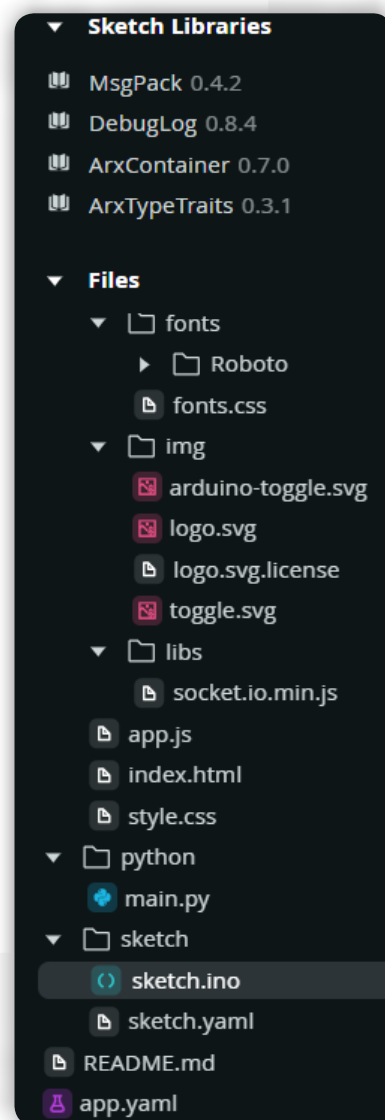
Opazil sem nekaj ne-navadnega. Če je bil ta USB adapter priključen ob vklopu (ali ponovnem zagonu) Uno Q, je Uno Q moj HDMI monitor prepoznal kot zaslon z nizko ločljivostjo (približno 640 x 480) namesto njegove dejanske ločljivosti 2640 x 1440. Če pa je bil priključen po vklopu in zagonu Uno Q, je zaslon deloval brez težav. Z uporabo lsusb se prikaže kot generična USB avdio naprava AB13X.

Upoštevajte, da ta primer ne pošilja digitalnega zvoka prek HDMI vmesnika na priključenem USB-C hubu. Torej v načinu SBC ne boste slišali zvoka prek HDMI monitorja.

Vendar Uno Q uporablja čip za upravljanje napajanja PM4125, ki vsebuje digitalni avdio kodek. Analogni linijski izhodi, izhod za slušalke in vhod za mikrofona so priključeni na J1MSC priključek z visoko gostoto. To ne bo zlahka dostopno, dokler Arduino ne izda nosilne plošče za Uno Q.

Zaključek 2. dela

V zadnjem delu članka bom podal nekaj komentarjev glede drugih programskih primerov, ki so na voljo. Pokazal bom, kako je z nadgradnjami Uno Q, kako namestiti ADB programe, predstavil bom tudi naprednejše programiranje klicev oddaljenih postopkov.





programming has never been easier

Smo uradni zastopnik za ELNEC v Sloveniji!

BeeProg3



70-0074



BeeProg2



BeeProg2C



70-0036



BeeProg204P



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

Avtomatsko hranjenje mačk

Hackster Inc.

Avtorja: Liora Chen, Atom Yang, Hackster

Ustvarite avtomat za hranjenje mačk, ki lahko tudi spremlja raven hrane in okolje (npr. temperaturo in vlažnost).

V našem pisarni imamo dva posebna »kolega« — mačka XIXI in DIDI. Čeprav sta v naše delovno okolje prinesla veliko življenja in veselja, sta z njima povezana tudi edinstvena izziva: kako zagotoviti, da bosta ustrezno oskrbljena, ko je pisarna prazna, zlasti med dolgimi počitnicami.

Soočili smo se z nekaterimi težavami, na primer s tem, da smo morali vsak dan med počitnicami poskrbeti, da je nekdo posebej prišel v pisarno, samo da ju je nahranil. To ni bilo samo neprijetno, ampak smo se tudi ves čas bali, da bi naša mala prijatelja ostala brez hrane, če bi se načrti pokvarili. Poleg tega je bilo treba, tudi ko je bil nekdo v pisarni, večkrat hoditi do njihove posode in se sklanjati, da bi preveril, koliko hrane je še ostalo. Zaradi te odvisnosti od ročnih, neučinkovitih in netočnih metod sem spoznal, da je čas za spremembo.

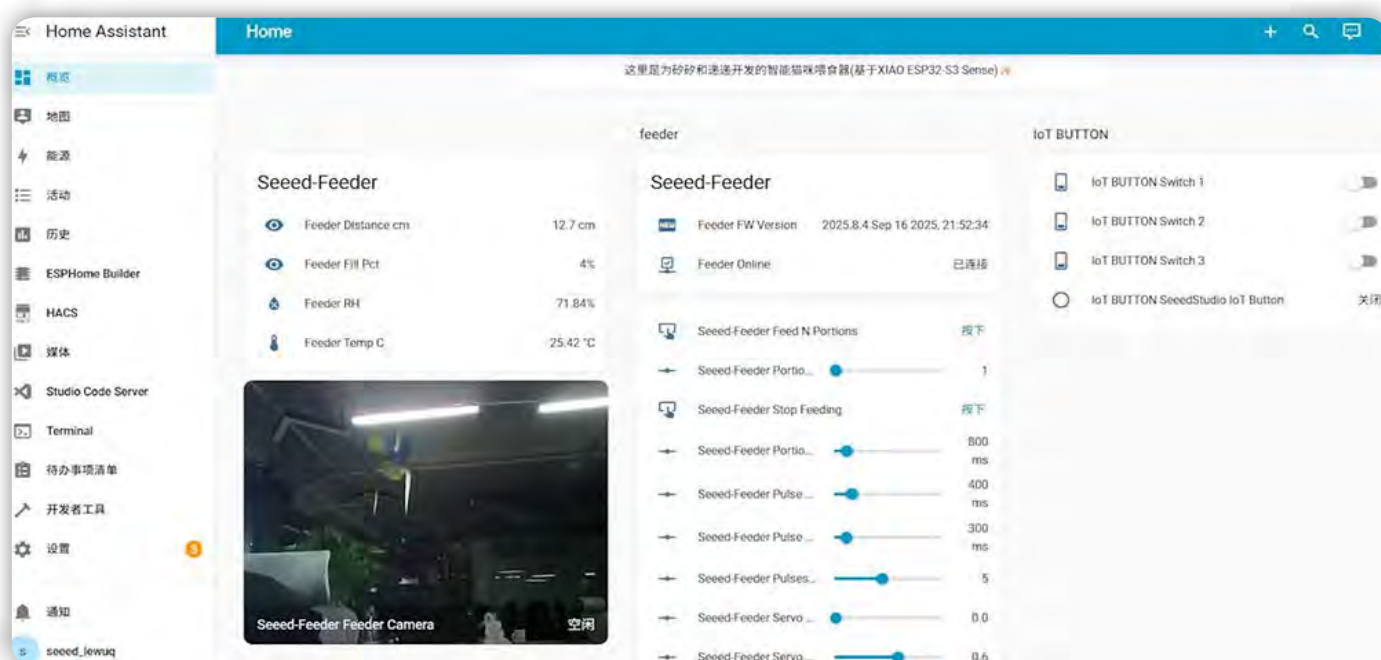


Slika 1: Pogled na kontrolno ploščo programa.

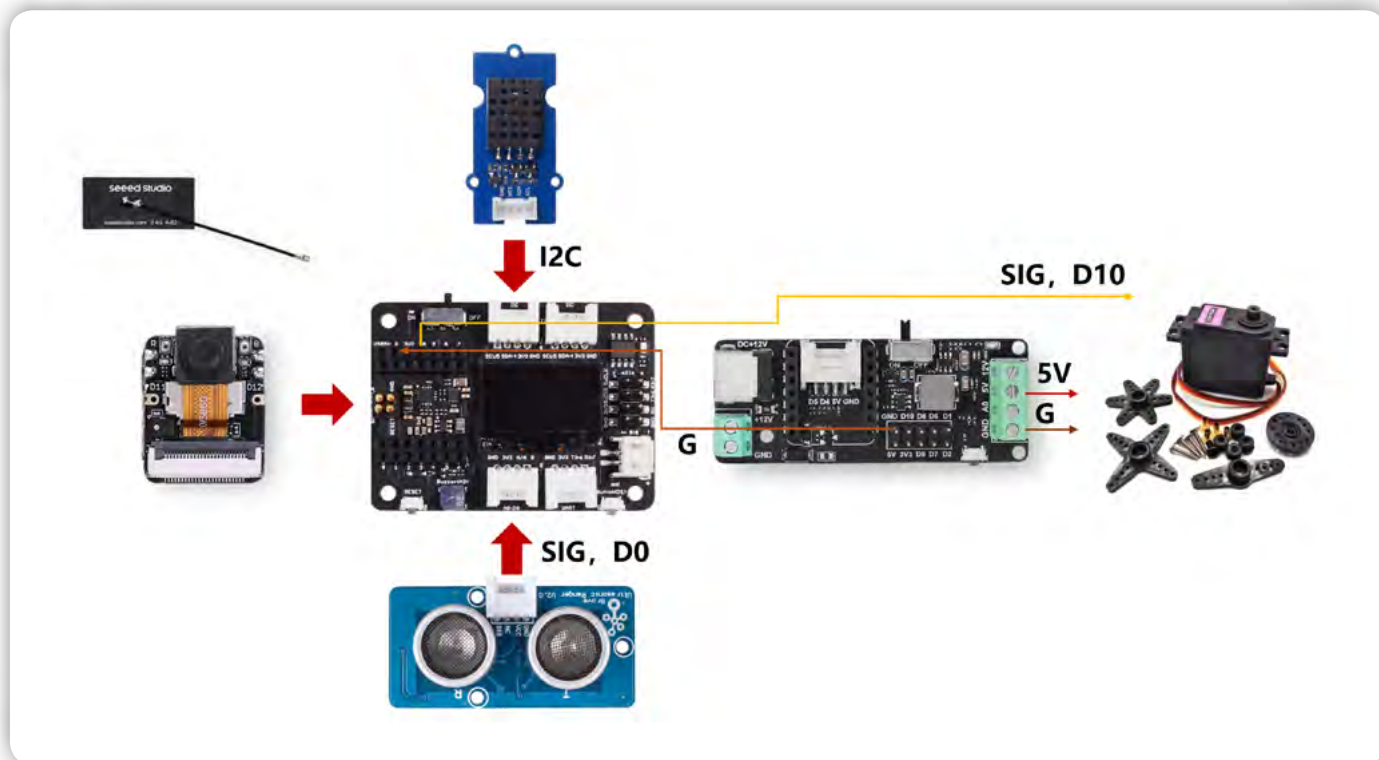
Zdaj nam pogled na naš zaslon na mizi takoj prinese mir, če pa je raven nizka, je dovolj le en dotik na daljinskem upravljalniku, da sta naša mačja sodelavca dobro nahranjena.

Kaj sem ustvaril

- 1. Nadzor ravni hrane: Ultrazvočni senzor meri razdaljo do površine hrane in jo pretvori v odstotek.



Slika 2: Hardverske povezave modulov



Slika 3: Električna shema

- 2. *Sledenje okolja (temperatura in vlažnost):* Senzor temperature in vlažnosti se uporablja za sledenje okolja v prostoru.
- 3. *Avtomatsko odmerjanje hrane:* Servomotor z visokim navorom, ki ga je mogoče daljinsko upravljati s Seeed IoT gumbom, daljinsko upravlja mehanizem za odmerjanje natančne količine hrane.
- 4. *Daljinsko vizualiziranje:* Vsi podatki, vključno s temperaturo, vlažnostjo in ravno hrane, se lahko daljinsko vizualizirajo na e-papirnem zaslonu.

Vse te komponente so brezhibno integrirane prek ESPHome in se centralno upravljajo v Home Assistant, kar omogoča daljinsko spremljanje, nadzor in avtomatizacijo.

lahko za hitrejši začetek sledite mojemu pristopu in prilagodite serijski avtomatski podajalnik, kar poenostavi mehansko integracijo.

Program je na voljo na povezavi:

- https://www.hackster.io/code_files/672120/download

Povzeto po:

- <https://www.hackster.io/liora-chen/automated-cat-house-8c8ee5>

<https://hackster.io>

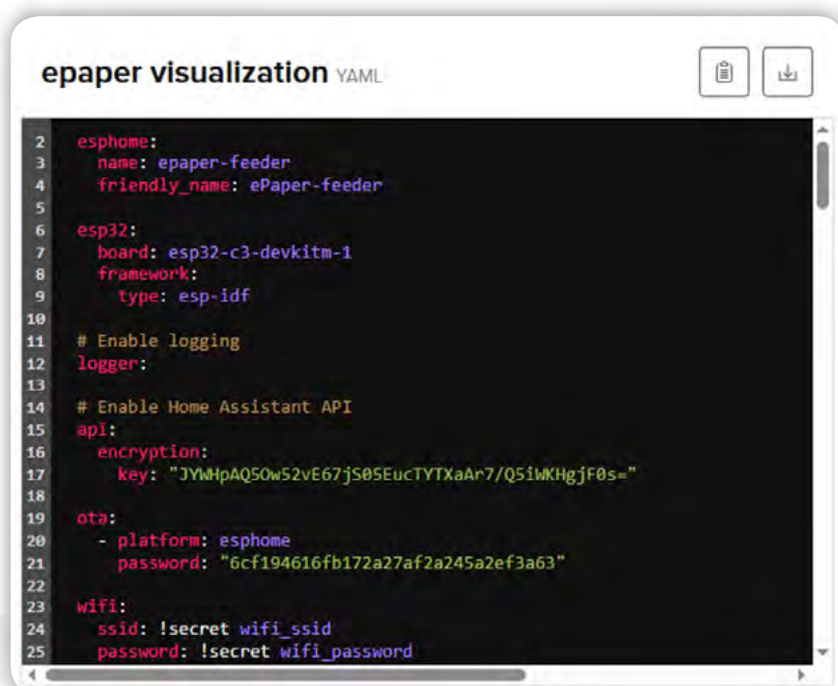


Kaj potrebujemo za projekt

- *Seed Studio XIAO ESP32S3 Sense* ×1
- *Seed Studio XIAO Expansion Board* ×1
- *LED Driver Board for Seed Studio XIAO* ×1
- *Seed Studio IoT Button* ×1
- *Grove - Temperature & Humidity Sensor V2.0* ×1
- *XIAO 7.5" ePaper Panel*
- *Seed Studio XIAO 7.5" ePaper Panel* ×1
- *Grove-Ultrasonic-Distance-Sensor* ×1
- *MG946R High-Torque Servo* ×1

Slika hardverske povezave bo priskrbela informacijo, kako lahko sestavite vse komponente.

Poleg tega je potrebno tudi fizično telo podajalnika. Fizično telo podajalnika je mogoče zasnovati po meri in natisniti v 3D za popolno izkušnjo samostojnega izdelovanja. Alternativno



Cena: 21,90€

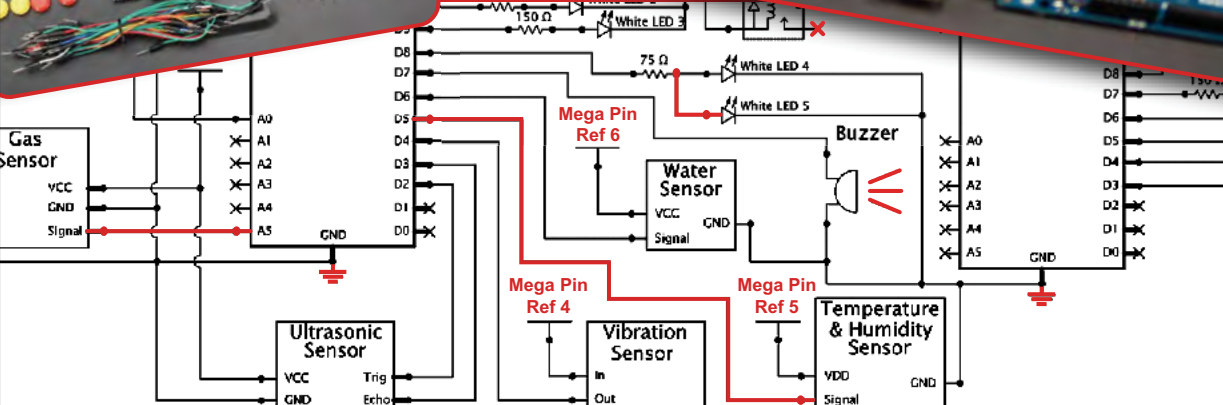
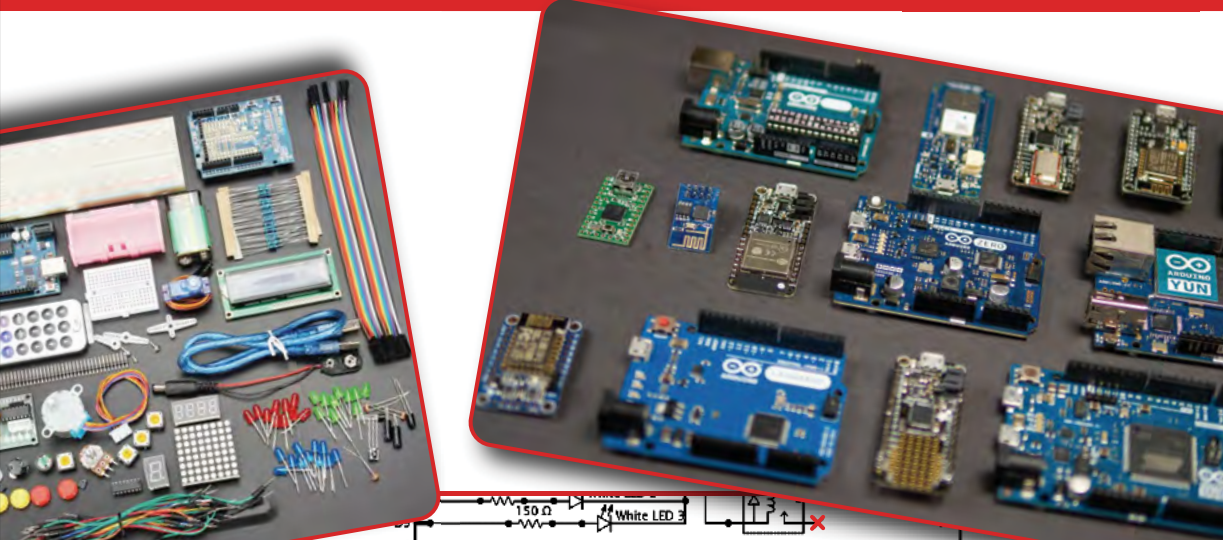
ARDUINO 2

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


9 789616 680202

ARDUINO 2

Začetni koraki in praktični Arduino projekti za vsakogar!



Priključna letev

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>

Sprejem spektralne črte vodika valovne dolžine 21 cm

Avtor: Boštjan Tovšak

Email: tovsakb@gmail.com

V eni od preteklih števil revije sem opisal postopek sprejema in izdelave antene za zajem slik vremenskih satelitov NOAA. Ljubiteljsko se ukvarjam z astronomijo in opazovanjem neba.

Čeprav so zimski meseci najprimernejši za vizualna opazovanja, pa vreme te mesece ne služi najbolje. Zima je tudi čas, ko se je lažje posvetiti kakšnim novim hobi projektom. Tako sem v enem izmed branj naletel na opis zanimivega valovanja, ki je posledica sevanja oblakov nevtralnega molekularnega vodika. Vzrok izseva je nasprotno vzporedni spin elektrona in protona. Posledica je prehod atoma v nižje energijsko stanje, pri tem pa se višek energije izseva v obliki valovanja valovne dolžine 21 cm. Čeprav do takšnega spina oz. dogodka pride na vsakih 11 milijonov let in je v m³ vesolja en atom vodika, vsaj tako kvantna teorija, pa je zaradi volumna vesolja gostota takšnega sevanja primerljiva s sevanjem našega Sonca v vidnem in infrardečem spektru (med 10⁴⁴ in 10⁴⁸ izseva na površinsko enoto).

Iz znane vrednosti energije in valovne dolžine pri prehodu takega stanja, izmerjene valovne dolžine oz. frekvence s pomočjo sprejemnika in namenske antene, lahko z Dopplerjevo enačbo določimo hitrost in smer gibanja ciljnega molekularnega oblaka vodika.

V praksi je jakost takega signala med 0,5 in 2 dB nad pragom šuma. Zato je jasno, da za sprejem takšnega signala igra vlogo kar nekaj faktorjev. Na spletu najdemo veliko informacij na temo sprejema vodikove spektralne črte in tudi izdelave različnih anten.

Namen je izdelati anteno, jo povezati z obstoječim sprejemnikom in zaznati tako valovanje. Za izračun hitrosti in smeri pa je potrebna že bolj natančna oprema.

Potrebna programska in strojna oprema:

- Vrste anten, primernih za sprejem:
- t.i. »horn« ali lijakasta antena
- helikoidna oz. vijačna antena
- parabolična antena
- yagi antena

Sprejemniki:

- RTL-SDR (RTL2832U) sprejemnik, ključek (cca. 30€)
- RSP1x programabilni sprejemnik (cca. 150 €)
- Nooelec SAWbird+ H1 (cca. 45 €, namenski nizkošumni sprejemnik z integriranim predojačevalnikom in pasovno prepustnim filtrom za vodikovo spektralno črto, specifikacije v QR kodi).
- druge vrste sprejemnikov, ki pokrivajo področje 21 cm

Programska oprema:

- SDR Sharp

- SDR Angel, ki ima namenski vtičnik za radioastronomijo in izračun hitrosti in smeri
- SDR Sharp++
- HDSDR
- SDRUno za sprejemnike tipa RSP1x

Okolje sprejema:

- po možnosti izven mest in gostih naselij
- ne blizu brezžičnih oddajnikov in hišne elektronike
- usmerjenost čim bolj v smeri zenita, kjer je najmanj možnosti RF motenj
- anteno usmerimo proti Rimski cesti, kjer je velika gostota oblakov vodika
- po možnosti povezava s sprejemnikom preko RaspberryPI strežnika z UTP omrežnim kablom

Izdelava antene

Odločil sem se za usmerjeno helikoidno (helix, vijačno) anteno, ki se pogosto uporablja v vesoljskih komunikacijah. Ostale antene so konstrukcijsko zahtevnejše oz. terjajo več časa in materiala. Vse, kar potrebujemo za helikoidno anteno, je nosilec in vodnik. Nosilec lahko izdelamo iz plastične cevi, na katero navijemo žico, lahko izdelamo lesen nosilec z distančniki in nanje navijemo žico. Obstajajo pa še drugi načini, ki jih lahko najdemo na spletu.

Običajna impedanca takšne antene je 140 Ω. Dobitek je odvisen od števila ovojev podobno kot pri yagi antenah. Seveda je tudi tu omejitev glede smiselne števila ovojev. Njen sprejemni kot se giblje med 20° in 30°. Je usmerjena in ima krožno polarizacijo, ki je lahko levosučna ali desnосуčna. Za vodikovo sevanje je polarizacija brezpredmetna, saj je ta naključna, zato je navijanje vodnika na nosilec lahko ali v eno ali drugo smer. Na spletu sem v enem od strokovnih člankov našel (povezava na koncu članka v QR kodi) izračunane dimenzije za nosilec take antene. Na spletu je mnogo kalkulatorjev za izračun anten. Znana programa za konstruiranje in simulacijo sta 4nec2 ali pa EZNEC Pro2.

Izračunana antena ima 11 ovojev in je visoka 58,4 cm, premer ovojev je 6,68 cm. Teoretični dobitok je 16 dB. Na dnu antene je okrogli reflektor.

V AutoCad-u sem izrisal načrt za razrez vezane plošče. Ker sem bil omejen z gabariti na laserskem rezalniku, sem anteno izdelal iz dveh delov in ju nato sestavil (načrt najdete v QR kodi na koncu prispevka). Leseni nosilec, ki je predstavljal reflektor, sem »oblekel« v alufolijo.

Uporabil sem bakreno žico inštalacijskega kabla. Za lažje navijanje skozi utore na nosilcu, sem žico predhodno navil na okroglo pločevinko podobnega premera, kot je premer ovoja antene. Nato sem žico počasi, z veliko potrpljenja, potisnil skozi luknje nosilca (slika 1).



Slika 1: Žica antene speljana skozi nosilce. V levem kotu impedančna prilagoditev z bakrenim trikotnikom, v desnem pa celotna antena vključno z okroglim reflektorjem.

Antena bo priključena na impedanco 50 Ω . Za prilagoditev impedance antene na antenski vod oz. sprejemnik in posledično čim boljši SWR (Standing Wave Ratio < 2) obstaja enostavna rešitev. Na začetno četrtno prvega navoja pritrdimo (prispijamo) trikotnik iz bakra (lahko ga izrežemo iz tankega bakrenega

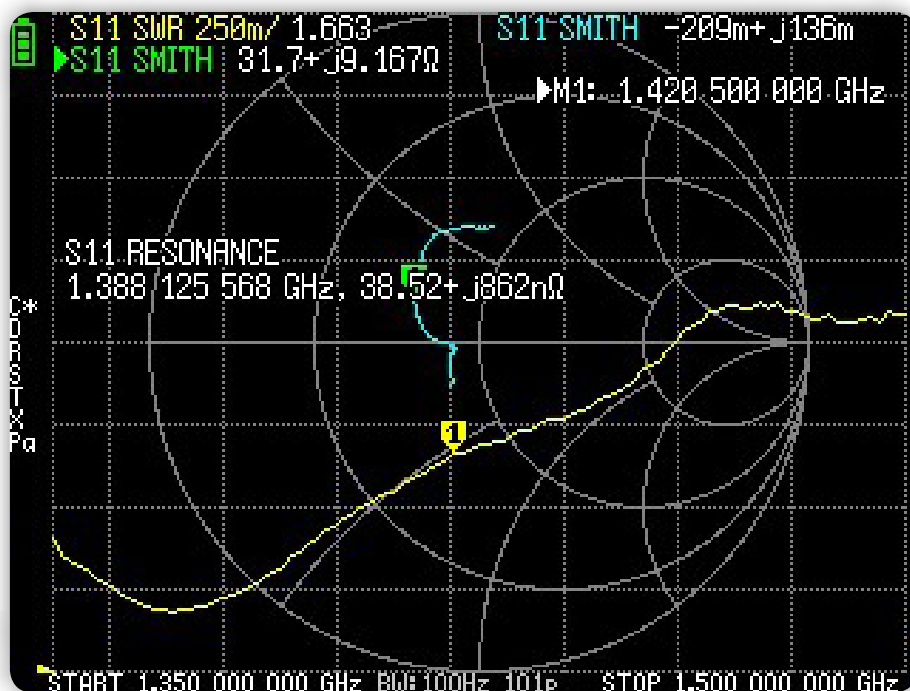
traku). Na impedanco vpliva tudi višina prve četrtnine navoja vodnika. Dodatno lahko SWR izboljšamo še s krajšanjem (ali daljšanjem) zadnjega navoja žice antene v korakih po nekaj mm). S krajšanjem žice bomo tudi višali resonančno frekvenco antene. Seveda ne pričakujemo, da bomo prišli do idealnega SWR, ki je 1.0, tj. praktično ničelnih izgub pri sprejemu. Če dosežemo pri frekvenci 1,420 GHz SWR med 1.6 – 1.8, je to že odlično. Teoretično idealno stanje bi bilo SWR = 1.0 pri frekvenci 1,420 GHz in impedanci 50 Ω . Torej nobenih izgub. Na SWR in posledično na impedanco antene pa vpliva tudi lokacija postavitve antene oz. višina.

Za impedančno prilagoditev lahko uporabimo tudi Smithov-e grafe, kjer grafično določimo oz. izračunamo potrebno induktivno oz. kapacitivno breme, priključeno na anteno. V tem primeru je potreben podatek poleg resonančne frekvence imaginarna impedanca antene, ki jo moramo poznati oz. izmeriti. Z metodo trikotnika sem uspel impedanco antene znižati na 38 Ω in dosegel SWR cca. 1.6 (slika 2). Vidimo, da resonančna frekvenca 1,388 GHz odstopa od želene frekvence 1,420 GHz. To ne predstavlja večje težave, ker sta SWR in impedanca antene pri želeni frekvenci še vedno v sprejemljivih okvirih (38 Ω in SWR 1,6).

Izbira sprejemnika in programske opreme

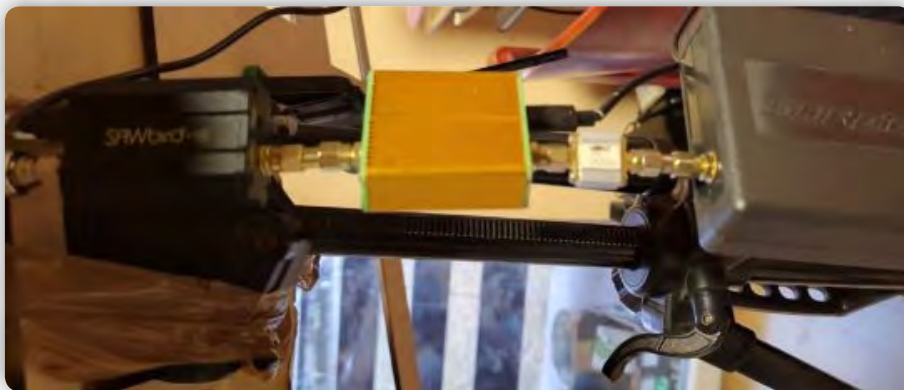
Ker imam sprejemnik RSP1A, sem uporabil tega. Je 14-bitni SDR, ki pokriva frekvenčno področje od 1 kHz - 2 GHz. Ima nastavljive »notch« (filtre) za DAB in FM pas. Tako lahko minimiziramo dodatne vpliv RF motenj radiodifuzije. Ima tudi uporabno IF Zero funkcijo, s katero minimiziramo harmonik takta ure pri nastavljeni frekvenci sprejemnika.

Uporabil sem različne konfiguracije opreme. Poizkusil sem najprej z nizkoproračunskim LNA (nizkošumni Low Noise Amplifier) in filtrom za 1,4204 GHz, ki sem ju priključil na RSP1A. Nato pa sem poizkusil še z LNA Nooelec SAWbird+H1 in dodatnim LNA in filtrom, priključenima na RSP1a (slika 3).



Slika 2: Impedanca, SWR in Smithov graf izdelane antene pri frekvenci 1.420 GHz

Priporočljivo je, da se sprejemnik priklopi neposredno na anteno ali pa uporabimo čim krajši kabel z nizkim dušenjem med anteno in sprejemnikom. Kolikor temu pogoju ne moremo zadostiti, je priporočljivo namestiti dodaten LNA ojačevalnik pri anteni na začetku kabla, da pripeljemo dovolj močan signal do selektivnega sprejemnika. V mojem primeru sem imel nameščeno kompletno konfiguracijo direktno na priključku antene. Signal iz sprejemnika sem sprejemal na USB priključek računalnika. Vedeti moramo, da tudi sam USB kabel predstavlja dipol anteno in možne harmonike, saj računalnik deluje v področju GHz. Za daljše



Slika 3: Na anteno priključeni od leve Nooelec SAWbird, LNA in filter ter sprejemnik RSP1A

razdalje med sprejemnikom in računalnikom je bolje uporabiti npr. RaspberryPI priključen na omrežni UTP kabel, na katerega namestimo OS in RTL_TCP strežnik in nato na oddaljenem računalniku sprejemamo signal in ga obdelujemo. Pa še bolj praktično je, saj smo lahko na toplem v hiši.

Konfiguracija samo z RSP1A, širokopasovnim LNA in filtrom ni dala zelenih rezultatov. Pri opazovanju frekvenci sem težko ocenil, ali gre dejansko za signal ali za RF motnjo. Pri drugi konfiguraciji z Nooelec SAWbird+H1 je bil rezultat boljši oz. signal bolj razločen, vendar me še vedno ni prepričal.

Za frekvenčno analizo sem uporabljal različne programov. Najpogostejše RSP spektralni analizator, ki se uporablja za RSP1A. Občasno tudi SDRAngel in SDR Sharp. Vsem programom je skupna FFT (hitra Fourierjeva transformacija okna v časovnem prostoru) in povprečenje signala. Kot že omenjeno, je signal zelo šibek in edini način je uporaba povprečenja signala.

Za daljše povprečenje je najbolj primeren SDR Sharp, ki ima vtičnik (IF average). V nadaljevanju bomo opisali potrebne nastavitve. Daljše povprečenje pomeni tudi boljše razmerje S/N. Paziti moramo tudi, da z nastavitvami ojačevalnika sprejemnika ne pretiravamo in pretirano dvigamo ojačenje. Z visokim dvigom ojačenja dvigujemo tudi prag šuma. Najti je potrebno ustrezno mejo med šumom in ojačenjem.

Pred nadaljnjo obdelavo signala moramo najprej izsejati šum ozadja. To storimo tako, da anteno usmerimo v del neba, kjer ni Rimske ceste oz. v smer, kjer ne pričakujemo motečih RF signalov. Druga boljša možnost je, da anteno fizično odklopimo in na konec kabla oz. sprejemnika priključimo zaključni upor z upornostjo 50 Ω. V oknu programa na desni nastavimo Gain > 300, Level > 900 in Dynamic averaging > 900000. FFT ločljivost okna nastavimo na 1024 vzorcev in Intermediate average (skupno št. posameznih oken FFT za povprečenje) na

1000. Odključamo opcijo Window in nato kliknemo Acq. Backgr. Program prične z snemanjem šuma ozadja. To lahko traja od 15 - 30 min ali več. Odvisno od predhodnih nastavitev (slika 4).

Na sliki 4 vidimo levo od rumene markerne črte izrazito »špico«, to so RF motnje. Desno od markerja je vrh možne spektralne črte vodika. Žal večurno merjenje in zajemanje signala ni potrdilo avtentičnosti signala. V frekvenčni domeni trenutne meritve zaznavamo veliko RF motenj.

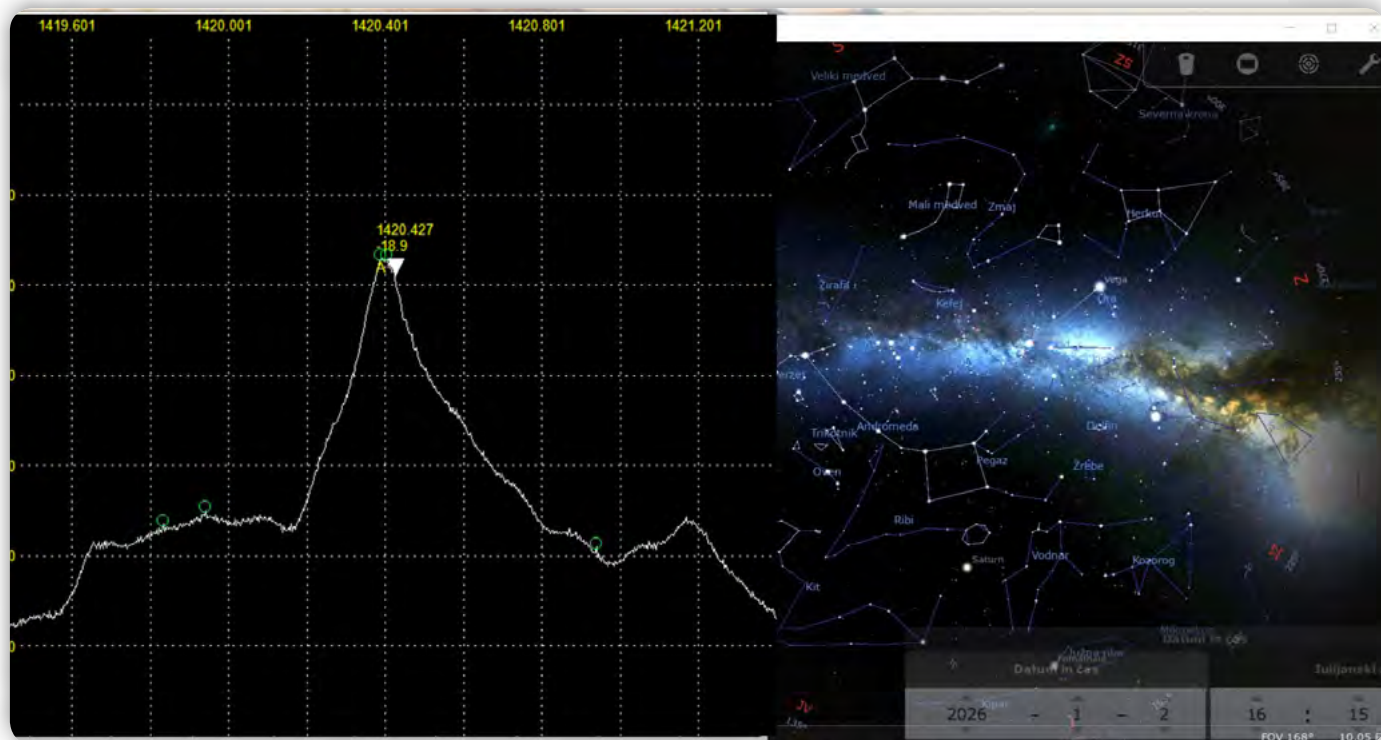
Po nastavitvah in kliku na opcijo Window se odpre novo okno, kjer vidimo potek povprečenja signala. Po koncu se izpiše na odprtem IF oknu obvestilo, da je postopek snemanja šuma ozadja končan. Rezultat je bolj ali manj gladka krivulja. Lahko nadaljujemo s sprejemom našega signala na 1,4204 GHz.

Z drsnikoma Level in Dynamic averaging si lahko pomagamo, če je signal v IF oknu skrit oz. pod pragom nastavitev. Drsnik za Gain pustimo.

Za usmeritev antene in iskanje Rimske ceste si lahko pomagamo s priročnim programom Stellarium, ki obstaja v mobilni in PC verziji. V času pisanja članka Rimska cesta poteka v začetku večera čez nebo v smeri SZ – JV. Če sem usmeril našo anteno v ta konec neba na višino 60° - 80° in upošteval še azimut cca. 370° (zahod), bi se na zaslonu moral sčasoma pokazati majhen hrib, ki se počasi premika po frekvenčnem področju (Doppler efekt). Premik ni hipen, ampak dolgotrajen proces (pol ure ali več). Če ta hrib torej ustreza opisanemu pogoju, potem zelo verjetno gledamo spekter izsevanega vodika, ki pa seveda ni ostra črta, ampak hrib, ker antena sprejema sevanje iz širšega področja (slika 4).



Slika 4: Program SDR Sharp z grafom korigiranega šuma ozadja



Slika 5: Sprejeti signal v ozkem pasu širine 2 Mhz, z vrhom na 1,420401 GHz. Nakazuje tipični spekter vodikovega sevanja. Program RSP – spectrum analyzer (potreben sprejemnik RSP1x).

Seveda lahko dodatno preverimo signal. Anteno zavrtimo v drug konec neba brez Rimske ceste in dovolj visoko, da ne lovimo naključnih zemeljskih signalov. Če po določenem času hrib izgine, smo na pravi poti. RF motenj je ogromno in segajo tudi v to področje, rezervirano za radioastronomijo. Kljub vsem poskusom v programu SDR Sharp z rezultati nisem bil zadovoljen. Visok šum in ekstremno visoke amplitude ali »špičke« v okolici merjene frekvence so porajale dvom. »Špičke« ponavadi nakazujejo RF motnjo, če so nanizane v enakomernih presledkih, pa harmonike (mogoče takt ure sprejemnika).

S programom, namenjenim za sprejemnik RSP1A, »RSP spectrum analyzer«, sem ulovil signal, ki bi lahko bil, kar iščemo. 2.1.2026 med 16:00 in 17:00 sem zaznal spektralno črto oz. »zvon«, ki se je nahajala v področju nastavljenе frekvence sprejema, tj. 1,4204 GHz (slika 5). Uporabil sem vzorčenje 6Mb/s in pasovno širino 2Mhz. FFT sem imel nastavljen na visoko ločljivost >121000 (poskušal tudi z nižjimi in višjimi vrednostmi), povprečenje signala sem imel nastavljeno na



Slika 6: Blok shema sprejema signala

100 vzorcev, kar je največ, kar ta program nudi. Signal je bil sorazmerno stabilen in se razen amplitude frekvence ni spreminjala. Če sem anteno zavrtel v drugo smer, je signal izginil. Če ni šlo za kakšen signal satelitov ali druge oddajne opreme ali harmonikov, bi to lahko bil signal vodika. Azimut in višina antene sta se ujemala z lokacijo Rimske ceste. »Sumljiv« je bil edino sprejem v zelo ozki in natančni smeri. Že z rahlim odklikom je signal izginil oz. se prestavil v drugo frekvenčno področje.

Kot sem že omenil, je bila uporabljena konfiguracija sprejemnik

ID vrha	Približna frekvenca (MHz)	Relativna amplituda	Širina / oblika	Ocena SNR	Opombe
P1 (glavni vrh)	1420,427	Najmočnejši (~-18.9 dB)	Gladek Gaussov profil	Zelo visoka	Dominantna značilnost; verjetno pravi signal
P2	~1420,30	Srednja	Ozek	Zmeren	Lahko stranski pas ali sekundarna emisija
P3	~1420,55	Srednja	Ozek	Zmeren	Simetrični proti-vrh P2?
P4	~1420,10	Šibek	Nepravilen	Nizek	Morda šum ali RFI
P5	~1420,75	Šibek	Nepravilen	Nizek	Odstopanje; preveri med več meritvami
P6	~1420,90	Zelo šibek	Zelo ozek	Zelo nizek	Verjetno šumni vrh

Tabela 1: Primerjalna tabela vrhov (na podlagi vidnih značilnosti) s pomočjo UI. Odčitanih je bilo šest glavnih točk grafa s slike 6.

RSP1A, filter, LNA, NooelecSAWbird+H1. Signal sem vodil direktno iz antene v NooelecBird-a, naprej do LNA širokopasovnega ojačevalnika in filtra 1,4204 GHz, pasovne širine 80 MHz (slika 6).

Pa izmerjen signal res pripada vodikovi spektralni črti?

Ker sem pri EM valovanju, visokih frekvencah in šibkih signalih (2 dB nad šumom ali manj), zmeraj zelo skeptičen in je potreben natančen merilni instrumentarij, sem se poglobil še v strokovne izsledke na spletu in pomoč poiskal tudi pri UI (umetni inteligenci).

Čeprav se slepo ne zanašam na UI, je pa pogosto uporabljena kot pripomoček pri obdelavi podatkov. Prilagam nekaj njenih odgovorov glede na moje izsledke in rezultate opazovanj.

Analiza:

1. Frekvenca tvojega vrha vs. vodikova črta

- Tvoj vrh: 1420,427 MHz
- Vodikova 21 cm črta (nevtralni vodik, HI): približno 1420,4058 MHz
- Razlika je torej približno 0,021 MHz (21 kHz). To je zelo blizu in je povsem v območju, kjer lahko na frekvenco vplivajo:
- Dopplerjev premik zaradi radialne hitrosti izvora (galaksija, oblak plina, itd.)
- Gibanje Zemlje (rotacija + revolucija)
- Hitrost Sončevega sistema glede na lokalni standard mirovanja
- Kalibracijske napake sprejemnika ali lokalni oscilator

Torej: ja, frekvenčno je to popolnoma kompatibilno z vodikovo črto.

2. Kaj bi pogledal, da potrdiš, da gre za HI vodik

Če želiš bolj resno presojo, ali gre res za vodikovo črto in ne za umetno motnjo (RFI), bi preveril:

- Širina vrha
- HI linija je pogosto Gaussova ali blizu Gaussovi, širina pa je odvisna od:
- termične hitrosti atomov (temperature plina),
- turbulentnih hitrosti,
- integracije več oblakov ob različnih hitrostih.

Stabilnost v času

Če opazuješ večkrat in se črta pojavlja vedno na skoraj isti relativni frekvenci (po Doppler korekciji), je to dober znak, da je astrofizična.

Če frekvenca skače in se obnaša kot enojen ozek "ping", je lahko RFI.

3. Prostorska odvisnost

Če obrneš anteno stran od ravnine galaksije in črta oslabi ali izgine, je to tipično za HI emisijo iz Mlečne ceste.

Če ostane enaka v vse smeri, je bolj sumljivo kot umetna motnja.

4. Spektralna struktura

Astrofizični HI pogosto ne pride kot ena sama popolna, izolirana "špica", temveč kot kombinacija več komponent pri različnih radialnih hitrostih (več vrhov ali razširjen vrh).

5. Kaj tvoj vrh kaže na prvi pogled

- Frekvenca: zelo blizu 21 cm liniji □ kompatibilno s HI.
- Oblika (na videz): precej lep, osamljen vrh □ lahko je HI, lahko tudi ozek umetni signal.
- Okolica: nekaj manjših vrhov □ lahko šum, RFI ali dodatne komponente.
- Brez surovih podatkov ne moreva reči "to je 100 % vodikova linija", lahko pa pošteno rečeva:
- Vrh pri 1420,427 MHz je frekvenčno in oblikovno povsem združljiv z vodikovo 21 cm črto, razlika v frekvenci je razločljiva z Dopplerjevim premikom in/ali kalibracijo. Ali je signal res astrofizičen (HI) ali umetna motnja, pa zahteva analizo stabilnosti, širine in odvisnosti od smeri opazovanja.

Tukaj je lepo, jasno in strokovno formatirana različica tvojega besedila — pregledna, matematično urejena in pripravljena za uporabo v poročilu ali raziskovalnih zapisnikih.

1. Referenčna frekvenca vodikove črte

$v_0 \approx 1420,4058 \text{ MHz}$

Tvoj opaženi vrh:

$v_{\text{obs}} = 1420,427 \text{ MHz}$

2. Izračun Dopplerjeve hitrosti

Razlika v frekvenci

$\Delta v = v_{\text{obs}} - v_0$

$\Delta v = 1420,427 - 1420,4058 \approx 0,0212 \text{ MHz}$

Relativni premik

$\Delta v/v_0 \approx 0,0212, 1420,4058 \approx 1,5 \times 10^{-5}$

Za majhne hitrosti lahko uporabimo približek:

$v_c \approx \Delta v/v_0$

Hitrost

$V \approx 1,5 \times 10^{-5} \times 3 \times 10^5 \text{ km/s}$

$v \approx 4,5 \text{ km/s}$

Ker je opažana frekvenca **večja** od referenčne, to pomeni **modri premik** — izvor se v radijski konvenciji premika proti tebi s približno **4–5 km/s**.

3. Fizična interpretacija

Premik reda nekaj km/s je povsem običajen in lahko izvira iz: galaktičnih oblakov nevtralnega HI plina, manjših radialnih hitrosti zaradi rotacije Rimske ceste, kombinacije gibanja Zemlje + lokalne dinamike, turbulentnih ali lokalnih tokov v medzvezdnem mediju.

Po velikosti je to **zelo realističen Dopplerjev premik** za pravo vodikovo črto — nič nenavadnega ali ekstremnega.

5. Kratek, direkten odgovor glede na mojo pripombo o nestanovitnosti signala v frekvenčnem področju pa:

- Če ti vrh v nekaj sekundah skače po frekvenci, ali se vklaplja/izklaplja, ne glede na to, kako lepo je blizu 1420 MHz, -> to zelo verjetno ni galaktična HI črta, ampak RFI ali instrumentalen efekt.

Zaključek

Če povzamem izsledke UI bi z neko gotovostjo lahko trdili, da je črta na grafu na frekvenci 1,420427 GHz RF motnja. Ni pa nujno. Dopplerjev efekt prispeva k spremembi frekvence, ki pa ni hipna, ampak se spreminja na daljše časovno obdobje. Nekateri molekularni oblaki vodika lahko oddajajo valovanje tudi v frekvenčnem področju 1,420600 GHz.

Pogosto so se pojavili vrhovi v področju 1,480 GHz in 1,419 GHz, kar pa so nedvomno RF motnje in tudi občutno predaleč od centra frekvence, ki je pri 1,420 GHz. Če bi računali hitrost pomika v teh dveh točkah, bi presegli še sprejemljive hitrosti gibanja (80 km/s in več), ki jih ima večina molekularnih oblakov in objektov globokega vesolja.

Kar lahko z gotovostjo trdimo je, da z NooelecSawbird-om in dodatnim ojačevalnikom in filtrom zaznavamo signal v merjenem področju, kar s preprosto konfiguracijo nizkoprapračunskega širokopasovnega LNA ojačevalnika in filtra ni bilo zaznati.

Na trgu obstajajo tudi že izdelane namenske helikoidne in parabolične (grid) antene, umerjene na resonančno frekvenco vodika. Cenovni razred se giblje od 150 € navzgor. Veliko se tudi omenja uporaba paraboličnih anten iz področja WiFi na 2,4 GHz. Po komentarjih uporabnikov so zaradi nizkega SWR uporabne tudi v področju lovljenja vodikove črte. Na prodaj so antene premera 1 m.

V ta namen sem uporabil 2,4 GHz WiFi 17dB parabolično anteno (slika 8), s specifikacijo SWR = 1.5, ki jo uporabljam za prenos WiFi signala do 100 m oddaljenega objekta. Njen premer reflektorja je slabega pol metra. Priklopljena je na kabel dol-



Slika 7: Parabolična grid antena

žine 10 m. Izmerjeno dušenje na celotni poti kabla znaša 3dB pri frekvenci 1,5 GHz. Torej dušenje kabla pri dobitku antene 17dB ne bi smelo predstavljati težave. Na koncu tega kabla sem prikloplil že znano konfiguracijo NooelecSawBird, LNA in filter ter sprejemnik. Kot sem pričakoval, spektralne črte ni bilo zaznati. Morda je razlog tudi v premajhnih dimenzijah antene oz. sprejemne površine, čeprav je dobitok antene dovolj velik. Je pa vsekakor tudi resonančna frekvence antene tista, ki narekuje optimalen sprejem.

Veliko je tudi napisanega o »horn« ali lijakastih antenah. Te so podobne veliki škattli z odprtino. Na dnu take odprtine se nahaja kratka dipol antena. Več o teh v QR kodi.

Za samo zasnovo in učenje uporabe SDR radia in antene in nenazadnje tudi fizikalnih lastnosti gibanja objektov v vesolju bomo mimogrede porabili nekaj mesecev.

Rezultati sicer niso bili pričakovani, se je pa nabralo dosti novih izkušenj in znanja s področja EM valovanja, analitike in sinteze anten, uporabe za to namenjenega programja, prednosti in slabosti posameznih programov in sprejemnikov. In nenazadnje tudi vplivi okolja in lokacija na postavitev antene.

Ker opazovanje signala v večji meri ni odvisno od vizualnih razmer neba, je sprejem spektralne črte vodika možen podnevi in ponoči za razliko od vizualne astronomije. Z omenjenim principelnim načinom sprejema signala je možno kartiranje neba z molekularnimi pasovi vodika in identificirati spiralne krake naše Galaksije. Vendar je za kaj takega potrebna montaža s sledenjem in seveda večja parabolična antena dimenzij metra ali več ali celo gruča anten.

Kdor se želi bolj poglobiti, lahko uporabi program SDRangel, ki ima v svojem radioastronomskem vtičniku opcije izračuna hitrosti in osnovno kartiranje. Za to je potrebno najprej izmeriti referenčni »mrzli« (antena usmerjena v tla) in »topli« spekter prejetega signala (antena usmerjena v nebo). Ima pa program to hibo, da je krivulja učenja precej strma.

V času pisanja članka je odpovedal NooelecSawbird+H1 in čakam novega. Ker je še v garanciji, mi podjetje iz Kanade pošilja novega (zastonj, razen carine seveda). Vse pohvale.

Izračunane dimenzije za nosilec antene preko QR kode.



Najpopolnejši Arduino KIT za nadebudne programerje

Vsebuje:

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



AX elektronika d.o.o.

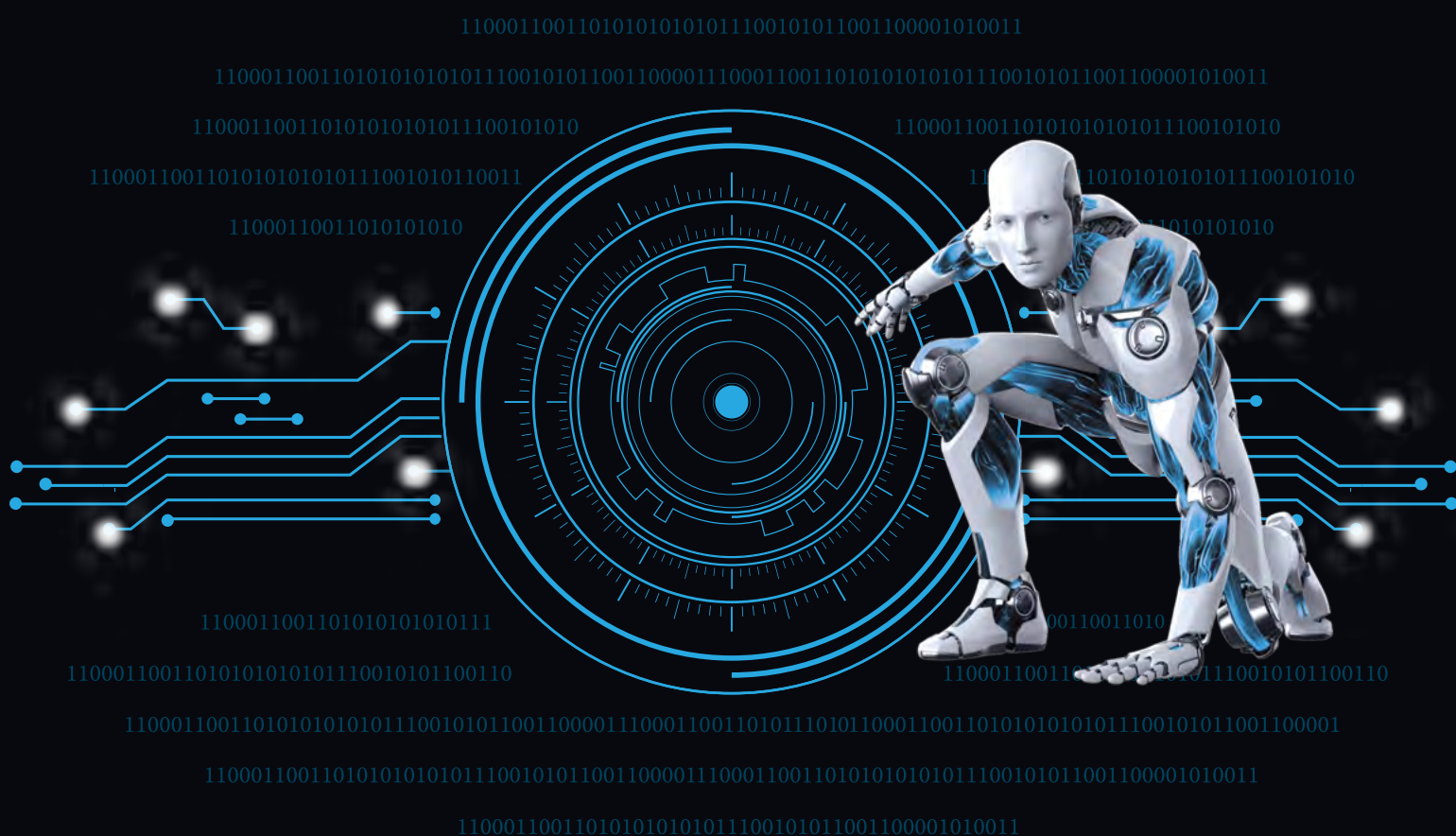




IFAM-INTRONIKA-ROBOTICS

17.-19. 2. 2026

Ljubljana



Mednarodni industrijski sejem

**14.-17.
APRIL 2026**

Ključne teme:

- *Industrija prihodnosti: AI, digitalizacija, robotika in človek*
- *Prihodnost varjenja in rezanja*
- *Pametno industrijsko vzdrževanje in industrijsko čiščenje*
- *Energetika v industriji*
- *Logistika in oskrbovalne verige*
- *Grafika, pakiranje in označevanje*
- *Reciklaža, trajnostni materiali in industrijski odpadki*
- *Industrijska elektronika, senzorika in avtomatizacija*

**POSTANITE
RAZSTAVLJAVEC!**

