

SE
338

REVIJA ZA ELEKTRONIKO, AVTOMATIČNO, RAČUNALNIŠTVO IN TELEKOMUNIKACIJE

svet ELEKTRONIKE

ISSN 1318-4679



letnik XXXII
marec 2025
številka 338
cena:
5,50 €



3. slovenska konferenca o čipih in polprevodnikih

PROSTOR ZA NALEPKO



DIY efekti za kitaro

Mosaic Click plošča podjetja MIKROE
zagotavlja globalno pokritost

Kako optimizirati izolacijo in zmogljivost z
uporabo naprednih digitalnih izolatorjev

Deset stvari, ki jih je treba upoštevati
pri razvoju ML na robu

Dan najboljše prakse 2025



Raspberry Pi Compute
Module 5 in Raspberry Pi
500 z monitorjem

Razumemo roke

Letalska in vesoljska industrija je zahtevna.

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

Odkrijte vse potrebno na [digikey.si](https://www.digikey.si)



DigiKey

we get technical

UVODNIK

- 4 Spet se bomo več srečevali!
Jurij Mikeln

NOVICE

- 5 Mosaic Click plošča podjetja MIKROE zagotavlja globalno pokritost z možnostjo sledenja več pasov in več konstelacij
<https://www.mikroe.com>
- 6 Nova družina 16-pasovnih stikal Switchtec™ PCIe® Gen 4.0 zagotavlja vsestranskost za avtomobilске in ugnedzene računalniške aplikacije
<https://www.microchip.com>
- 8 Toshiba je izdala nove mikrokontrolerje za krmiljenje motorjev v napravah za široko potrošnjo in v industrijski opremi
<https://www.toshiba.com>
- 10 Brezplinski močnostni releji za enosmerno napetost zagotavljajo varno in učinkovito prekinitve visoke napetosti in do 200 A toka
<https://omron.eu>
- 11 3. slovenska konferenca o čipih in polprevodnikih
Avtor: prof. dr. Andrej Žemva
<https://fe.uni-lj.si>

PREDSTAVLJAMO

- 14 Kako optimizirati izolacijo in zmogljivost z uporabo naprednih digitalnih izolatorjev
Avtor: Rolf Horn
<https://www.digikey.com>
- 18 Najnovejši standard WLAN IEEE 802.11BE za aplikacije v realnem času
Avtor: Kerstin Naser
<https://www.rutronik.com>
- 20 Zaščitite zunanji pomnilnik in intelektualno lastnino programske opreme
Avtor: Giancarlo Parodi
<https://www.renesas.com>
- 22 Deset stvari, ki jih je treba upoštevati pri razvoju ML na robu
Avtor: Yann LeFaou
<https://www.microchip.com>
- 26 Dan najboljše prakse 2025 v luči digitalizacije, umetne inteligence in stalnih izboljšav
Avtor: Združenjem za informatiko in telekomunikacije

PROGRAMIRANJE

- 29 GUI-O in razvojni proces 3. del
Avtor: Janez Pirc
- 33 ESP32 modul v razvojnem okolju Tasmota: spremljanje temperature in vlage z DHT11
Avtor: Boštjan Tovšak
- 36 Projekt KLIMAT CJMCO-0401
Avtor: Mag. Boštjan Šuhel
- 40 DIY efekti za kitaro: cenovno dostopni, enostavni in vsestranski
<https://101-things.readthedocs.io>
- 47 Raspberry Pi Compute Module 5 in Raspberry Pi 500 z monitorjem
Avtor: dr. Simon Vavpotič

Mosaic Click plošča podjetja MIKROE zagotavlja globalno pokritost

Vključuje AIM+ tehnologijo podjetja Septentrio za vrhunsko dušenje motenj. Mosaic Click je kompaktna dodatna plošča za natančno navigacijo in lokacijske aplikacije podjetja MIKROE, ki z inovativnimi strojnimi in programskimi izdelki, ki temeljijo na preverjenih standardih, bistveno skrajšuje čas razvoja...

**Stran:5**

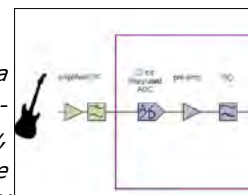
3. slovenska konferenca o čipih in polprevodnikih

Na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani je v sredo, 29. 1. 2025, potekala že 3. slovenska konferenca o čipih in polprevodnikih, SLO-Chip. Letošnjo konferenco je, poleg predavateljev iz Slovenije, odlikovala bogata udeležba priznanih predavateljev iz tujine (Avstrija, Francija, Hrvaška, Nizozemska...

**Stran:11**

DIY efekti za kitaro

Odkrijte potencial svoje kitare ne da bi ogrozili svoj proračun. Ste kitarist, ki želi raziskati nešteto zvokov, ne da bi pri tem oropali banko? Ne iščite več! Predstavljamo vam DIY efekte za kitaro - stroškovno učinkovito in preprosto rešitev za glasbenike, ki si želijo vsestranskosti...

**Stran:40**

Raspberry Pi Compute Module 5 in Raspberry Pi 500 z monitorjem

Raspberry Pi skoraj vsako leto postreže z novostmi, tako za industrijo, kot za domače uporabnike. Tokrat so novosti kar tri! Po dolgem in nestrpnem pričakovanju smo 27. novembra končno dobili novi računski modul Raspberry Pi Compute Module 5, ki bo omogočil celo gradnjo multiračunalniških nosilnih plošč, kakršne smo doslej poznali le...

**Stran:47**www.renesas.com



Jurij Mikeln

Spet se bomo več srečevali!

Drage bralke in dragi bralci revije Svet elektronike. Spet se bomo večkrat videli v živo. To seveda pomeni, da se bomo z nekaterimi od vas srečevali na strokovnih sejmih, ki so s sejmom IFAM pričeli novo sezono sejmov. Lahko bi rekli, da se leto sejmov prične s sejmom IFAM, potem pa se odvijajo drugi sejmi, kot je npr. Embedded World v Nürnbergu, pa MIS v Celju in drugi.

Morda vas večina res ne bo odšla v Nürnberg, v uredništvu smo pa že končali priprave na ta sejem tako, da je večina sestankov z razstavljalci že dogovorjena in se že veselim, da bom s sejma prišel z obilico novosti in informacij, ki jih bomo objavili v reviji Svet elektronike.

REVIJA ZA ELEKTRONIKO,
AVTOMATIČNO,
RAČUNALNIŠTVO
IN TELEKOMUNIKACIJE

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

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

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

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

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

Antivirusni program: PANDA security

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

Direktor:
JURIJ MIKELN, dipl.inž.

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

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

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

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

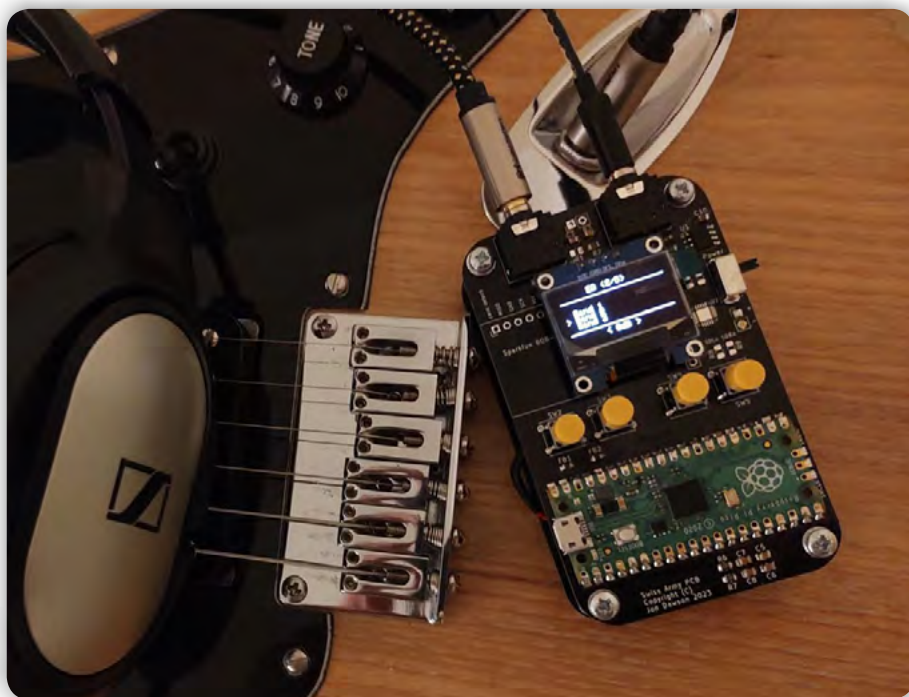
V tokratni številki še ne bomo objavili reportaže s sejma IFAM, ker je enostavno zmanjkalo časa, bo pa reportaža s sejma objavljena v naslednji številki. Vam pa pri našamo obilico zanimivih člankov, izmed katerih naj vam v branje priporočim članek »Efekti za kitaro«. Nekaj številki nazaj ste si lahko prebrali članek o »lampašu« - NF ojačevalniku za kitaro izvedenem z elektronko. Tokrat pa dodajamo malce bolj moden članek efektov za kitaro, ki je narejen s poceni ploščo RPi Pico, ki je najmanjša in tudi najcenejša Raspberry-Pi razvojna plošča. Tako si boste lahko tisti bralci, ki igrate na električno kitaro, naredili svoj ojačevalnik in tudi efekte za kitaro. Če pa boste še malce nadgradili program za efekte za kitaro, bodo vaši efekti lahko zelo unikatni. Digitalno procesiranje signalov in vaša domišljija nimata meja.

Videti je, da tudi ESP32 modul podira vse meje priljubljenosti, saj ga videmo praktično povsod. Zato nadaljujemo serijo člankov o programiranju ESP32 v Tasmota okolju. Tokrat smo pripravili za vas praktični projekt spremljanja temperature in vlage za vse vas, ki gojite – ali bi želeli gojiti užitne gobe.

Ne samo to, da boste ob tem imeli dovolj doma pridelanih užitnih gob, hkrati se boste tudi naučili uporabljati ESP32 modul.

Člankov v tokratni reviji je seveda še precej več, zato vabljeni, da si priskrbite svoj izvod.

Lep pozdrav!
Jure



Mosaic Click plošča podjetja MIKROE zagotavlja globalno pokritost z možnostjo sledenja več pasov in več konstelacij

MikroElektronika

Vključuje AIM+ tehnologijo podjetja Septentrio za vrhunsko dušenje motenj.

Mosaic Click je kompaktna dodatna plošča za natančno navigacijo in lokacijske aplikacije podjetja MIKROE, ki z inovativnimi strojnimi in programskimi izdelki, ki temeljijo na preverjenih standardih, bistveno skrajšuje čas razvoja. Mosaic Click je nov član MIKROE-jeve 1750-članske družine kompaktnih dodatnih plošč Click board™ s podporo mikroBUS™ in vsebuje Mosaic-X5, kompaktni sprejemnik globalnega satelitskega navigacijskega sistema (GNSS) podjetja Septentrio.

Nebojša Matic, izvršni direktor družbe MIKROE je dejal: „Mosaic-X5 se odlikuje po svoji večpasovni in večkonstelacijski sposobnosti sledenja, ki zagotavlja robustno in celovito globalno pokritost. Opremljen je s tehnologijo AIM+ podjetja Septentrio za vrhunsko ublažitev motenj, kar mu omogoča, da se zoپرstavi številnim motnjam signala.“

Mosaic Click ponuja nizko porabo energije, različne možnosti vmesnikov, vključno z USB in UART komunikacijo, ter microSD kartico za zunanje beleženje podatkov. Naprava Mosaic Click je idealna za množične aplikacije in je popolnoma primerna za robotiko, avtonomne sisteme in druge tehnologije, ki zahtevajo natančno določanje položaja in navigacijo.

Mosaic Click je popolnoma združljiv z mikroBUS™ vtičnico in se lahko uporablja v katerem koli gostiteljskem sistemu, ki podpira standard mikroBUS. Na voljo je z odprtokodnimi knjižnicami mikroSDK, ki ponujajo odlično vsestranskost za ocenjevanje in prilagajanje. Mosaic Click, tako kot vse nedavno objavljene Click plošče, ima revolucionarno funkcijo ClickID, ki gostiteljskemu sistemu omogoča, da brez težav samodejno zazna in identificira to dodatno ploščo.

Mosaic Click

Low-power multi-band multi-constellation GNSS receiver



FEATURES

Mosaic-X5 septentrio



O podjetju MIKROE

Podjetje MIKROE si prizadeva spremeniti industrijo ugnedene elektronike z uporabo standardnih strojnih in programskih rešitev, ki prihranijo čas.

Z edinstvenimi koncepti, kot so daljinsko programiranje/odpravljanje, s filozofijo „en nov izdelek/dan“, večarhitekturni IDE in nedavno platforma Embedded Wiki™ z več kot milijonom pripravljenih projektov.

MIKROE združuje svoje razvojne plošče, prevajalnike, pametne zaslone, programatorje/razhroščevalnike in več kot 1700 perifernih Click plošč, da bi bistveno skrajšal čas razvoja.

mikroBUS™; mikroSDK™; SiBrain™ in DISCON™ so odprti standardi in mikroBUS je sprejelo več kot 100 vodilnih proizvajalcev mikrokontrolerjev ter ga vgradilo v svoje razvojne plošče.

<https://www.mikroe.com>



Nova družina 16-pasovnih stikal Switchtec™ PCIe® Gen 4.0 zagotavlja vsestranskost za avtomobilske in ugnedene računalniške aplikacije

Microchip Technology Inc.

Microchipove PCI100x naprave zagotavljajo visoko zmogljivost in stroškovno učinkovitost za vse aplikacije, kjer se uporablja pospešeno ali specializirano računalništvo.

Učinkovito upravljanje prenosa podatkov visoke pasovne širine in nemotena komunikacija med več napravami ali podsistemi sta v avtomobilski industriji in podatkovnih centrih ključnega pomena, zato so PCIe® stikala nepogrešljiva rešitev. Zagotavljajo skalabilnost, zanesljivost in povezljivost z nizkimi zakasnitvami, ki so ključnega pomena za obvladovanje zahtevnih delovnih obremenitev sodobnih visokozmogljivih računalniških sistemov (HPC). Microchip Technology (Nasdaq: MCHP) danes

objavlja razpoložljivost vzorca nove družine stikal PCI100x Switchtec™ PCIe Gen 4.0 [1] v različicah, ki podpirajo paketno preklapljanje in aplikacije z več gostitelji.

PCI1005 je paketno stikalo, ki razširi en PCIe gostiteljski priključek na šest končnih točk. PCI1003 omogoča povezljivost več gostiteljev z netransparentnim povezovanjem (NTB) in jo je mogoče v celoti konfigurirati za podporo od 4 do 8 vrat. Vse

naprave so skladne s specifikacijo PCI-SIG Gen5 in delujejo s hitrostjo do 16GT/s. Pri vseh različicah je podprta hitra DMA. Napredne tehnološke funkcije Switchtec vključujejo samodejno poročanje o napakah (Automatic Error Reporting - AER), omejevanje vrat navzdol (Downstream Port Containment - DPC) in sinhronizacijo zaključnega časa (Completion Timeout Synthesis - CTS). PCI100x so na voljo v širokem temperaturnem območju, vključno s komercialnimi (od 0 °C do +70 °C), industrijskimi (od -40 °C do +85 °C) in avtomobilskimi napravami razreda 2 (od -40 °C do +105 °C).

„Družina PCI100x je stroškovno učinkovita rešitev, ki ne sklepa kompromisov glede visoke zmogljivosti in zanesljivosti. Načrtovalec omogoča, da zdaj izkoristijo zmogljivosti PCIe stikala za množične avtomobilске in ugnezdene računalniške aplikacije,“ je dejal Charles Forni, podpredsednik Microchipove poslovne enote za USB in omrežje. „Poleg teh rešitev za povezljivost lahko kupci pri Microchipu dobijo številne pomembne komponente, vključno s časovnim krmiljenjem, upravljanjem napajanja in senzorji.“

Microchipova široka paleta PCIe stikal zagotavlja visoko gostoto, nizko porabo in zanesljive rešitve za aplikacije, kot so podatkovni centri, strežniki z grafičnimi procesorji, SSD ohišja in ugnezdene računalništvo. Portfelj vključuje tudi Flashtec® NVMe® krmilnike in NVRAM pogone, Ethernet PHY in stikala, časovne rešitve ter FPGA in SoC, ki temeljijo na Flash tehnolo-

logiji, ter podpira trge, kot so skladiščenje, avtomobilska industrija, industrija in komunikacije. Za več informacij o PCIe stikalih obiščite spletno stran [2].

Cene in dobavljivost

Stikali PCI1005 in PCI1003 sta zdaj na voljo v omejenih vzorčnih količinah. Cena za komercialno različico PCI1005 je 43 USD za kos v količini 1.000 enot (upoštevajte, da se cene lahko spremenijo). Za dodatne informacije in nakup se obrnite na Microchipovega prodajnega predstavnika ali obiščite Microchipovo spletno mesto za nabavo in storitve za stranke, www.microchipdirect.com.

Viri:

- 1: <https://www.microchip.com/en-us/products/interface-and-connectivity/pcie-switches>
- 2: <https://www.microchip.com/en-us/products/interface-and-connectivity/pcie-switches>

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>



Toshiba je izdala nove mikrokontrolerje za krmiljenje motorjev v napravah za široko potrošnjo in v industrijski opremi

Toshiba

Novi dodatki širijo Toshiba skupini MCU Arm® Cortex®-M4 M4K in M470 za krmiljenje motorjev.

Toshiba Electronics Europe GmbH („Toshiba“) je predstavila sedem novih 32-bitnih mikrokontrolerjev z Arm® Cortex®-M4 jedri, s čimer je razširila svojo paleto MCU-jev za krmiljenje motorjev. Te krmilniki so idealni za FOC krmiljenje do dveh motorjev na izmenično napetost, brezkrtačnih enosmernih motorjev (BLDC) in več vrst krmiljenja inverterjev, kot so pogoni s spremenljivo frekvenco ali servo pogoni.

Vseh sedem novo izdanih krmilnikov ima procesorska jedra z enoto s plavajočo vejico (FPU) in enoto za zaščito pomnilnika (MPU), notranji oscilator 10 MHz ($\pm 1\%$) in krmilnik DMA (DMAC). Ponujajo funkcionalne bloke za krmiljenje motorjev BLDC in PMSM, usmerjenih v polje, kot so vnaprej programirljivi motorni gonilniki (A-PMD), napredni 32-bitni kodirniki (A-ENC32) in 12-bitni analogno/digitalni pretvorniki visoke hitrosti/visoke ločljivosti. Naprave imajo vgrajene splošne komunikacijske vmesnike UART, TSPI in I²C. Novi mikrokontrolerji so opremljeni s funkcijami samodiagnosticsiranja Flash pomnilnika, RAM-a, ADC in ure, kar razvijalcem pomaga doseči certifikat funkcionalne varnosti razreda B po standardu IEC 60730.

Šest od novo izdanih izdelkov sestavlja novo skupino M4K (1), ki je vključena v Toshiba družino MCU TXZ+™ [1]. Ti mikrokontrolerji delujejo s hitrostjo do 120 MHz in imajo na voljo 128KB ali 256KB Flash pomnilnika ter 18KB RAM pomnilnika. Mikrokontrolerji so dodatno opremljeni z operacijskim ojačevalnikom (OPAMP), delujejo v napetostnem razponu od 2,7 do 5,5 V in so na voljo v LQFP64 (TMPM4K4FxBUG), LQFP48 (TMPM4K2FxBDUG) in LQFP44 (TMPM4K1FxBUG) ohišjih.

Sedmi novi MCU, TMPM471F10FG, razširja Toshiba skupino M470, vključeno v serijo TX04 [2]. Deluje pri frekvenci do 160 MHz in podpira posodobitve ugnedene programske opreme po zraku (FOTA) z 1 MB Flash pomnilnika. Mikrokontroler deluje pri napetostnem razponu od 4,5 do 5,5 V in je na voljo v LQFP100 ohišju z 0,5-milimetrskim razmikom priključkov.

Dokumentacija, vzorčna programska oprema s primeri dejanske



uporabe in gonilna programska oprema, ki upravlja vmesnike za vsako periferno napravo, so na voljo za brezplačen prenos s Toshiba spletnega mesta. Razvojne plošče [3] in razvojna okolja [4] so na voljo v sodelovanju z različnimi tehnološkimi partnerji in globalnimi partnerji Arm® ekosistema.

Za več informacij o Toshiba mikrokontrolerjih obiščite:

- <https://toshiba.semicon-storage.com/eu/semiconductor/product/microcontrollers.html>

Viri:

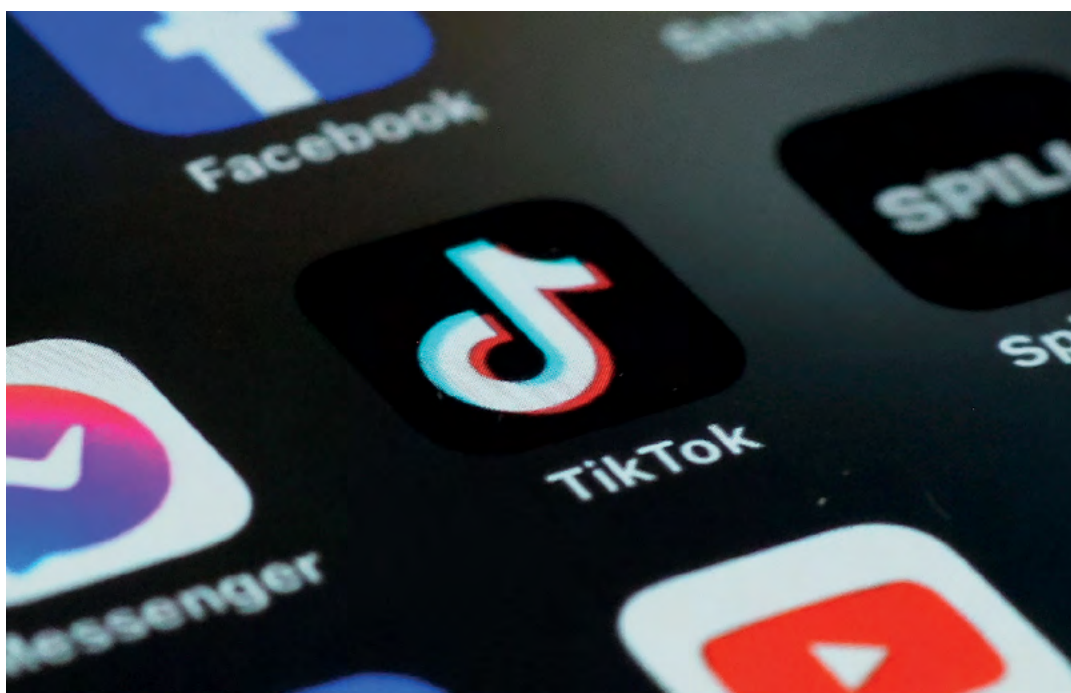
- 1: <https://toshiba.semicon-storage.com/eu/semiconductor/product/microcontrollers/tx4aplus-series.html>
- 2: <https://toshiba.semicon-storage.com/eu/semiconductor/product/microcontrollers/tx04-series.html>
- 3: <https://toshiba.semicon-storage.com/eu/semiconductor/design-development/evaluation-boards.html#Microcontrollers>
- 4: <https://toshiba.semicon-storage.com/eu/semiconductor/product/microcontrollers/tool/tx-txz-family-tool.html>

<https://www.toshiba.com>



TikTok

**Aplikacija, ki je obnorela svet
in prestrašila države.**



SUPER VIRUSI

Posvetili smo se tisti zlonamerni kodi, ki kaže tehnično briljantnost avtorjev in izkorišča manj očitne napake v tehnoloških zasnovah naprav.



MONITORPRO:

- Digitalna preobrazba
- E-trgovina

NVidia Geforce RTX 5090 | Samsung Galaxy S25 | Slušalke Huawei FreeBuds Pro 4 | Tablica z barvnim zaslonom e-ink | Vse o zvočnih karticah | Umetna inteligenca v šolstvu

Brezplinski močnostni releji za enosmerno napetost zagotavljajo varno in učinkovito prekinitev visoke napetosti in do 200 A toka

Omron Corporation

Omron Electronic Components Europe je svoji obsežni ponudbi močnostnih relejev za enosmerno napetost dodal dve novi različici. G9EK-1-UTU in G9EK-1-E zagotavljata kompaktno, a visoko zmogljivo brezplinsko prekinitev za velike tokove in visoke napetosti 500 VDC ali več. Zaradi najnižje porabe energije v panogi in kompaktni velikosti so releji idealni za aplikacije, kot so hitri polnilci enosmerne napetosti za električna vozila, baterije in fotonapetostni pretvorniki.

Visoka zmogljivost kratkega stika je bistvena pomena za aplikacije, kot so baterije, ki prenašajo velike tokove. V številnih primerih se uporabljajo kontaktorji, ki pa so pogosto veliki in zavzemajo dragoceni prostor v aplikaciji. Močnostni rele G9EK-1-UTU za enosmerno napetost zmora 500 VDC pri 120 A, G9EK-1-E pa 500 VDC pri 200 A, oba pa lahko v izjemnih razmerah prenese velike tokove do 5 000 A. Oba releja imata enake dimenzije: 64,2 mm (V) x 86 mm (Š) x 47,7 mm (D). Zasnova naprav ne zahteva prostora za oblok, kar zagotavlja varno delovanje in omogoča manjše aplikacije. Vsak rele ima dvosmerno delovanje in visok maksimalni prekinitevni tok, ki znaša 500 A za G9EK-1-UTU in 1000 A za G9EK-1-E, kar omogoča izklop aplikacij v sili. Dve zaporedni enoti lahko varno prekineta skupno 1000 VDC, kar omogoča večjo odpornost na kratkostične tokove in hkrati izboljša zmogljivost aplikacije.

Releji so optimizirani za uporabo v mobilnih aplikacijah, saj so zelo odporni na tresljaje in udarce ter lahko prenesejo udarec do 100 G in še naprej delujejo. Izdelki so preizkušeni tako, da dosežejo minimalno mehansko vzdržljivost preklopa 200.000 operacij. Patentirana brezplinska zasnova hladi obloke, ne da bi pri proizvodnem procesu potrebovali posebne dele ali materiale, kar je pomagalo znatno zmanjšati ogljični odtis naprav v primerjavi z drugimi enakovrednimi konkurenčnimi izdelki, hkrati pa odpravlja možnost uhajanja plina.

O podjetju OMRON Electronic Components Europe

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

OMRON Electronic Components Europe je evropska podružnica oddelka za rešitve za naprave in module. Spremenjeno ime vizije odraža novo usmeritev v zagotavljanje rešitev strankam



po vsem svetu in v Evropi. Podjetje OMRON se sooča z novimi družbenimi in okoljskimi spremembami, česar se zaveda in se nanje odziva.

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

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

Za več informacij obiščite:

- <https://www.omron.com/global/en/>

<https://omron.eu>



3. slovenska konferenca o čipih in polprevodnikih

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
 Avtor: prof. dr. Andrej Žemva, Predsednik SLO-Chip 2025

Na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani je v sredo, 29. 1. 2025, potekala že 3. slovenska konferenca o čipih in polprevodnikih, SLO-Chip. Letošnjo konferenco je, poleg predavateljev iz Slovenije, odlikovala bogata udeležba priznanih predavateljev iz tujine (Avstrija, Francija, Hrvaška, Nizozemska, Tajvan, ZDA), ki so predstavili najnovejše raziskovalne in razvojne dosežke, in aktualne izzive pri zasnovi, izdelavi in preizkušanju integriranih vezij in sistemov.

Uvodoma so udeležence konference pozdravili prof. dr. Igor Papič, minister za visoko šolstvo, znanost in inovacije, Polona Kōveš z Ministrstva za gospodarstvo, turizem in šport, mag. Špela Kern z Ministrstva za digitalno preobrazbo, in prof. dr. Marko Topič, dekan Fakultete za elektrotehniko, ki so poudarili pomen integriranih vezij in polprevodniške tehnologije v slovenskem in mednarodnem prostoru.

Konferenca je bila sestavljena iz petih vsebinskih sklopov. V prvem, globalnem sklopu, je prof. dr. Masoud Agah, ustanovitelj in izvršni direktor Virginia Alliance for Semiconductor Technology (VAST, ZDA) predstavil različne možnosti za slovensko-ameriško sodelovanje na področju razvoja, načrtovanja

in testiranja integriranih vezij. Nato je dr. Martin Mischitz iz podjetja Infineon Technologies Austria predstavil aktivnosti v okviru projekta IPCEI ME CT (Important Project of Common European Interest in Microelectronics and Communication), s katerimi omogočajo in podpirajo digitalni in zeleni prehod z inovativnimi rešitvami ter energetske učinkovitimi sistemi in proizvodnimi procesi. Sledilo je predavanje o polprevodniški industriji v eni od najpomembnejših držav na področju izdelave čipov, Tajvanu, ki ga je imel dr. Yu-Liang Chung z inštituta ITRI (Industrial Technology Research Institute).

Drugi, plenarni sklop, je vključeval dve plenarni predavanji. V prvem je prof. dr. Johannes Sturm s Carinthia University of





Applied Sciences in vodja Carinthia Institute of Microelectronics predstavil trenutne in bodoče trende pri zasnovi in izdelavi integriranih vezij. V drugem predavanju je dr. Clemens Ostermaier, Infineon Technologies Austria, prikazal polprevodniške gradnike v tehnologiji GaN (galijev nitrid), izdelanih na rezinah premera 300 mm, prednosti te tehnologije v primerjavi s silicijem, primere uporabe in inženirske izzive pri uporabi gradnikov, izdelanih v tej tehnologiji.

Tretji, KC-sklop, je obsegal predstavitev štirih novoustanovljenih kompetenčnih centrov (KC) za čipe in polprevodnike (Slovenija, Hrvaška, Avstrija in Francija). Evropska komisija je novembra 2024 objavila izbor 27 kompetenčnih centrov za čipe v 24 državah članicah, med katerimi je tudi Slovenija. Kompetenčni centri bodo zagotovili potrebne vire za razvoj rešitev na področju polprevodnikov in čipov, zlasti za mala in srednja velika podjetja (SME) in za novoustanovljena (start-up) podjetja.

Vsak kompetenčni center bo izkoristil nacionalne in regionalne prednosti ter se specializiral za specifična ključna tehnološka področja. Ta strateška usmeritev bo zagotovila dolgoročne naložbe v nacionalno strokovno znanje in trajnostno prizadevanje za inovacije in rast. Kompetenčni centri, povezani v evropsko mrežo, bodo okrepili evropsko industrijo polprevodnikov in obravnavali posebne potrebe lokalnih ekosistemov. Slovenski KC je predstavil prof. dr. Janez Krč s Fakultete za elektrotehniko UL.

V prvem popoldanskem delu konference (četrti, strokovni sklop) je sledilo 7 strokovnih predavanj. Čip za vesoljski teleskop Athena, kot enega izmed prispevkov ameriške vesoljske agencije NASA za potrebe evropske vesoljske agencije ESA, smo spoznali v prispevku dr. Petra Orla (Stanford University). Jaka Pribošek (Silicon Austria Labs) je predstavil optične aktuatorje in senzorje v čipu, mag. Gregor Polanšek (Aviat Networks) pa uporabo čipov v elektronskih sistemih na področju brezžičnega prenosa in dostopa. Analiza vplivov mehanske obremenitve na delovanje integriranih vezij je bila predmet predavanja prof. dr. Andrijana Barića (FER, Univerza v Zagrebu). Doc. dr. Jakup Ratkoceri (TU Twente) je predstavil polprevodniška vrednostno verigo in njen pomen pri umetni inteligenci in Žiga Šmelcer (FE, UL) razvoj visoko občutljivega THz nanobolometričnega sistema. Sekcijo je zaključil Miloš Bajić s predavanjem o pomenu integriranih

vezij pri razvoju izdelkov v podjetju Instrumentation Technologies.

Posebnost letošnje konference je bilo tudi tekmovanje avtorjev najboljših magistrskih del s področja čipov in polprevodniških tehnologij, ki so v letu 2024 zagovarjali svoje magistrsko delo na slovenskih inštitucijah znanja (peti, tekmovalni sklop). Na tekmovanju je sodelovalo 5 magistrstov inženirjev elektrotehnike. Tematika njihovih del je obsegala analizo, zasnovo, karakterizacijo in testiranje analognih in digitalnih integriranih vezij v različnih ciljnih tehnologijah. Pomembno je izpostaviti, da se vsi udeleženci tekmovanja na svoji nadaljnji karierni poti ukvarjajo s čipi in polprevodniki v podjetjih in raziskovalnih inštitucijah v Sloveniji. Nekateri izmed njih nadaljujejo tudi z doktorskim študijem. Na letošnjem tekmovanju je po oceni strokovne žirije prvo mesto dosegel Andrej Barachini (Renishaw), drugo mesto Matija Hrušovar (RLS) in tretje mesto Matej Kus (ON Semiconductor Adria).

Več informacij o konferenci se nahaja na spletni strani:

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

Viri:

- <https://vast-alliance.org/>
- <https://www.infineon.com/cms/austria/en/IPCEI-on-ME/>
- <https://www.itri.org.tw/english/>
- <https://www.cime.at/>
- <https://www.infineon.com/cms/en/about-infineon/press/press-releases/2024/INFXX202409-142.html>
- <https://www.gov.si/en/news/2024-11-14-slovenia-among-the-countries-selected-to-establish-a-competence-centre-for-chips-and-semiconductors/>
- <https://profiles.stanford.edu/peter-orel?releaseVersion=10.9.0>
- <https://silicon-austria-labs.com/en/>
- <https://aviatnetworks.com/>
- <https://www.fer.unizg.hr/adrijan.baric>
- <https://people.utwente.nl/j.ratkoceri>
- <https://fe.uni-lj.si/o-fakulteti/katedre-in-laboratoriji/katedra-za-elektroniko/laboratorij-za-mikroelektroniko/>
- <https://www.i-tech.si/>

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



PRIROČNIK za PROGRAMERJE

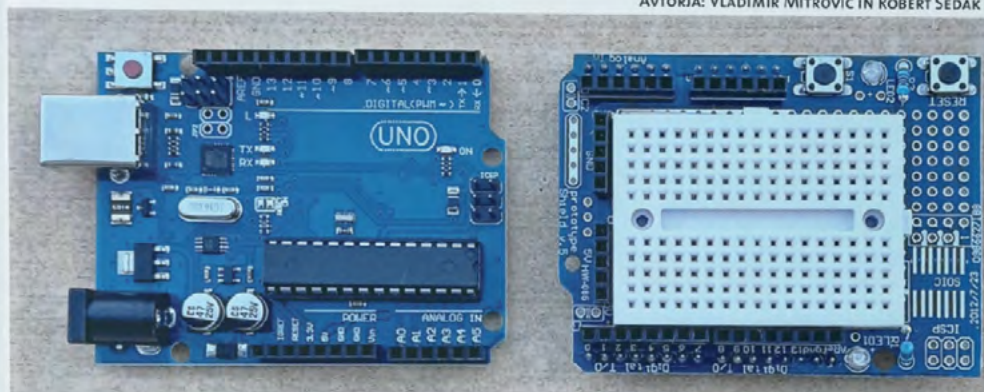


ZAČETNI KORAKI PRI PROGRAMIRANJU

GEEKCREIT

PRIROČNIK ZA PROGRAMERJE

AVTORIA: VLADIMIR MITROVIĆ IN ROBERT SEDAK



GEEKCREIT UNO R3 STARTER KIT



svet
ELEKTRONIKE

Kako optimizirati izolacijo in zmogljivost z uporabo naprednih digitalnih izolatorjev

DigiKey
Avtor: Rolf Horn

Razvijalci elektronskih sistemov morajo za izpolnjevanje zahtev glede zmogljivosti vključiti izolacijo napajanja in signalov, hkrati pa izpolniti zakonske zahteve glede varnosti uporabnikov in naprav.

Izolacijo poti izmeničnega napajanja lahko enostavno izvedete s transformatorjem. Izolacija enosmerne napetosti je prav tako odvisna od transformatorja, čeprav zahteva več vezja. Izolacija analognih signalov, ki so bili digitalizirani, in digitalnih serijskih prenosov podatkov, pa je povezana z različnimi izzivi in zapleti.

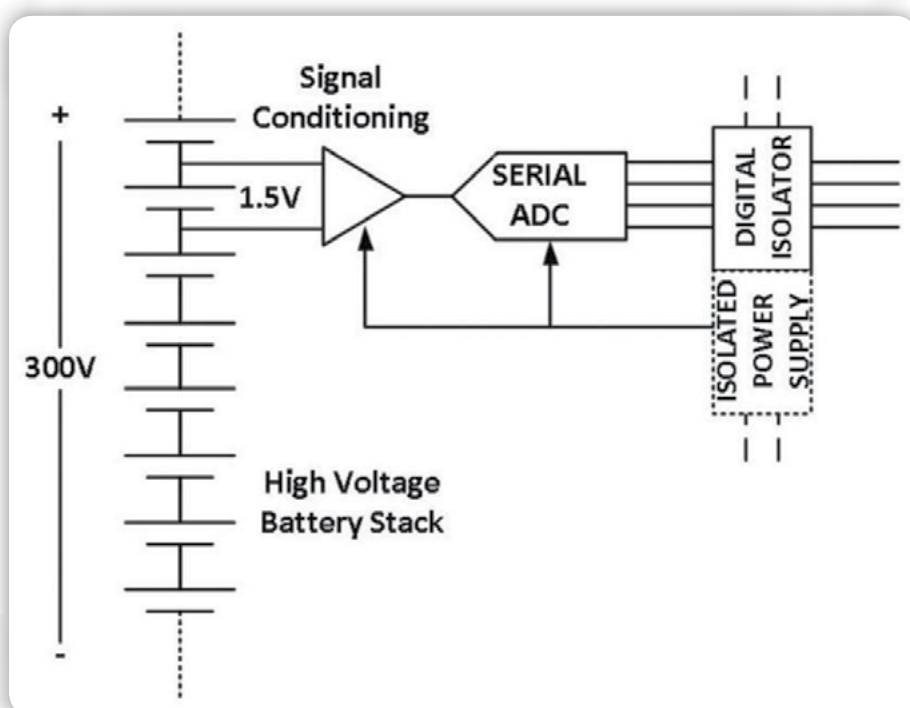
V tem primeru mora tehnika prenosa energije, ki se uporablja za izolacijo, ohraniti celovitost signala prek izolacijske pregrade, da se ohrani zmogljivost sistema. Čeprav obstaja veliko načinov za izvedbo izolacije, morajo razvijalci zagotoviti celovitost signala pri višjih prenosnih hitrostih in v zahtevnejših okoljih. Zato se vse pogosteje odločajo za digitalne izolatorje, ki omogočajo prenos podatkov s hitrostjo 150 megabitov na sekundo (Mbps).

V tem članku je na kratko predstavljeno, zakaj je potrebna izolacija, s poudarkom na potrebi v vezjih, ki temeljijo na senzorjih. Nato obravnava različne vidike izolacije z najsodobnejšimi digitalnimi izolatorji podjetja Analog Devices in pokaže, kako jih je mogoče uporabiti.

Izolacija: zakaj in kje

V vezjih, ki temeljijo na senzorjih, je izolacija potrebna iz več razlogov:

- Izolacija lahko odpravi nihanja napetosti v splošnem režimu in zmanjša nekatere vrste elektromagnetnih motenj (EMI). Zagotavlja tudi čistejše in natančnejše meritve, saj preprečuje, da bi zunanji viri šuma popačilizajeti signal. Omogoča tudi merjenje majhnih signalov z visokimi napetostmi v splošnem režimu.
- Zaradi razlik v potencialih med ozemljitvami vezja lahko ozemljitvene zanke povzročijo razlike v napetosti, ki popačijo izmerjeni signal. Izolacija prekine ozemljitveno zanko.
- Izolacija preprečuje, da bi nevarni skoki napetosti, prehodne spremembe ali prenapetosti dosegli občutljive me-



Slika 1: Uporaba izoliranega vhodnega vezja pri merjenju napetosti posamezne celice v visokonapetostnem nizu premaga izziv napetosti v splošnem režimu. (Vir slike: Analog Devices)

rilne komponente. To ščiti merilno vezje, vse priključene naprave in uporabnika.

- Izolacija podpira varno prevajanje ravni med različnimi funkcijami vezja. Vezje na eni strani izolacijske pregrade ima lahko napetost pretvornika, vezje na drugi strani pa ima lahko napetost 3,3 ali 5 voltov za signale logične ravni.

Pri visokonapetostnih baterijah je na primer pogosto treba poznati napetosti posameznih celic, da se zagotovi varno delovanje sistema in čim daljša življenjska doba baterije. Napetost na posamezni celici je treba izmeriti kljub prisotnosti do več sto voltov napetosti v splošnem režimu vzdolž zaporedno povezanega baterijskega sklopa.

Čeprav je to težavo mogoče odpraviti z analognimi vezji in izolacijskimi ojačevalniki, takšni pristopi ne zadovoljijo potrebe po meritvah z večjo pasovno širino in ločljivostjo ob hkratnem ohranjanju natančnosti, linearnosti in doslednosti sistema.

Namesto tega je najbolj natančna, varčna in učinkovita tehnika za izvajanje teh meritev izolacija celotnega merilnega osrednja vključno z analogno-digitalnim pretvornikom (ADC) in nato uporaba izolirane serijske povezave za digitalizirane podatke s preostalim sistemom (slika 1).

Ta pristop izolira napetost v splošnem režimu baterijskega sklopa in hkrati preprečuje, da bi se v primeru okvare nevarne visoke napetosti prenesle na stran podatkovne povezave ali k uporabniku.

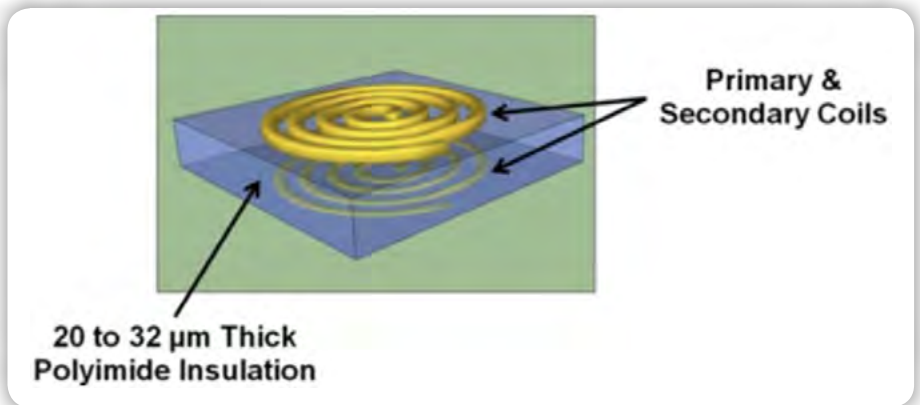
Upoštevajte, da je treba vedno, ko je potrebna izolacija signalov, zagotoviti tudi izolirano napajanje, saj bi neizolirana napajalna vodila bila v nasprotju z izolacijo signalov in bi jo izničila. Potrebno izolacijo napajanja je mogoče izvesti z ločenim vezjem za izolacijo napajanja ali z uporabo baterije kot neodvisnega in izoliranega vira napajanja.

Kako zagotoviti izolacijo

Zmogljivost izolacije določajo številni parametri. Med njimi je najvišja napetost, ki jo izolacijska pregrada lahko vzdrži, preden odpove. Predpisi določajo zahtevano najvišjo vrednost, ki je običajno več tisoč voltov, odvisno od uporabe.

Za izolacijo digitalnih signalov se lahko uporabljajo številne različne tehnologije. Te vključujejo kapacitivni sklop, optični sklop (LED in fototranzistor), RF prenos na »mikro« ravni in magnetni sklop.

Slednji je zanesljiva tehnika s številnimi pozitivnimi lastnostmi, vendar je v preteklosti zahteval razmeroma velik in drag signalni transformator. To se je spremenilo z uvedbo tehnologije *iCoupler* podjetja Analog Devices. Ta pristop uporablja primarne in sekundarne transformatorske tuljave velikosti čipa, ki so ločene z izolacijsko pregrado, ustvarjeno s plastmi poliimidne izolacije (slika 2). Visokofrekvenčni nosilec prenaša podatke prek izolacijske pregrade do sekundarne tuljave.



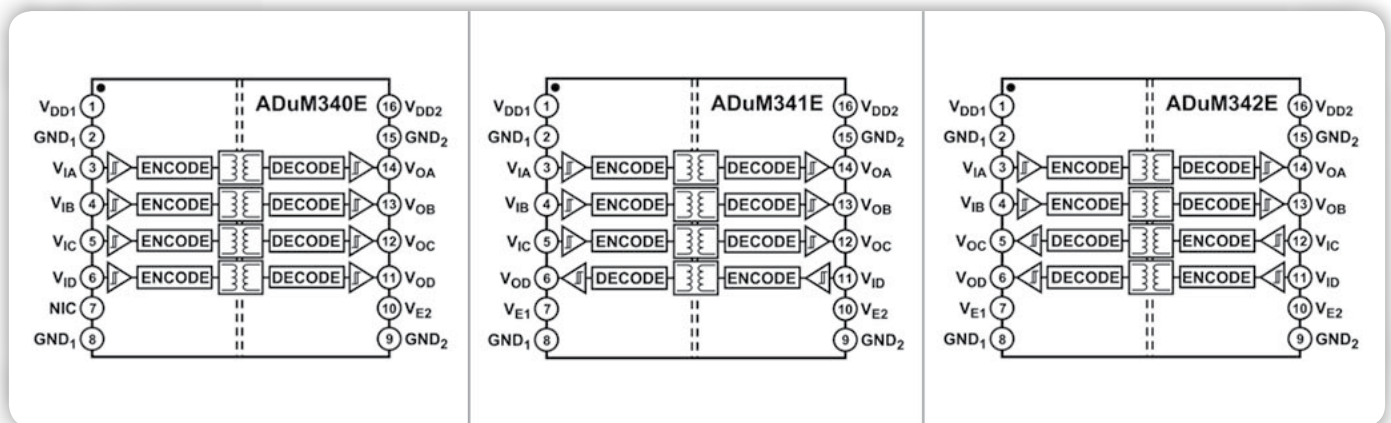
Slika 2: Tehnologija *iCoupler* uporablja visokofrekvenčni nosilec za prenos podatkov s primarne tuljave na sekundarno tuljavo prek debele poliimidne izolacije. (Vir slike: Analog Devices)

Pri delovanju primarni transformator poganja impulzni tok skozi primarno tuljavo, ki ustvari majhno, lokalizirano magnetno polje, ki inducira tok v sekundarni tuljavi. Tokovni impulzi so kratki, približno 1 nanosekundo (1 ns), zato je povprečni tok majhen, kar zagotavlja majhno porabo energije. Tehnika OOK (on/off keying), ki se uporablja za pulziranje, in diferencialna arhitektura zagotavljata zelo majhno zakasnitev širjenja in zmožnost visoke hitrosti.

Polimerni materiali, ki jih uporablja tehnologija *iCoupler*, zagotavljajo robustno izolacijo, saj je material primeren za skoraj vse vrste uporabe. Največ koristi od te zmogljivosti imajo najzahtevnejši primeri uporabe, kot so medicinske naprave in težka industrijska oprema.

Poliimid ima tudi manjšo napetost kot silicijev dioksid (SiO_2), alternativni pregradni material, njegovo debelino pa je mogoče po potrebi povečati. Po drugi strani pa je debelina SiO_2 in s tem zmožnost izolacije omejena; obremenitve na debelini, večji od 15 mikrometrov (μm), lahko povzročijo razpoke na rezinah med obdelavo ali razslojitev v času življenjske dobe izolatorja. Poliimidni digitalni izolatorji uporabljajo izolacijske plasti, debele do 26 μm .

Podjetje Analog Devices nudi različne digitalne izolatorje *iCoupler*, ki temeljijo na transformatorju. Med njimi so



Slika 3: Trije štirikanalni digitalni izolatorji iz serije ADuM34xE imajo podobne specifikacije, vendar se razlikujejo po usmerjenosti kanalov. (Vir slike: Analog Devices)

ADUM340E0BRWZ-RL, ADUM341E0BRWZ-RL in ADUM342E1WBRWZ 3000 voltov rms, 150 Mbps izolatorji za CAN, RS-485, in vmesniki SPI.

Ti trije digitalni izolatorji se skupaj imenujejo ADuM34xE, razlikujejo pa se predvsem po usmerjenosti kanalov. ADuM340E ima štiri kanale usmerjene naprej, ADuM341E ima tri kanale usmerjene naprej in en kanal usmerjen nazaj, ADuM3421 pa ima dva kanala usmerjena naprej in dva kanala usmerjena nazaj (slika 3).

Vsak od treh izolatorjev ima možnost izbire med dvema varnima načinoma (slika 4): izhodno stanje je nastavljeno na nizko, če je vhodna stran izklopljena ali če ne deluje (nizka stopnja varnega delovanja), ali pa je izhodno stanje nastavljeno na visoko, če je vhodna stran izklopljena ali če ne deluje (visoka stopnja varnega delovanja). To omogoča, da se izolatorji ob uporabi v kritičnih primerih vrnejo v znano stanje.

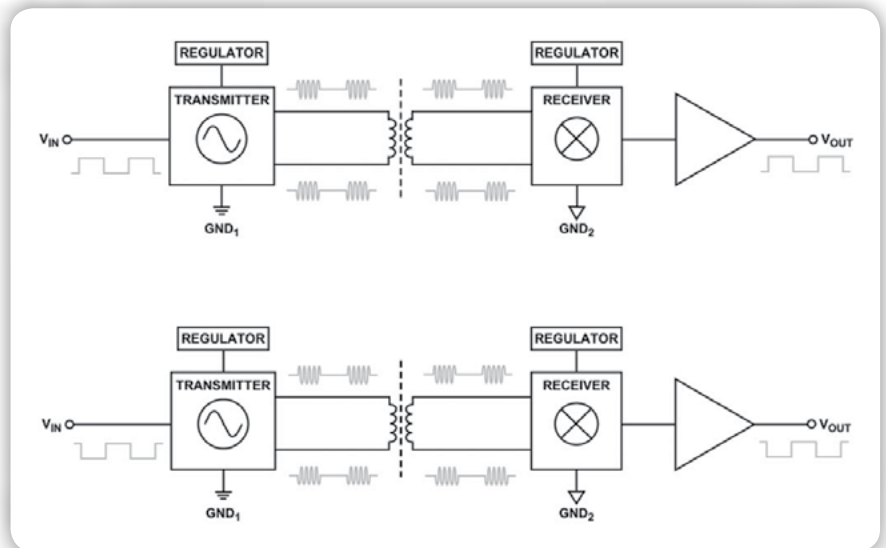
Upoštevajte, da ni nobene povezave med napajanjem na vhodni strani (priključek V_{DD1} na sliki 3) in na izhodni strani (V_{DD2}). Hkrati lahko delujejo pri kateri koli napetosti v okviru svojih določenih delovnih območij in si sledijo v poljubnem zaporedju. Ta funkcija izolatorju med drugim omogoča, da izvaja pretvorbe napetosti 2,5, 3,3 in 5 voltne logike.

Podrobnosti o značilnostih zmogljivosti naprave ADuM34xE

Visoka izolacijska napetost, visoka hitrost, nizka poraba energije in majhna zakasnitev razširjanja so pri izolatorjih ADuM34xE neposredno uporabni, vendar ima njihova arhitektura več prednosti, ki jih lahko uporabijo razvijalci. Skupna poraba energije na primer narašča z delovno frekvenco, potrebe po energiji pa so približno sorazmerne s hitrostjo delovanja naprav. Zato kanali, ki so nedejavni ali se jih preklaplja pri zelo nizkih hitrostih, porabijo zelo malo energije. Rezultat je relativno zmanjšanje porabe energije od enega do dveh velikostnih razredov v primerjavi z alternativnimi tehnikami izolacije.

Ko razvijalec določi največjo zaporedno taktno frekvenco za aplikacijo, lahko izbere tudi povezano izolirano napajanje, ki zagotavlja dovolj toka za to frekvenco, s čimer se odpravi potreba po pretiranem določanju vrednosti, ki presega največjo vrednost izolatorja.

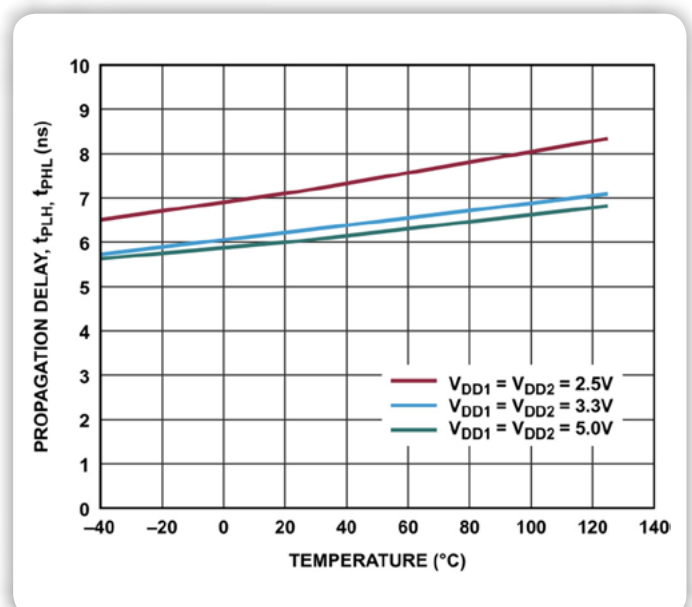
Glede na pomembnost časovnega zamika in zakasnitve pri prenosu v hitrih zaporednih povezavah je pomembno opozoriti, da se zmogljivost digitalnega izolatorja ne poslabša ali spremeni s časom in temperaturo. Medtem ko je trepetanje pri nizkih hitrostih signaliziranja, kjer je njegova napaka majhna v pri-



Slika 4: Prikazani so blok diagrami delovanja enega kanala naprave ADuM34xE, ki ponazarjajo možnosti nizke (zgoraj) in visoke (spodaj) stopnje varnega delovanja ob okvari. (Vir slike: Analog Devices)

merjavi s periodo valovne oblike, manjši problem, pri višjih hitrostih prenosa podatkov postane časovno trepetanje pomemben odstotek intervala signala. Izbira izolatorja z najmanjšim trepetanjem lahko izboljša razmerje med signalom in šumom (SNR) in učinkovitost izoliranega vezja.

Zaradi teh značilnosti arhitekture iCoupler so v podatkovnih listih naprave opredeljene zagotovljene specifikacije minimalne in maksimalne porabe energije, zakasnitev pri prenosu in popačenja impulzov v celotnem temperaturnem območju delovanja od -40 do +125 °C. Razvijalcem te celovite specifikacije poenostavijo izračune, povezane z najslabšo zmogljivostjo sistema.



Slika 5: Tehnologija iCoupler omogoča zelo majhno in v celoti opredeljeno zakasnitev pri prenosu, ki znaša manj kot 10 ns v celotnem temperaturnem območju delovanja. (Vir slike: Analog Devices)



Slika 6: Razvojna plošča EVAL-ADuM34XEEBZ podpira vse tri naprave ADuM34xE in ima odprto lokacijo za uporabnikovo izbiro naprave, združljive s pinoutom. (Vir slike: Analog Devices)

Z zanesljivimi vrednostmi digitalnih izolatorjev, povezanimi z zakasnitvijo pri prenosu (največ 10 ns) (slika 5), zamikom in ujemanjem med kanali, je mogoče modelirati in ovrednotiti specifikacije časovnega načrtovanja sistema na najvišji ravni kot pri drugih digitalnih integriranih vezjih.

Odpornost na prehodne pojave v splošnem režimu (CMTI) je manj znana in zlahka spregledana specifikacija. Stalno preklapljanje pri visokonapetostnih uporabah, kot so polnilna vezja električnih vozil (EV) in hibridnih vozil (HEV), sistemi sončne energije in motorni pogoni, povzročata prehodne pojave v splošnem režimu, kot sta zvonjenje in šum. Tehnologija izolacije v napravah ADuM34xE izkorišča arhitekturo transformatorja s središčnim odcepom, ki za šum na obeh straneh izolacijske pregrade zagotavlja pot do ozemljitve z nizko impedanco. To jim omogoča, da dosežejo stopnjo CMTI najmanj 100 kilovoltov na mikrosekundo (kV/ μ s) (minimalno), kar znatno izboljša celovitost izoliranega signala.

Razvijalce, ki so seznanjeni z delovanjem magnetizma, lahko skrbi, da bi na te izolatorje morda lahko vplivale magnetne močnje, ki bi lahko poškodovale oddajne impulze prek izolacijske pregrade in s tem povzročile napake. Ta skrb je neupravičena, saj je zaradi majhnega polmera in zračnega jedra transformatorjev za nastanek napake potrebno izjemno visoko magnetno polje ali zelo visoka frekvenca. Na digitalne izolatorje ne vpliva 500 amperov (A) pri 1 megahercu (MHz) v žici, oddaljeni le 5 milimetrov (mm) od naprave.

Vrednotenje digitalnih izolatorjev

Funkcionalnost teh izolatorjev je preprosta, vendar je pri njihovi uporabi treba paziti na določene podrobnosti, kot je postavitve plošče, da se zagotovi, da njihove visokonapetostne izolacijske zmogljivosti in delovanje pri visokih hitrostih niso ogrožene.

Za pomoč razvijalcem pri uporabi in vrednotenju naprav Analog Devices ponuja razvojno ploščo EVAL-ADUM34XEEBZ *iCoupler* Digital Isolator Interface Evaluation Board (slika 6). Ta plošča

ima lokacije in postavitve za enega od izolatorjev ter četrto neobvezno lokacijo. Plošča ima med posameznimi komponentami (U1 do U4) ure v obliki črke V, ki uporabnikom omogočajo, da ploščo razdelijo na dele in določeno napravo pregledajo na ploščici ali podobni preizkusni opremi.

Plošča EVAL-ADuM34XEEBZ upošteva ustrezne prakse oblikovanja plošč s tiskanim vezjem (pc board), vključno z ozemljitveno plastjo na obeh straneh izolacijske pregrade. *iCoupler* za vrednotenje naprav s to ploščo potrebuje le osciloskop, generator signalov in napajanje z napetostjo od 2,25 do 5,5 V.

Zaključek

Izolacija je potrebna pri številnih zasnovah, da se ohrani celovitost signala, zagotovi varnost uporabnikov in naprav ter izpolni zakonske zahteve. Naprave za digitalno izolacijo, ki temeljijo na tehnologiji magnetne sklopke *iCoupler* podjetja Analog Devices, ponujajo enostavno uporabo in zanesljive rešitve visoke hitrosti. Njihove osnovne specifikacije, vključno z minimalno degradacijo v času in temperaturi, zagotavljajo vrhunsko dolgoročno zmogljivost.

Povezana vsebina:

- Analog Devices, "Anatomy of a Digital Isolator"
 - » <https://www.analog.com/en/resources/technical-articles/anatomy-of-a-digital-isolator.html>
- Analog Devices, "Digital Isolators Simplify Design and Ensure System Reliability"
 - » <https://www.analog.com/en/resources/technical-articles/digital-isolators-simplify-design-and-ensure-system-reliability.html>
- Analog Devices, "Replacing Optocouplers with Digital Isolators"
 - » <https://www.analog.com/en/resources/analog-dialogue/raqs/raq-issue-16.html>
- Digikey, "ADuM34xE Quad Digital Isolators" (stran izdelka)
 - » <https://www.digikey.com/en/product-highlight/a/analog-devices/adum34xe-quad-digital-isolators>

<https://www.digikey.com>



Najnovejši standard WLAN IEEE 802.11BE za aplikacije v realnem času

RUTRONIK GmbH

Avtor: Kerstin Naser, korporativna vodja izdelkov za brezžično omrežje pri podjetju Rutronik

Wi-Fi 7 uporablja učinkovitejše frekvenčne pasove, večkanalno delovanje in širino kanala 320 MHz, kar zagotavlja višje hitrosti do 46 Gb/s, manjšo zakasnitev in večjo zanesljivost omrežja. Izboljšave zmogljivosti so še posebej koristne za aplikacije, ki zahtevajo delo v realnem času.

Wi-Fi 7 zmaguje s sedmimi funkcijami

Po izidu standardov Wi-Fi 6 in Wi-Fi 6E je združenje Wi-Fi Alliance v začetku leta predstavilo najnovejši standard IEEE 802.11be, znan tudi kot Wi-Fi 7. Standard Wi-Fi 7 ponuja še višje hitrosti prenosa podatkov in izjemno nizke zakasnitve. Ta standard tako izpolnjuje zahteve za aplikacije, kot so razširjena, navidezna in obogatena resničnost.

Medtem ko številni uporabniki še vedno uporabljajo Wi-Fi 5, sta se na trgu uveljavila tudi Wi-Fi 6 ali Wi-Fi 6E. Nekateri dobavitelji že ponujajo izdelke, združljive s standardom Wi-Fi 7. Zveza Wi-Fi Alliance predvideva, da bo do leta 2028 na trgu na voljo 2,1 milijarde naprav s podporo Wi-Fi 7. Usmerjevalniki, pametni telefoni, osebni in tablični računalniki so med prvimi napravami, ki podpirajo novi standard [1], vendar Rutronik že ponuja tudi rešitve za industrijski sektor, kot je podrobno opisano v našem katalogu Wi-Fi 7. Preglednica 1 prikazuje razvoj in razlike med standardi Wi-Fi od standarda Wi-Fi 5 do najnovejšega standarda Wi-Fi 7.

Združenje Wi-Fi Alliance opredeljuje ključne aplikacije za Wi-Fi Certified 7 kot večuporabniške AR/VR/XR, 3D usposabljanje, igranje iger, pretakanje videoposnetkov ultra visoke ločljivosti, hibridno delo, industrijski internet stvari (IIoT) in avtomobilsko industrijo [1]. Zaradi visoke zanesljivosti in hitrosti prenosa podatkov pa so izvedljive tudi zelo natančne aplikacije, kot sta



Vodilna figura: Shutterstock Stock Photo ID: 2435733747

telediagnostika in telekirurgija. Potrebno povečanje zmogljivosti je posledica naslednjih sedmih značilnosti [1]:

- **320 MHz kanalov:** Na voljo v državah, ki za Wi-Fi sproščajo frekvenčni pas 6 GHz. Ultra širokopasovni kanali podvojijo trenutno najširši kanal 160 MHz za Wi-Fi 6/6E na 320 MHz, s čimer se učinkovito podvojijo tudi hitrosti prenosa podatkov za posamezne naprave.
- **Več-povezovalno delovanje (MLO):** Pri prejšnjih standardih WLAN so usmerjevalniki za prenos podatkov izbrali en sam frekvenčni pas, frekvenčne pasove pa so preklapljali le pod določenimi pogoji. Pri Wi-Fi 7 MLO omogoča napravam, da hkrati pošiljajo in sprejemajo podatke v več frekvenčnih pasovih, kot sta 5 GHz in 6 GHz. To omogoča večjo prepustnost podatkov, manjšo zakasnitev in večjo zanesljivost.
- **4K QAM:** Wi-Fi 7 omogoča višjo hitrost prenosa podatkov. Ta hitrost prenosa podatkov je določena s tehniko modulacije, imenovano kvadraturna amplitudna modulacija (QAM). V primerjavi s 1 024 QAM pri Wi-Fi 6/6E in le 256 QAM pri Wi-Fi 5 je pri Wi-Fi 7 mogoče prenesti 4 096 QAM (ali 4K QAM). 4K QAM zdaj omogoča do 20 odstotkov višje hitrosti prenosa podatkov (12 bitov namesto 10 bitov).
- **512 potrditev stisnjene bloka:** Pri Wi-Fi 7 je mogoče hkrati poslati do 512 podatkovnih paketov (MPDU - podatkovne enote protokola MAC), pri Wi-Fi 6 pa 256 podatkovnih paketov. S tem se zmanjšajo režijski stroški in poveča splošna učinkovitost.
- **Več enot virov (RU) za eno postajo (STA):** večja prožnost pri načrtovanju virov spektra za večjo učinkovitost spektra. To je mogoče doseči, ker Wi-Fi 7 razdeli kanal na več podkanalov, znanih kot enote virov (RU). Ta postopek je podoben postopku OFDMA v omrežju Wi-Fi 6. Z delitvijo kanalov interferenčni signali vplivajo le na del kanala WLAN in ne na celoten kanal, kot je to veljalo pri prejšnjih standardih Wi-Fi. Preostali del se zato še vedno lahko uporablja za prenos podatkov.
- **Sprožen dostop do povezave navzgor:** Optimizira dostop do povezave navzgor, kot je opredeljeno v Wi-Fi 6, da bolje obvladuje tokove, občutljive na zakasnitev, in izpolnjuje zahteve glede kakovosti storitev (QoS). Funkcija storitve razvrščanja tokov (SCS) z „razvrščanjem“ podatkov daje prednost občutljivim podatkom, kot so igre, glas in video, pred množičnim prometom.
- **Komunikacijske storitve za pripravljenost na izredne razmere (EPCS):** Uporabnikom ponudite celovito izkušnjo

	Wi-Fi 5	Wi-Fi 6	Wi-Fi 6E	Wi-Fi 7
Publikacija	2013	2019	2021	2024
Standard IEEE	802.11ac	802.11ax	802.11ax	802.11be
Max. Hitrost prenosa podatkov PC	~ 1,7 Gb/s	~ 2,4 Gb/s	~ 2,4 Gb/s	~ 5,8 Gb/s
Največje hitrosti prenosa podatkov za dostopne točke	~ 7 Gb/s	~ 9,6 Gb/s	~ 9,6 Gb/s	~ 46 Gb/s
Skupine	2,4 + 5 GHz	2,4 + 5 GHz	6 GHz	2,4 + 5 + 6 GHz
Velikost kanala	20, 40, 80, 160 MHz	20, 40, 80, 160 MHz	20, 40, 80, 160 MHz	20, 40, 80, 160, 320 MHz
Modulacija	256-QAM-QFDMA	1024-QAM-QFDMA	1024-QAM-QFDMA	4096-QAM-QFDMA
MIMO	8 x 8 MIMO, DL MU-MIMO	8 x 8 UL/D/MU-MIMO	8 x 8 UL/D/MU-MIMO	16 x 16 MU-MIMO
Varnost	WPA 2	WPA 3	WPA 3	WPA 3

Preglednica 1 : Razvoj in razlike med standardi Wi-Fi od Wi-Fi 5 do Wi-Fi 7

storitev NSEP (nacionalna varnost in pripravljenost na izredne razmere) ter hkrati ohranite prednost in kakovost storitev (QoS) v dostopnih omrežjih Wi-Fi. EPCS omogoča dostopnim točkam (AP), da komunicirajo s pooblaščenimi postajami, ki niso AP, z višjo prioriteto.

Aplikacije z zahtevami po realnem času imajo koristi od bistveno izboljšane latence. Za doseg teoretično največje hitrosti prenosa podatkov 46 Gb/s so potrebne postaje WLAN s 16 podatkovnimi tokovi (prostorskimi tokovi), tj. tudi s 16 antenami. V praksi to za majhne naprave, kot so mobilni telefoni, ni praktično. Za tipično domačo uporabo običajno zadostujejo usmerjevalniki z manjšim številom anten. Vsekakor pa je to smiselno za velika podjetja, pametna mesta, letališča, hotele itd. s številnimi končnimi uporabniki.

Prvi izdelki na voljo

Če želite v celoti izkoristiti zmogljivost in učinkovitost novega standarda, morajo izdelki, ki podpirajo Wi-Fi 7, izpolnjevati določene zahteve. Naprave morajo biti opremljene s čipi, združljivimi s standardom Wi-Fi 7, ki podpirajo nove funkcije in višje hitrosti. Poleg tega morajo biti izdelki sposobni uporabljati več frekvenčnih pasov hkrati, da se izboljša zmogljivost omrežja. Poleg tega je za večjo gostoto in učinkovitost prenosa podatkov potrebna podpora za 4.096 QAM. Rutronik že ponuja usmerjevalnike, glavne plošče, razširitvene kartice, industrijske module in prenosne računalnike, ki podpirajo Wi-Fi 7.



Slika 1: Kartica Wi-Fi 7 M.2 SX-PCEBE podjetja Silex (vir: Silex)

Intelova modula BE200 in BE202 v celoti podpirata prednosti novega brezžičnega standarda, predvsem



Slika 2: Wi-Fi 7 SMT različica SX-PCEBE podjetja Silex (vir: Silex)

nizke zakasnitve, visoko zanesljivost in visoke hitrosti: BE202 omogoča 2,4 Gb/s s tokovi 2 x 2 TX/RX, BE200 pa celo 5,8 Gb/s. Obe rešitvi podpirata tudi standard Bluetooth 5.4. Poleg tega so ti moduli predhodno certificirani po vsem svetu, kar strankam prinaša znatne prihranke pri stroških. Vendar je podpora VPRO trenutno mogoča le za BE200. Prav tako še niso na voljo različice za industrijsko temperaturno območje ali vgrajene aplikacije. Obe kartici je mogoče dobiti v obliki M.2 2230 in M.2 1216.

Silex je napovedal tudi platformo Wi-Fi 7 s SX-PCEBE. Tako kot Intelovi izdelki bo tudi vtična kartica SX-PCEBE na voljo v dveh oblikah: kot vtična kartica M.2 2230 in kot vtična kartica SMD M.2 LGA tipa 1620. Poleg Wi-Fi 7 modul podpira tudi Bluetooth 5.3, temelji na čipovju Qualcomm QCC2076 in ima temperaturno območje delovanja od -40 °C do +85 °C. Prve vzorce tega modula pričakujemo do konca leta 2024, serijska proizvodnja pa je načrtovana za prvo četrtletje leta 2025.

Poleg omenjenih rešitev z vtičnimi karticami Rutronik že ponuja celotne usmerjevalnike Wi-Fi 7 in osnovne plošče podjetja Asus ter posebne usmerjevalnike za avioniko podjetja Avantech. Čipi Wi-Fi 7 podjetja Mediatek so zdaj na voljo za strokovne razvijalce in velikoserijske projekte. Ustrezne antene Wi-Fi 7 podjetij 2J in Kyocera AVX lahko prav tako dobite pri podjetju Rutronik.

Povzetek

Tako kot Wi-Fi 6E tudi Wi-Fi 7 podpira frekvenčni pas 6 GHz, kar je prednost, saj frekvenčni pas 2,4 GHz uporabljajo tudi druge tehnologije, kot so Bluetooth, ZigBee in Thread. Vendar ne pozabite, da so zaradi višjih frekvenc krajši tudi domet. Za zagotovitev celovite razpoložljivosti omrežja WLAN bo zato morda treba povečati število dostopnih točk. Kljub povratni združljivosti standarda Wi-Fi 7 s prejšnjimi standardi morajo ne le usmerjevalniki, temveč tudi končne naprave podpirati standard Wi-Fi 7, da bi v celoti izkoristili njegove prednosti.

Referenca:

- [1] Zveza Wi-Fi Alliance® predstavila Wi-Fi CERTIFIED 7™ | Wi-Fi Alliance

<https://www.rutronik.com>



Zaščitite zunanji pomnilnik in intelektualno lastnino programske opreme

Renesas Electronics Corporation

Avtor: Giancarlo Parodi, glavni inženir za trženje izdelkov, Renesas Electronics

Dandanes ugnезdeni sistemi zaradi vse večje funkcionalnosti povezljivosti in kompleksnosti aplikacij nenehno povečujejo svoje pomnilniške zahteve. Številni mikrokontrolerji na trgu zagotavljajo gostoto pomnilnika v obsegu nekaj megabajtov, kar bi še pred desetletjem veljalo za več kot zadostno in varno za prihodnost za povprečno aplikacijo.

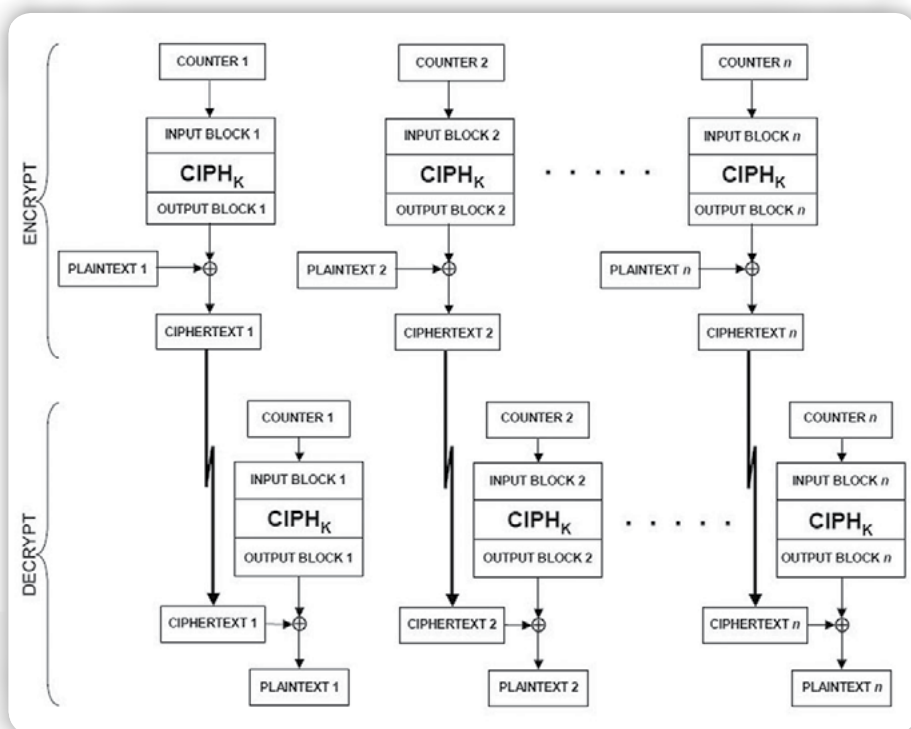
Po drugi strani pa je za vključitev še večje količine nevolatilnega pomnilnika potrebna precej velika površina silicija, kar znatno vpliva na ceno izdelka. Primerna alternativna rešitev je uporaba zunanjega pomnilnika, ki ga je mogoče kupiti v večjih količinah po primerljivo nižjih cenah in z več možnostmi gostote, običajno od nekaj do nekaj deset megabajtov.

Rešitev zunanjega pomnilnika ni primerna le za shranjevanje podatkov o aplikacijah, temveč tudi kode aplikacij, zato ni več skrbi glede časovnega načrta dobavitelja, da bi lahko izpolnil prihodnje potrebe. Po drugi strani pa je treba upoštevati nekatere dodatne vidike, kot sta zmogljivost kode, ki se izvaja iz zunanjega pomnilnika, in kako zaščititi aplikacijsko kodo pred kloniranjem ali spreminjanjem. Pri prvem problemu je rešitev uporaba pomnilnika s širokim vmesnikom, ki poveča fizično prepustnost zaporednih linij. Pomnilniki z osmerokotnim vmesnikom so ena najboljših izbir v smislu kompromisa med številom IO povezav in dosegljivim 2-kratnim izboljšanjem prepustnosti v primerjavi z dosedanjim quad-spi vmesnikom. Običajno takšni sodobni pomnilniki podpirajo tudi nekoliko višje delovne frekvence, tako da je izboljšanje zmogljivosti še večje.

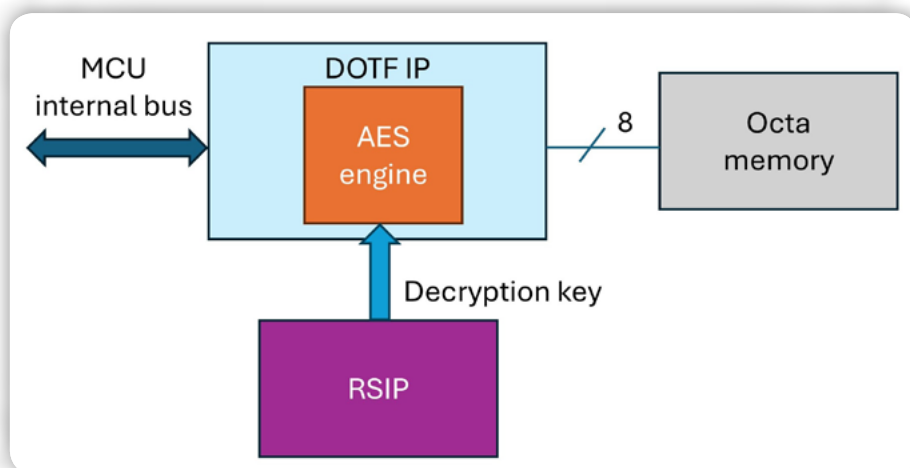
Za zaščito vsebine pomnilnika je treba uporabiti kriptografske tehnike za šifriranje kode, saj bi se sicer napadalec zlahka povezal s pomnilnikom in z malo truda prebral shranjene informacije. Da bi se izognili zakasnitvam postopka dešifriranja, je treba uporabiti konstrukcijske rešitve, ki so hitre in se izvajajo v skladu s postopkom pridobivanja ukazov, kar pomeni, da so z vidika procesorja pregledne. Najnovejši Renesasovi MCU-ji, kot je serija RA8x1, implementirajo tako imenovano arhitekturo „dešifriranja v teku“ (DOTF), ki služi prav temu namenu. Konceptualni prikaz rešitve je prikazan na sliki 1. Načelo je zelo preprosto in temelji na standardu šifriranja/dešifriranja AES z uporabo načina števca (CTR),

kot je določeno v dokumentu NIST SP800-38A. Načelo delovanja načina CTR je prikazano na sliki 2. V CTR načinu se niz števec uporablja kot vhod za funkcijo blokovnega šifriranja, da se ustvari tajni izhod, ki se nato preko EX-OR vrata poveže z odprtim besedilom (ali šifrirnim besedilom) za šifriranje (ali dešifriranje) podatkov sporočila. Zaporedje števec mora biti izbrano tako, da je vsak vhodni blok v nizu drugačen in edinstven. Ta zahteva velja za vsa „sporočila“ (tj. podatkovne elemente), ki se šifrirajo z istim ključem.

Dobra lastnost načina CTR je, da se lahko šifrirne funkcije, povezane s števcem, izvedejo vnaprej, neodvisno ena od druge, in ni treba čakati, da je na voljo podatkovni blok. To pomaga zmanjšati zakasnitve pri branju šifriranih podatkov iz okta pomnilnika, saj lahko generiranje izhodnega bloka poteka vzporedno. Prav tako je mogoče določen blok čistega besedila obnoviti neodvisno od katerega koli drugega bloka, kar je priročno



Slika 1 - Arhitektura sistema DOTF



Slika 2 - Način CTR (vir: NIST SP800-38A)

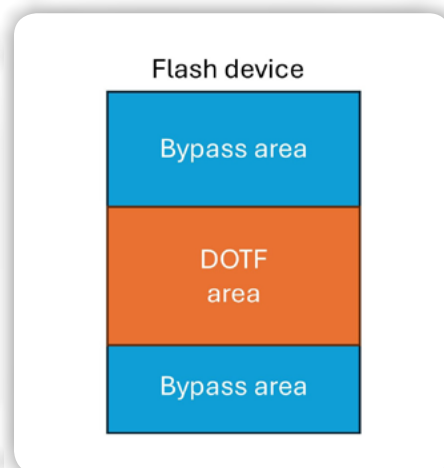
za pridobivanje programskih podatkov, saj lahko procesor glede na potek programa zahteva branje kode na lokacijah, ki si ne sledijo po naslovih.

Parametre, ki se uporabljajo za opredelitev števcov, je treba skrbno izbrati, da se zagotovi njihova edinstvenost. Blok AES je velik 16 bajtov (128 bitov), zato mora biti tudi števec širok 128 bitov. Vsak šifrirani blok v pomnilniku je prav tako poravnana na 16 bajtov, zato se za ustvarjanje edinstvenega števca lahko uporabi združevanje začetne vrednosti in pomnilniškega naslova.

Začetna vrednost je v bistvu nonce (edinstveno naključno število, ki se uporabi enkrat), naslov šifriranega bloka, ki se bere, pa ima zamaskirane 4 LSB, da se ustvari vrednost števca po naslednji shemi: števec [127:0] = InitialValue [127:28] || (MemoryAddress [31:4] >> 4). Izvedba ima še nekaj zanimivih funkcij, ki so zelo koristne, saj omogočajo prilagodljivo in uporabniku prijazno rešitev. Prvič, aplikacija lahko določi naslovno mejo, za katero se bo uporabilo dešifriranje v teku ali pa se bo drugače zaobšlo, kot je prikazano na sliki 3.

To je zelo priročno, če želi aplikacija razdeliti vsebino Flash pomnilnika na kodo in druge podatke, pri čemer se koda dešifrira sproti, podatki pa se preprosto preberejo brez dešifriranja. Slednje aplikaciji omogoča tudi uporabo drugega ključa ali načina šifriranja za podatke in preprečuje deljenje ključa za šifriranje/dešifriranje kode aplikacije za več namenov.

Čeprav standard šifriranja AES predvideva najmanjšo poravnano območja DOTF 16 bajtov, je glede na tipično organizacijo Flash pomnilnika meja raje postavljena na velikost sektorja ali bloka (najmanjša velikost Flash enote, ki se lahko izbriše med programiranjem). V izvedbi je meja DOTF nastavljiva na poravnano naslovov 4KB; aplikacija se dejansko izogne temu, da bi imel pomnilniški blok shranjene podatke DOTF in podatke, ki niso DOTF, kar bi po nepotrebnem otežilo posodobitve na terenu in tovarniško programiranje. Pomnilniška Flash naprava je linearno preslikana v naslovni prostor MCU-ja, IP Octa pa poskrbi za izdajo ustreznih ukazov za branje, kar se običajno imenuje XiP (execute-in-place) način delovanja. Pri šifriranem območju se lahko vsak dostop do zahtevanih 16-bajtnih blokov učinkovito izvede z enkratnim izdajanjem zahtevanega naslova



Slika 3 - Mejne vrednosti DOTF

in nato s kontinuiranim branjem podatkov, s čimer se režijski stroški protokola OctaSPI zmanjšajo na minimum.

Drug pomemben vidik je, kako se obdeluje in nalaga dešifrirni ključ. V napravah, ki podpirajo DOTF, je namenski mehanizem AES implementiran znotraj IP, vendar se ključ za postopek dešifriranja naloži prek zasebne povezave vodila z varnim IP podjetja Renesas; s tem se prepreči uhajanje vrednosti ključa prek notranje povezave MCU vodila. Poleg tega so ključki, ki jih obdeluje Renesasov varni IP, tudi sami šifrirani, zato jih je mogoče varno shraniti v pomnilnik brez skrbi glede zaupnosti in celovitosti.

DOTF podpira 128-, 192- in 256-bitne ključke za največjo prilagodljivost in izbiro v prihodnosti, število različnih ključev, ki jih je mogoče uporabiti za dešifriranje določene slike, pa ni omejeno. Slednje pomeni, da lahko vsaka posodobitev ugnedene programske opreme po želji uporabi drugačen ključ in da ni treba deliti istega ključa med različnimi MCU-ji. Pripravo nove slike je mogoče priročno opraviti brez povezave na varnem gostitelju, preden se posodobitev slike pošlje napravi na terenu ali pošlje šifrirana slika pogodbenemu proizvajalcu v programiranje. Začetni dešifrirni ključ ali „ključ za posodobitev ključa“ (za posodobitev dešifrirnega ključa na terenu) se lahko med proizvodnjo varno vnese v MCU. Vneseni ključki, bodisi na terenu bodisi v fazi proizvodnje, so vedno vezani na določeno enoto MCU, tako da je kloniranje onemogočeno.

Poleg tega so v IP zagotovljeni protiukrepi za zaščito pred napadi stranskih kanalov.

Vse operacije med izvajanjem pregledno opravi strojna oprema, zagotovljeni programski gonilniki pa poskrbijo za inicializacijo in nalaganje parametrov za DOTF operacijo (začetna vrednost, meja) in ključa, preden se operacija lahko začne izvajati. Takšna rešitev bo koristila vsem MCU-jem, ki zahtevajo razširljivost pomnilnika in kompleksne zahteve aplikacij, kar razvijalcem MCU-jev zagotavlja zanesljiv načrt uporabe, hkrati pa varuje naložbe v programsko opremo. Za več informacij o družini RA MCU obiščite www.renesas.com/ra.

<https://www.renesas.com>



Deset stvari, ki jih je treba upoštevati pri razvoju ML na robu

Microchip Technology Inc.

Avtor: Yann LeFaou, pomočnik direktorja v Microchipovi poslovni enoti za dotik in geste

Povpraševanje po industrijskih aplikacijah interneta stvari, ki lahko izvajajo modele strojnega učenja (ML) v lokalnih napravah in ne v oblaku, od napovednega vzdrževanja in prepoznavanja slik do oddaljenega spremljanja sredstev in nadzora dostopa, hitro narašča.

Te tako imenovane „ML na robu“ ali Edge ML namestitve poleg podpore okoljem, v katerih je treba senzorske podatke zbirati daleč od oblaka, ponujajo tudi prednosti, ki vključujejo nizko zakasnitev, sklepanje v realnem času, manjšo komunikacijsko pasovno širino, izboljšano varnost in nižje stroške. Seveda pa izvajanje Edge ML ni brez izzivov, naj gre za omejeno procesorsko moč in pomnilnik naprave, razpoložljivost ali ustvarjanje ustreznih zbirk podatkov ali dejstvo, da večina inženirjev za ugnezdene aplikacije nima znanja s področja podatkovne znanosti. Dobra novica pa je, da obstaja vse večji ekosistem strojne in programske opreme, razvojnih orodij in podpore, ki razvijalcem pomaga pri reševanju teh izzivov.



V tem članku si bomo podrobneje ogledali izzive in opredelili deset ključnih dejavnikov, ki jih morajo upoštevati razvijalci ugnezdenih aplikacij.

Predstavitev Edge ML

Strojno učenje (ML), ki je temelj umetne inteligence, uporablja algoritme za sklepanje na podlagi svežih/živih in preteklih podatkov. Doslej so se ML aplikacije izvajale tako, da se je večina obdelave podatkov izvajala v oblaku. Edge ML zmanjšuje ali odpravlja odvisnost od oblaka, saj lokalnim IoT napravam omogoča analizo podatkov, izdelavo modelov in napovedi ter ukrepanje. Poleg tega lahko naprava nenehno izboljšuje svojo učinkovitost in natančnost, in sicer samodejno in z malo ali nič človeškega posredovanja.

Edge ML lahko močno spodbudi industrijo 4.0, saj bo obdelava v realnem času na robu izboljšala učinkovitost proizvodnje, koristi pa bodo imele tudi aplikacije, ki segajo od avtomatizacije stavb do varnosti in nadzora. Zato je potencial ML na

robu ogromen, kar je razvidno iz nedavne študije družbe ABI Research, ki napoveduje, da bo trg ML na robu do leta 2027 [1] presegel 5 milijard ameriških dolarjev. Medtem ko je bil ML nekoč v domeni matematične in znanstvene skupnosti, je vse bolj del inženirskega procesa in zlasti pomemben element inženiringa ugnezdenih sistemov.

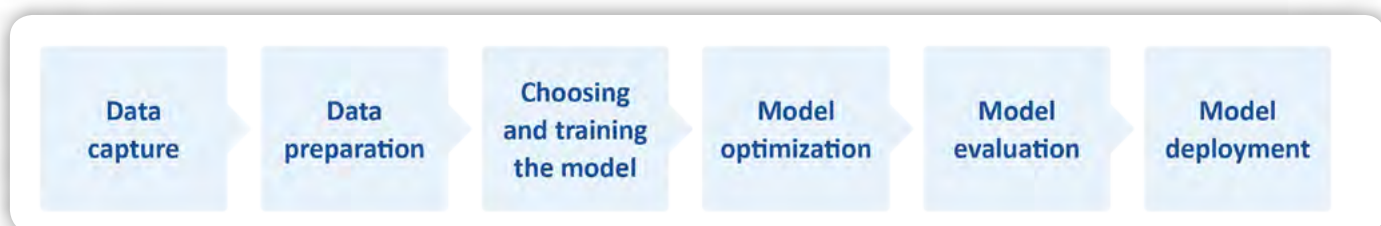
Izzivi, povezani z izvajanjem Edge ML, se zato ne navezujejo toliko na vprašanje „Kje začeti?“, temveč bolj na vprašanje „Kako to narediti hitro in stroškovno učinkovito?“ Naslednjih 10 premislekov naj bi pomagalo odgovoriti na to vprašanje.

1. Zajem podatkov

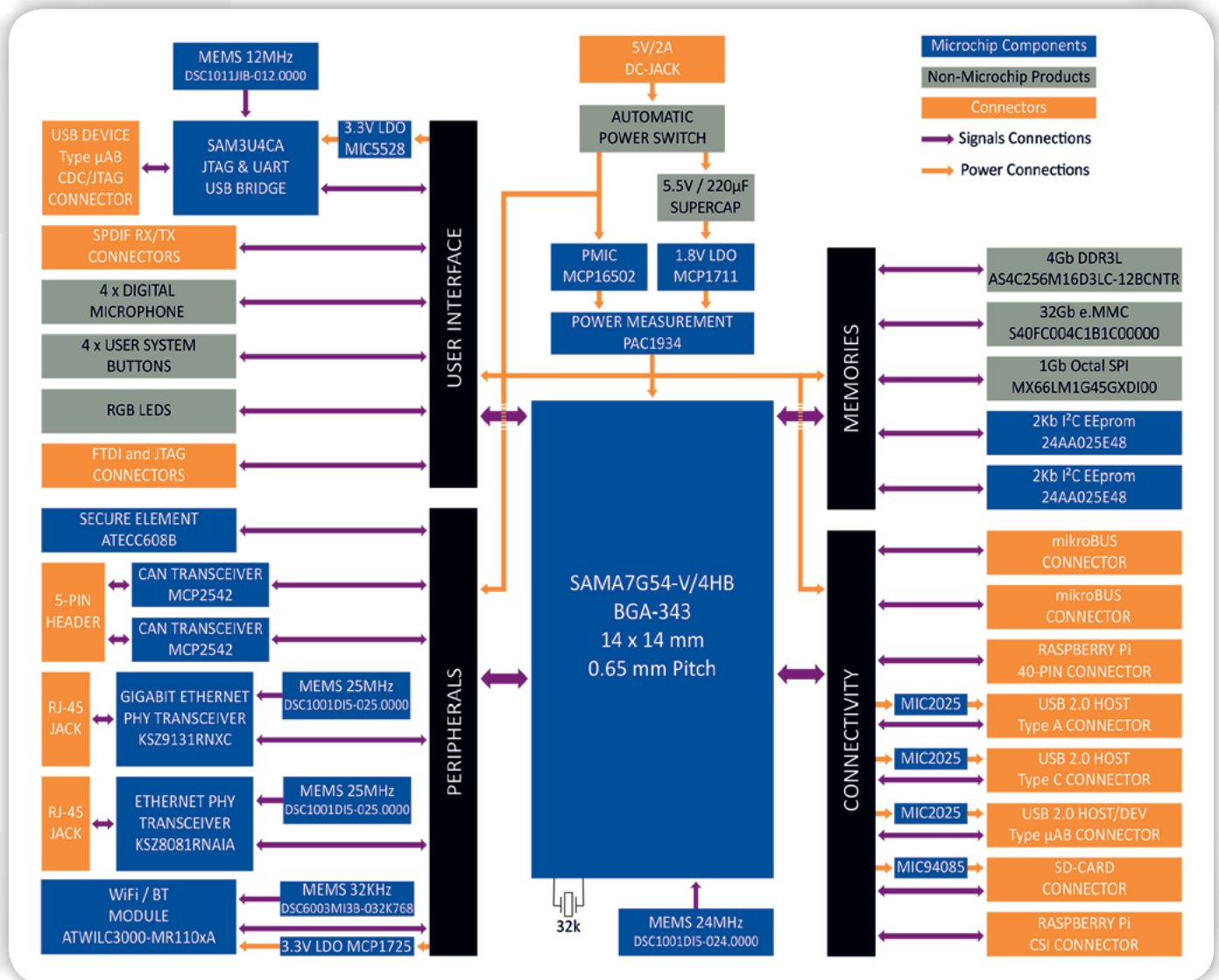
Do zdaj se je večina namestitev ML izvajala v zmogljivih računalnikih ali strežnikih v oblaku. Vendar pa je treba ML na robu izvajati v ugnezdene strojni opremi, ki je omejena s prostorom in energijo. Uporaba pametnih senzorjev, ki v fazi zajemanja podatkov izvajajo določeno stopnjo predobdelave, bo močno olajšala organizacijo in analizo podatkov, saj poskrbijo za prva dva koraka v ML procesnem toku (glej sliko 1). Pametni senzor lahko ustvari eno od dveh vrst pametnih modelov; tiste, ki so usposobljeni za reševanje preproste klasifikacije, ali tiste, ki so usposobljeni za reševanje problemov, ki temeljijo na regresiji.

2. Vmesniki

ML modeli morajo biti uporabni, kar zahteva vmesnike med sestavnimi (programskimi) deli naprave. Kakovost teh vmesnikov bo določala, kako učinkovito bo naprava delovala in se lahko sama učila. Mejo ML modela sestavljajo vhodi in izhodi. Upoštevanje vseh vhodnih funkcij je razmeroma enostavno. Skrb za napovedi modela je manjša, zlasti v nenadzorovanem sistemu. Seveda so vmesniki povezani tudi s fizično povezavo med elementi strojne opreme. Ti so lahko tako preprosti, kot so povezave za USB ali zunanji pomnilnik, ali bolj zapleteni vmesniki, ki podpirajo povezave za video tokove in uporabniško specifične vhode. Aplikacije Edge ML so po definiciji prostorsko, energetska in stroškovno omejene, zato je treba razmisliti o najmanjšem številu in vrsti potrebnih vmesnikov.



Slika 1: Potek postopka strojnega učenja



PREDSTAVLJAMO

Slika 2: SAMA7G54 podjetja Microchip z vgrajenimi video in avdio zmogljivostmi

3. Ustvarjanje optimiziranih zbirk podatkov

Uporaba komercialno dostopnih zbirk podatkov (zbirka podatkov, ki so že urejeni v določenem vrstnem redu) je dober način za pospešitev Edge ML razvojnega projekta. Nabor podatkov je treba optimizirati za uporabo v skladu z namenom Edge ML naprave. Obravnavajte na primer varnostni scenarij, v katerem je treba spremljati vedenje ljudi in samodejno označevati sumljivo vedenje. Če ima lokalna nadzorna naprava vgrajen vid in zmožnost prepoznati, kaj ljudje počnejo - na primer stojijo, sedijo, hodijo, tečejo ali puščajo torbo/kovček brez nadzora - je mogoče odločitve sprejemati pri viru podatkov. Namesto da bi napravo usposobili od začetka, bi bil del vhodnega nabora podatkov nabor za usposabljanje (glej sliko 3), kot je MPII Human Pose (položaj človeka), ki vključuje približno 25.000 slik, pridobljenih iz spletnih videoposnetkov. Podatki so označeni, zato jih je mogoče uporabiti za nadzorovano strojno učenje.

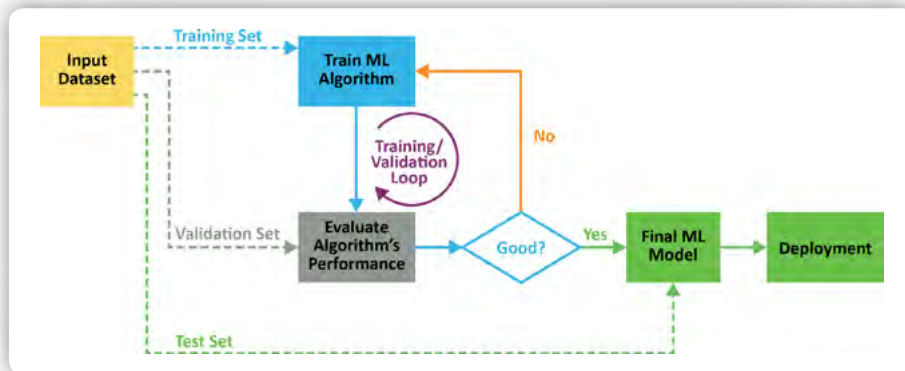
4. Zahteve glede procesorske moči

Procesorska moč, ki je potrebna za Edge ML, se razlikuje glede na aplikacijo. Obdelava slik na primer potrebuje več procesorske moči kot aplikacija, ki temelji na zajemanju senzorja ali

nadzoru vhodnih podatkov. ML modeli, nameščeni v pametnih napravah, delujejo najbolje, če so majhni in če so naloge, ki se od njih zahtevajo, preproste. Z večanjem velikosti modelov in zapletenosti nalog se eksponentno povečuje potreba po večji procesorski moči. Če ta ni izpolnjena, se bo zmanjšala zmogljivost sistema (v smislu hitrosti in/ali natančnosti). Vendar k možnosti uporabe manjših čipov za ML prispevajo izboljšave algoritmov in odprtokodnih modelov (kot je TinyML), ogrodij ML in sodobnih IDE, ki inženirjem pomagajo pri izdelavi učinkovitih modelov.

5. Polprevodniki / pametni senzorji

Številne Edge ML aplikacije zahtevajo obdelavo na robu za prepoznavanje slik in zvoka. MPU-ji in FPGA-ji, ki lahko podpirajo obdelavo v oblaku za takšne aplikacije, so na voljo že nekaj časa, zdaj pa je zaradi razpoložljivosti polprevodnikov z nizko porabo energije za integracijo te funkcionalnosti razvoj aplikacij na robu veliko enostavnejši. Microchipov 1 GHz SAMA7G54 (slika 2) je na primer prvi enojedrni MPU z vmesnikom za kamero MIPI CSI-2 in naprednimi zvočnimi funkcijami. Ta naprava združuje celoten slikovni in avdio podsistem, podpira do 8 milijonov slikovnih pik in 720p @ 60 fps, do štiri



Slika 3: Zgoraj vhodni nabor podatkov vključuje podatke za usposabljanje.

I2S, en oddajnik in sprejemnik SPDIF ter 4-kanalni pretvornik vzorčne frekvence zvoka. Poleg tega za napredno obdelavo na robu ni več potrebna posebna naprava. Inženirji ugotavljajo, da se napredek v polprevodniških tehnologijah in ML algoritmih združuje, tako da komercialno dostopni 16-bitni in celo 8-bitni MCU-ji postajajo možnost za učinkovito izvedbo Edge ML. Pri številnih aplikacijah je uporaba takšnih naprav z majhno močjo in v majhnem ohišju predpogoj za zagotavljanje industrijskih Edge ML sistemov, ki temeljijo na senzorjih in se napajajo z baterijami, ter so namenjeni industrijskemu IoT.

6. Odprtokodna orodja, modeli, ogrodja in IDE-ji

Pri vsakem razvoju bo razpoložljivost odprtokodnih orodij, modelov, ogrodij in dobro razumljivih integriranih razvojnih okolij poenostavila in pospešila načrtovanje, testiranje, izdelavo prototipov in zmanjšala tako pomemben čas za lansiranje na trg. V primeru strojnega učenja na robu je še posebej pomemben pojav „drobnega strojnega učenja“ (Tiny Machine Learning ali TinyML). Po opredelitvi fundacije tinyML je to „hitro rastoče področje tehnologij in aplikacij strojnega učenja, vključno s strojno opremo (posebna integrirana vezja), algoritmi in programska oprema, ki lahko izvaja analizo podatkov senzorjev (video, zvočnih, IMU, biomedicinskih itd.) v napravi pri izjemno nizki porabi energije, običajno v območju mW in manj, ter tako omogoča različne primere uporabe, ki so vedno na voljo, in je usmerjena na naprave, ki delujejo na baterije.“ Zahvaljujoč TinyML gibanju se je v zadnjih letih eksponentno povečala razpoložljivost orodij in podpore, ki olajšujejo delo inženirjev ugnezenega načrtovanja.

Dobra primera takih orodij sta Edge Impulse in SensiML™. Ta orodja, ki zagotavljajo „TinyML kot storitev“, pri kateri se lahko ML aplikacija uporablja v obsegu le nekaj kilobajtov, so popolnoma združljiva s knjižnico TensorFlow™ Lite za uvajanje modelov na mobilnih napravah, mikrokontrolerjih in drugih napravah na robu. Z izbiro takšnih orodij lahko razvijalci zagotovijo hitro klasifikacijo, regresijo in odkrivanje anomalij, poenostavijo zbiranje dejanskih senzorskih podatkov, zagotovijo obdelavo signalov v živo od surovih podatkov do nevronske mreže ter pospešijo testiranje in poznejšo namestitve v ciljno napravo.

7. Razvojni kiti

Večja razpoložljivost razvojnih kompletov je še en dejavnik, ki prispeva k hitrejšemu izvajanju Edge ML aplikacij. Številni izdelki, ki se tržijo, temeljijo na strojni opremi in ugnezdeni pro-

gramski opremi (ter gonilnikih, programskih modulih in algoritmih, ki delujejo na njih) ugnezdenih sistemskih razvojnih kompletih, ki so primerni za razvoj ML aplikacij in so na voljo pri številnih prodajalcih. Na primer, Raspberry Pi 4 Model B temelji na štirijedrnem 64-bitnem SoC Broadcom® BCM2711 Cortex®-A72 (s taktom 1,5 GHz), ima grafični procesor Broadcom VideoCore® VI in 1/2/4 GB LPDDR4 RAM ter lahko zagotovi od 13,5 do 32 GFLOPS računske zmogljivosti. Pri razvoju zasnove je vredno porabiti nekaj časa za raziskovanje delov, ki se uporabljajo v razvojnih kompletih, saj je lahko koristno, da končno aplikacijo sestavite z uporabo istega silicija. Če na primer ML aplikacija zahteva ugnezden vid, so Microchipovi FPGA PolarFire® SoC idealni za računsko intenzivno obdelavo vida na robu, saj podpirajo ločljivost do 4k z nizkimi 12,37 SERDES.

8. Varnost podatkov

Kar zadeva varnost, je dobra novica to, da se pri Edge ML v oblak prenaša veliko manj podatkov, kar pomeni, da je potencialna možnost za kibernetične napade bistveno manjša. Kljub temu uvedba Edge ML prinaša nove izzive, saj vse naprave na robu - ne glede na to, ali podpirajo ML ali ne - nimajo več inherentne varnosti oblaka in morajo biti neodvisno zaščitene tako, kot vse druge IoT naprave ali ugnezdeni sistemi, povezani v omrežje.

Varnostni vidiki, ki jih je treba upoštevati, vključujejo:

- *Kako enostavno lahko hekerji spremenijo podatke (ki se vnašajo in/ali uporabljajo za usposabljanje) ali ML model?*
- *Kako varni so podatki? Ali je mogoče do njih dostopati pred šifriranjem? Pri tem je treba opozoriti, da je za šifriranje treba ključne hraniti na varnem (ne očitnem) mestu.*
- *Kako varno je omrežje? Ali obstaja nevarnost, da se nepooblaščen (ali navidezno pooblaščen) naprave povežejo in povzročijo škodo?*
- *Ali je Edge ML napravo mogoče klonirati?*

Zahtevana raven varnosti je seveda odvisna od aplikacije (lahko je na primer varnostno kritična) in/ali narave „večjega sistema“, katerega del je Edge ML naprava.

9. Lastne zmogljivosti

V tipični inženirski ekipi so različne stopnje razumevanja ML in AI. Odprtokodna orodja, razvojni kompleti in nabori podatkov, ki so na voljo, pomenijo, da inženirji ugnezdenih naprav ne potrebujejo poglobljenega razumevanja podatkovne znanosti ali nevronske mreže globokega učenja. Vendar pa lahko pri uvajanju katere koli nove inženirske discipline ali metodologije (ali vlaganju v orodja) čas, porabljen za usposabljanje, dolgoročno vodi do krajšega razvojnega časa, manjšega števila zasnov in boljšega rezultata na inženirja. Številne informacije o ML na spletu v obliki učbenikov, belih knjig in spletnih seminarjev (ter dejstvo, da inženirski sejmi organizirajo seminarje in delavnice o ML) zagotavljajo številne priložnosti za izboljšanje zmogljivosti razvojne ekipe. Med bolj formalnimi tečaji je program MIT

Professional Certificate Program in ML and AI, Imperial College v Londonu pa izvaja spletni tečaj, ki vključuje modul o razvoju in izpopolnjevanju ML modelov z uporabo Pythona in standardnih industrijskih orodij za merjenje in izboljšanje učinkovitosti. Nazadnje je zdaj mogoče povečati zmogljivosti inženirske ekipe z generativnimi orodji umetne inteligence, kar omogoča novincem, da kodirajo zapletene aplikacije, medtem ko bi lahko upoštevanje ML usposabljanja v primerjavi z neposrednim programiranjem privedlo tudi do krajšega časa razvoja, manj ponovnih različic in boljših rezultatov.

10. Podpora dobaviteljem in partnerstva z njimi

Razvoj aplikacije za napravo s podporo ML je veliko lažji s podporo dobaviteljev, ki so že dejavni na tem področju. Na primer, za ML v oblaku ima AWS priljubljen program „Machine Learning Competency Partners“. Posebej v primeru Edge ML je priporočljivo pogledati dlje od samega dobavljenega izdelka in razmisliti o morebitnih prednostih obstoječih sodelovanj dobavitelja. Podjetje Microchip je na primer vložilo veliko sredstev v vzpostavitev odnosov s partnerji, od prodajalcev senzorjev do ponudnikov orodij, da bi strankam zagotovilo dostop do vsega, od osnovnega svetovanja in usmerjanja do zagotavljanja rešitev na ključ.

Zaključek

Čeprav bi vsaka od desetih točk, ki so na kratko obravnavane zgoraj, zlahka zaslužila samostojen članek, je bil cilj tega članka pomagati razvijalcem ugnезdenih sistemov opredeliti

nekatero ključne dejavnike, ki jih morajo upoštevati, preden se lotijo Edge ML projekta. Če na začetku skrbno preučimo vsako od teh vprašanj, bi moralo biti mogoče oblikovati strategijo, ki bo ustvarila optimizirane rešitve, ki izpolnjujejo cilje glede velikosti, moči, stroškov in zmogljivosti, hkrati pa zmanjšuje tveganje projekta, zmanjšuje število ponovnih različic in skrajšuje celoten čas uvajanja na trg.

1. *ABI Research Edge ML Enablement: Poročilo o analizi uporabe razvojnih platform, orodij in rešitev, junij 2022.*

O avtorju

Yann LeFaou je pomočnik direktorja v Microchipovi poslovni enoti za dotik in geste. V tej vlogi vodi ekipo, ki razvija kapacitivne tehnologije za dotik, in tudi pobudo podjetja za strojno učenje (ML) za mikrokontrolerje in mikroprocesorje. V podjetju Microchip je opravljal vrsto zaporednih tehničnih in trženjskih funkcij, med drugim je vodil globalne trženjske dejavnosti podjetja na področju kapacitivnega dotika, vmesnika človek-stroj in tehnologije za gospodinjske aparate. LeFaou je diplomiral na univerzi ESME Sudria v Franciji.

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>



Moč izbire

Začetnik ali strokovnjak, Bluetooth® rešitve za vse

Dodajanje Bluetooth tehnologije v izdelek poveča funkcionalnost in izboljša uporabniško izkušnjo. Vendar je iskanje pravega ponudnika lahko težavno.

Večina prodajalcev ponuja izjemno veliko izdelkov, pri izbiri med njimi pa vam pomaga le malo navodil. Ponudba je tako velika, da je težko biti prepričan o svoji izbiri.

Ne glede na to, ali ste izkušen strokovnjak ali novinec na področju uporabe Bluetooth-a, imamo rešitev, prilagojeno vašim potrebam. Naša razširjena ponudba Bluetooth izdelkov ponuja vrsto možnosti, ki so zelo funkcionalne in uporabniku prijazne.

Prebrskajte našo ponudbo in poiščite pravo certificirano Bluetooth napravo za vas.



microchip.com/bluetooth



Ime in logotip Microchip ter logotip Microchip sta registrirani blagovni znamki podjetja Microchip Technology Incorporated v ZDA in drugih državah. Vse druge blagovne znamke so last njihovih registriranih lastnikov. © 2025 Microchip Technology Inc. Vse pravice pridržane. MEC2599A-SLO-02-25

Dan najboljše prakse 2025 v luči digitalizacije, umetne inteligence in stalnih izboljšav

Gospodarska zbornica Slovenije
Avtor: Združenjem za informatiko in telekomunikacije

Ljubljana, 30. januar 2025 – Na že trinajstem Dnevu najboljše prakse so bile prikazane najboljše prakse v industriji, ki postavljajo nove mejnike v uporabi tehnologij prihodnosti.

Tradicionalna konferenca, ki jo je organizirala GZS - Zbornica elektroindustrije skupaj z drugimi industrijskimi združenji GZS, je udeležencem ponudila edinstveno priložnost, da spoznajo konkretne primere uporabe umetne inteligence, naprednih rešitev za financiranje digitalizacije ter optimizacije proizvodnih procesov.

Dogodek ni bil le priložnost za izmenjavo znanja, temveč tudi za povezovanje z vodilnimi strokovnjaki, ki so s preko 120 udeleženci delili svoje izkušnje in prakse, ki oblikujejo prihodnost industrije. Ključ do napredka in inovacij je sodelovanje in povezovanje, je uvodoma izpostavila generalna direktorica Gospodarske zbornice Slovenije (GZS) Vesna Nahtigal. Dotaknila se je pomena umetne inteligence in njene uporabe v industrijskih procesih. »Dejstvo je, da umetna inteligenca korenito spreminja poslovne modele, omogoča višjo raven avtomatizacije in

odpira nove priložnosti za personalizirane produkte ter storitve z visoko dodano vrednostjo. Slovensko gospodarstvo ima priložnost za preboj med vodilne države, vendar uspeh zahteva usklajeno sodelovanje gospodarstva, države in znanosti. Na tej poti je nujen pospešek, še posebej na področju implementacije, kjer moramo zadeve pohitriti« je dejala.

Direktorica Zbornice elektroindustrije GZS Andreja Hlišč je izpostavila zadovoljstvo, da so poleg Zbornice elektroindustrije pri organizaciji sodelovala tudi druga industrijska združenja GZS. Poudarila je, da je izmenjava izkušenj in slišanje uspešnih primerov najboljših praks ključnega pomena za podjetja, ki želijo napredovati v digitalizaciji in optimizaciji proizvodnje. »S takšnimi zgledi ne le motiviramo, temveč tudi ponujamo konkretne rešitve, ki podjetjem omogočajo hitrejši prehod v industrijo prihodnosti,« je dodala.



V poslu je strategija odvisna od številnih dejavnikov, med drugim tako od zrelosti trga in tehnologij, pričakovanega razvoja, natančnosti in razpoložljivosti podatkov o trgu, kot tudi kultura, tip in geografsko poreklo partnerjev. »Zato je optimalna strategija unikatna, je pa treba upoštevati nekatera splošna načela,« je povedal Gorazd Lampič, soustanovitelj podjetja Elaphe. Lampič loči med zaporednimi in vzporednimi strategijami, kjer vsaka prinaša različno stopnjo fleksibilnosti, tveganj in zahteva drugačne resurse. Sam je pristaš vzporednih strategij, pri čemer se občasno uporabi zaporedna strategija v kateri večji fokus na posamezni segment posla spodbudi tehnološki korak naprej. Kot svojo največjo napako je označil, da delajo zgolj komponente in ne celih vozil, saj je s končnim produktom »najlažje demonstrirati, da nekaj deluje.«

Dr. Alina Absmeier, vodja proizvodnje v Infineonu Avstrija, je poudarila ključno vlogo polprevodnikov pri energetske učinkovitosti in digitalni preobrazbi. V središču pozornosti je bil operativni nadzorni center na daljavo – ROOC v tovarni v Beljaku, kjer je Infineon razvil prve visoko avtomatizirane polprevodniške teste na svetu. »Nismo le ponudnik digitalnih rešitev, temveč tudi sami uporabljamo digitalne sisteme za nadaljnje povečanje energetske in materialne učinkovitosti. S prvimi visoko avtomatiziranimi polprevodniškimi testi na svetu – enim naših najnovejših vodilnih projektov – postavljamo nove standarde kakovosti in učinkovitosti.

To nam omogoča zagotavljanje inovacij za globalni trg in krepitev naše konkurenčnosti v svetovnem merilu,« je dejala.

Dr. Mark Pleško, direktor Cosylab, je predstavil podjetje, kjer se ukvarjajo s kontrolnimi sistemi za velike fizikalne raziskovalne naprave ter software za zdravljenje raka z radioterapijo. Spregovoril je tudi o previdnosti pri uporabi umetne inteligence. »Uporabljajmo umetno inteligenco kot orodje, ne kot nadomestilo za naravno neumnost.« Slovenski problem ne vidi v pomanjkanju tehnologij, temveč v pomanjkanju samozavesti in podcenjevanju lastnih dosežkov. Izpostavil je pomen dobrih kadrov, ki se jim mora podjetje aktivno posvečati. Ker je pri večjih podjetjih individualen pristop težko izvesti, igra ključno vlogo prava menedžerska kultura. Pleško tako sebe vlogi »gazde, vrača in vizionarja«, pri čemer skuša loviti ravnotežje med temi funkcijami.

V osrednjem delu dogodka je bilo predstavljenih sedem primerov dobrih praks optimizacije proizvodnje z inovativnimi rešitvami in orodji.

Bernarda Uršič Steiner in Bogo Miklavčič iz podjetja Kolektor sta predstavila projekt JUMP, ki jim je v okviru Načrta za okrevanje in odpornost kot eden edinih nacionalnih programov v podporo velikim podjetjem omogočil uspešno financiranje digitalizacije. Z udeleženci sta podelila nasvete za pripravo in izvedbo velikega projekta nadgradnje digitalizacije.

Sebastjan Kotnik, TECOS, je udeležencem predstavil metodo FMEA za znižanje stroškov in izboljšanje kakovosti naših izdelkov, ki so jo poskusno izvedli z uporabo ChatGPT. Pojasnil je, da je metoda v podjetjih ključnega pomena za optimizacijo proizvodnih procesov in preprečevanje napak, če pa pri



predpripravi na FMEA uporabijo še umetno inteligenco, znatno prihranijo tudi na času.

Dr. Tomaž Šuštar iz podjetja C3M je izpostavil sodelovanje z Naravoslovnotehniško fakulteto Univerze v Ljubljani in podjetjem SIJ Acroni za razvoj digitalnega dvojčka za vroče valjanje, ki omogoča simulacijo in optimizacijo procesa, kar vodi k izboljšani kakovosti in zmanjšanju stroškov.

Vodja proizvodne informatike v podjetju INEA, Saša Muhič Pureber, je pohvalila povečanje produktivnosti in zmanjšanje napak pri uporabi rešitve, ki so jo v podjetju razvili, in je med prvimi primeri uporabe te tehnologije v slovenskih proizvodnih obratih. Za Plastico Skaza so namreč razvili tehnologijo avtomatizirane vizualne kontrole kakovosti na liniji kompleksnih plastičnih površin.

Matija Mencinger, Belinka Perkemija kemična industrija, in Klemen Rizman, CREAPLUS, sta predstavila skupno rešitev za odkrivanje anomalij in izboljšanje nadzora kakovosti proizvodne linije. Namen nove platforme, ki temelji na UI, je v Belinki Perkemiji zmanjšati izpade in predhodno zaznati več kot 90% prehodov v alarmantna stanja, kar posledično znatno izboljša učinkovitost, ki se izraža v stabilnosti in konsistentnosti proizvodne linije.

Luka Manojlovič iz podjetja Gostol-gopan je udeležence opozoril na nevarnost, ki jo predstavljajo starejše naprave in stroji v enotnem omrežju ter izpostavil segmentacijo omrež-

ja kot rešitev za večjo varnost pred kibernetickimi napadi. V podjetju namreč na ta način zagotavljajo tako skladnost z Direktivo o ukrepih za visoko skupno raven kibernetiske varnosti (NIS2) kot tudi nemoteno delovanje digitalizirane proizvodnje.

Dušan Zupančič iz Gorenja je prikazal primer dobre prakse implementacije prediktivnega vzdrževanja. Rešitev so razvili s podjetjem MEDIUS, katerega predstavnik Bojan Miličič se je v predavanju navezal na pomen učinkovite in pravočasne analize podatkov, ki poskrbi za detekcijo anomalij in predvidi okvaro opreme ter omogoči pravočasno ukrepanje in podaljšanje življenjske dobe naprav.

Dogodek se je sklenil z glasovanjem in podelitvijo nagrade za najboljši primer dobre prakse, ki jo je prejelo podjetje INEA za predstavitev prakse: Vizualna kontrola kompleksnih plastičnih površin z uporabo umetne inteligence. Saša Muhič Pureber je v imenu INEA prejela kotizacijo za udeležbo na dvodnevni strokovni ekskurziji v organizaciji Zbornice elektroindustrije.

13. Dan najboljše prakse je organizirala GZS – Zbornica elektroindustrije v sodelovanju z Združenjem kovinske industrije, Združenjem kovinskih materialov in nekovin, Združenjem kemijske industrije ter

<https://www.gzs.si>







Tehniška založba Slovenije

www.tzs.si
narocila@tzs.si

MOBNA ŠTEVILKA
080 17 90

DOBRODOŠLA POMLAD!



144 strani
REDNA CENA: 23,99 €

-10 %



posamezna knjiga: 32 strani
REDNA CENA POSAMEZNE KNJIGE: 3,99 €



POSAMEZNA KNJIGA
2€

Odlične ustvarjalne knjige za spomladansko ustvarjanje, ki spodbujajo domišljijo in krepijo razvijanje ročnih spretnosti.



Izjemni ljudje, ki so s svojo nepopustljivo odločnostjo uspeli in prispevali k blaginji človeštva.



posamezna knjiga: 144 strani
REDNA CENA POSAMEZNE KNJIGE: 29,99 €



POSAMEZNA KNJIGA
18€

GUI-O in razvojni proces 3. del

Avtor: Janez Pirc
email: janez.pricc@gmail.com

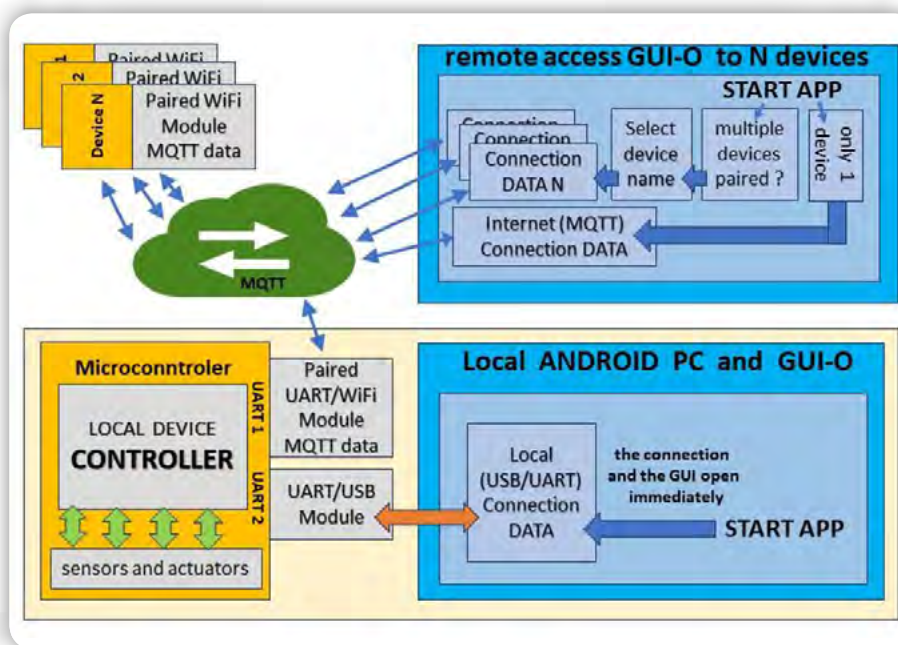
Danes je oddaljeni dostop do naprav nekaj standardnega in pričakovanega. Uporabnikom in serviserjem lahko prihrani čas, denar ter tudi reši kak problem, ko naprava pošlje obvestilo.

Oddaljeni dostop do naprave

Tako, kot je bil včasih za ugnezdene specialiste trd oreh izdelava sodobnega GUI, je danes tudi za GUI specialiste trd oreh drugačna tehnologija za oddaljeni dostop. Klasičen stroškovno učinkovit razvoj oddaljenega dostopa do naprav ponuja spletne tehnologije ter razvoj spletne aplikacije na zalednem strežniku. Potrebna namestitvev zalednega strežnika skupaj z vsemi potrebnimi komunikacijskimi programi ter razvoj spletne aplikacije je zahteven proces in temu primerno drag. Še dražji je razvoj samostojne ANDROID mobilne aplikacije. Klasični pristop izdelave GUI za oddaljeni dostop do naprave pogosto ustvari novo ločeno arhitekturo MVC. Že opisani problemi podvajanja MVC se tu ponovno rešujejo. Relativno visoka cena kasneje izdelanega projekta pa pogosto tudi po nepotrebnem oklesti zeleno funkcionalnost.

Zunanji izvajalci za izdelavo rešitve navajajo vrsto možnih tehnologij ter zagovarjajo tezo: »Ni enotne rešitve za različne projekte.« Že sam izbor rešitve je zahteven. Rešitev, ki jo zunanje podjetje obvlada, se kasneje, za čuda, izkaže kot najboljša za vaš projekt. Marketing zunanjih podjetij izkorišča kompleksno področje varnosti podatkov kot argument, da se postavitve IoT povezav ne bi lotili sami. Ponujajo tudi hibridni pristop: za izdelavo in adaptacijo aplikacije postopno usposobijo strokovnjaka naročnika oziroma vašega podjetja. S tem vaše podjetje dobi novega strokovnjaka, ki bo za konkreten projekt na novi, drugačni tehnologiji izdelal nov GUI. Ponovi se cikel istih problemov, ki sem jih opisal zgoraj. Tesnemu sodelovanju ostalih strokovnjakov ter večjim posegom v napravo se ne morete izogniti. Seveda imajo ta podjetja legitimen poslovni interes in tudi naredijo predstavljene rešitve. Vendar obstaja učinkovitejša rešitev.

Če analitično razdelimo oziroma razčlenimo osnovne zahteve nekega projekta, hitro ugotovimo, da je teza različnih rešitev za različne projekte samo strategija za pridobivanje posla. Probleme razdelimo na podprobleme in izkaže se, da marsikaj rešujemo napačno in z neoptimalnimi rešitvami. Če celotno rešitev razdelimo samo na dva neodvisna dela, rešimo vrsto vprašanj. Prenos podatkov preko interneta: je lahko enotna in učinkovita rešitev ne glede na specifikke posameznega projekta. Varnost prenosa podatkov je vključena v enotno rešitev. Ni



Slika 10: Kako GUI-O dostopa do večjega števila naprav

potrebe po različnih rešitvah. Uporabi se standarden pristop z najvišjo stopnjo varnosti. Tehnologija za izdelavo GUI: je lahko enotna za izdelavo GUI na napravi in GUI na telefonu oddaljenega uporabnika.

GUI-O rešitev za oddaljeni dostop

GUI-O ponuja celovito rešitev, ki jo lahko uporabite brez dodatnega znanja in brez postopne adaptacije na nove tehnologije. V osnovi aplikacija deluje na ANDROID napravah. Če na ugnezdenem mikrokontrolerju namesto lokalne, ali poleg lokalne podatkovne povezave, postavite tudi komunikacijski kanal preko interneta, lahko uporabnik do naprave dostopa od koderkoli s svojim ANDROID telefonom.

Do iste naprave lahko dostopa več uporabnikov, pri čemer ima naprava popoln nadzor nad različnimi uporabniki. Programer mikrokontrolerja izbira med več načini delovanja. Najenostavneje je zgraditi enoten vmesnik za vse uporabnike brez obdelave uporabniških imen/vlog. V splošnem pa lahko programer na isti napravi zgradi več različnih grafičnih uporabniških vmesnikov za različne uporabnike/vloge/skupine. Seveda pa glavno prednost aplikacija GUI-O pokaže s tem, da omogoča dostop do katerekoli naprave, ki podpira GUI-O ASCII protokol. Uporabnik svojo GUI-O aplikacijo upari z napravo, oziroma vpiše potrebne komunikacijske podatke. V postopku povezovanja uporabnik sam poimenuje napravo oziroma vpiše ime naprave. Kasneje ob startu GUI-O aplikacije preko izbire imena naprave postavi pravi connect ter dostop do prave naprave.

Različne konfiguracije NAPRAVA – GUI

Samo oddaljen GUI: preko WiFi modula napravo povežemo na internet ter z mobilnim telefonom odpiramo GUI od koderkoli.

Več oddaljenih GUI z enakim vmesnikom: prvi uporabnik se poveže, nato podatke preko QR kodnega zapisa posreduje ostalim uporabnikom. Več oddaljenih GUI z različnimi vlogami: pri povezovanju uporabnik poleg imena naprave vpiše tudi ime uporabnika ali ime grupe. Ime uporabnika se dodaja v vseh komunikacijskih stringih in omogoča različne uporabniške vloge.

Lokalni GUI in ločen ODDALJENI GUI: je kombinacija obojega. Ugnezden mikrokontroler ima dva komunikacijska porta in dva ločena modula ter neodvisno krmili lokalni GUI in enega ali več oddaljenih GUI.

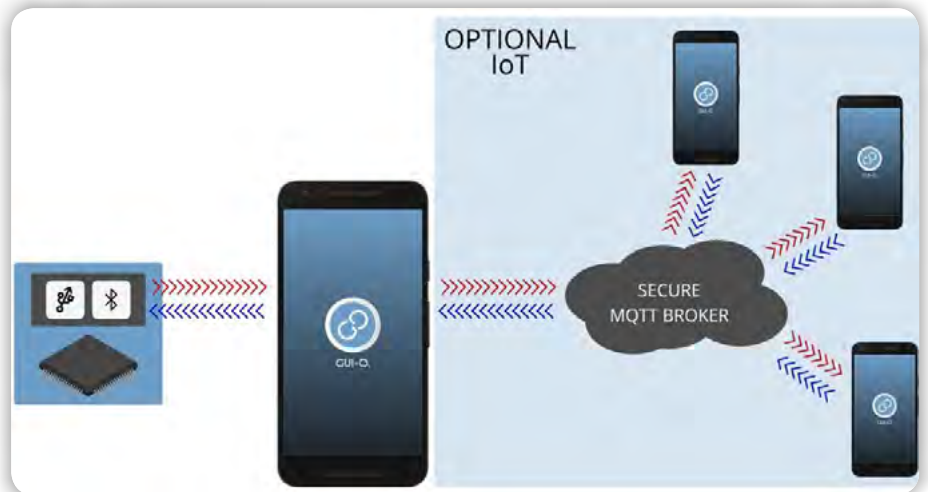
ANDROID PC kot lokalni GUI s programom GUI-O omogoča tudi funkcionalnost komunikacijskega vmesnika proti oddaljenim uporabnikom (USB, BT, BLE / WiFi ali mobilna podatkovna omrežja (mobile data networks): komunikacijska povezava proti ugnuzdenem mikrokontrolerju je tu ena sama - lokalna (UART / USB, BT, BLE). Tu ne potrebujemo dveh komunikacijskih modulov. Ugnezden program pa neodvisno krmili lokalni GUI ter oddaljeni GUI z dodajanjem PUB: parametra v vse stringe. Ta primer je grafično prikazan na sliki 11 (IoT posredovanje)

Prednosti GUI-O IoT rešitve

Celotna rešitev je dostopna vsem programerjem ugnuzdenih programov. Za programerje ugnuzdenih programov dodatno usposabljanje na novih razvojnih okoljih ter sodobnih tehnologijah ni potrebno, kar močno dvigne učinkovitost razvoja. Enak GUI-O ASCII protokol je za krmiljenje lokalnega in za oddaljeni GUI. Ista cena licence je za oddaljeni in za lokalni GUI. GUI-O aplikacija omogoča dostop do katerekoli naprave, ki podpira GUI-O protokol. Isti uporabnik lahko nadzorovano dostopa do več naprav. Več uporabnikov lahko nadzorovano dostopa do iste naprave. GUI-O ohranja enotno MVC arhitekturo tudi pri oddaljenem dostopu.

GUI-O ima velik potencial za nadaljnji razvoj

Širitev funkcionalnosti z novimi predprogramiranimi elementi: uvajanje dodatnih bolj specifičnih funkcionalnosti bo omogočilo večjo prilagodljivost in širšo uporabnost sistema. Enostavnejši izbor in uporaba različnih grafičnih zasnov: izboljšave v uporabniškem vmesniku bodo omogočile lažjo izbiro in implementacijo različnih vizualnih stilov. Prilagoditev na druge operacijske sisteme, kot je iOS: razširitev podpore na več operacijskih sistemov bo povečala dostopnost in uporabnost GUI-O. Večjezična podpora: implementacija različnih jezikov ter izbor s



Slika 11: IoT posredovanje (vir: <https://www.gui-o.com - MANUAL>)

strani programerja ali uporabnika bo omogočila širšo uporabo sistema v mednarodnem okolju.

Primerjava z internetom

Zanimiva je primerjava med GUI-O rešitvijo in razvojem interneta. Internet je centraliziran HTML zapis na strežniku ter prikaz vsebine pri uporabniku z univerzalnim brskalnikom. GUI-O rešitev pa temelji na zapisu vsebine na mikrokontrolerju in prikazu na univerzalnem GUI-O programu. Internet se je razvijal počasi in sprva je naletel na veliko nasprotovanje. Ustvarjalci interneta so iskali potrditev svojih zamisli med strokovnjaki za napredno programsko opremo, ki se je uporabljala v novinarski in tiskarski industriji. Na začetku so naleteli na skepticizem in dvome, da internet ne bo nikoli dosegel ravni uporabnosti in kakovosti, ki sta ju že takrat zagotavljala tradicionalna programska orodja za urejanje dokumentov. Podobno lahko danes razmišljamo o GUI-O aplikaciji. Tako kot je HTML postal „mainstream“ in de facto standard, bo tudi protokol GUI-O sčasoma pridobil širšo sprejetost.

GUI-O prinaša občutne spremembe v sam koncept programske arhitekture. Na kompleksnih sistemih je dobro uveljavljene prakse zelo težko spremeniti, še zlasti, če spremembe segajo preko okvirja posameznih podsistemov. Razvijalci, ki se specializirajo na določenem segmentu, so razumljivo globoko vpeti v svoje delo in močneje zavezani svoji razvojni platformi. Enako velja za podjetja, ki ponujajo razvojne rešitve.

Vsaka noviteta potrebuje nekaj več časa, da se širše uveljavi. Uporabniki, ki so že vložili potreben čas v spoznavanje GUI-O ASCII protokola in izdelali svoj prvi GUI, so v večini zelo navdušeni. Mnogi med njimi so pozneje nadgradili svoje starejše, že dokončane projekte z modernim GUI in IoT. Prav nihče med njimi ne dvomi, da GUI-O odpira nov dejanski standard. Aplikaciji GUI-O bi lahko rekli „brskalnik naprav“.

Zaključek

Mikrokontroler in ugnuzden računalnik (ugnezden PC) sta različna sistema, vsak s svojimi prednostmi. Uporaba obeh v eni napravi prinaša dve HW arhitekturi, ki ju je treba povezati.

Dober koncept povezovanja vodi do enotne programske arhitekture. Enoten kontrolni program na napravi prinaša številne prednosti. Kadar PC nadzoruje celotno napravo, mora mikrokontroler kot aktuator dobro opraviti naloge, ki jih PC ne zmore. Obrnemo pa lahko programsko arhitekturo napišemo tako, da mikrokontroler nadzoruje celotno napravo. Razlogi za to odločitev so lahko pragmatični, kot je zgodovinsko stanje postopnega razvoja naprave na mikrokontrolerju ali lažja dostopnost razvojnih virov. V tem primeru PC deluje kot aktuator za funkcionalnosti, ki jih na mikrokontrolerju ni optimalno programirati. Takšno rešitev omogoča program GUI-O na operacijskem sistemu ANDROID.

GUI-O je namenjen programerjem mikrokontrolerjev, ki želijo ustvariti sodoben grafični uporabniški vmesnik (GUI) in uporabiti druge vire operacijskega sistema ANDROID. GUI-O program preko ASCII protokola povezuje svet mikrokontrolerjev in računalnikov na način, ki ohranja enotno programsko arhitekturo ter vse prednosti krmiljenja HW na mikrokontrolerju. Tudi najpreprostejši krmilniki lahko krmilijo vrhunske GUI in druge funkcionalnosti računalnikov. Če sem vas prepričal, je to prvi korak v pravo smer. GUI-O je zmogljiv, izjemno prilagodljiv, enostaven in predvsem cenovno ugoden. Na enak način rešuje gradnjo lokalnega dostopa do ANDROID sistema in IoT dostopa. Bistvo rešitve pa je, da programer ugnezdenih programov kar v svojem programskem okolju, ki ga najbolje pozna, začne delati in naredi vse. Na spletu so članki, ki opisujejo prve korake pri uporabi GUI-O:

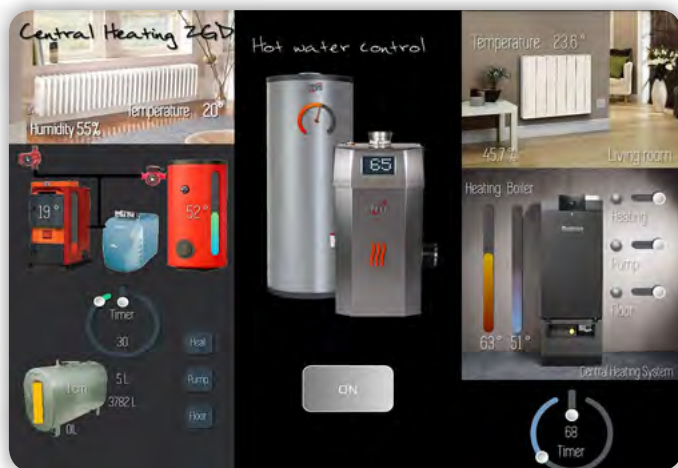
- *GUI-O: A Virtual Front Panel*
- *GUI for Atmel, PIC, STM, NXP, ESP32, ESP8266, Arduino and Others*

Hvaležen bom za vaše povratne informacije, tako pozitivne kot morda negativne. Samo kritika na podlagi izkušenj uporabnikov nam omogoča, da se razvijamo v pravo smer.

Nekaj referenc

Kurilne naprave

Danes je vsaka hišna kurilna naprava opremljena z ugnezdenim mikrokontrolerjem. Nadgradnja tega mikrokontrolerja z WiFi modulom in dodatno programsko kodo je enostavna in



Slika 12: Ogrevne naprave

cenovno ugodna. Na povezavi spodajsi lahko ogledate primer delovanja izdelanega vmesnika.

- <https://www.youtube.com/watch?v=EuO0-0IfZL0>

Kurilne naprave predstavljajo le eno od številnih področij, kjer se lahko uporabi GUI-O rešitev za nadgradnjo in izboljšavo delovanja. Z dodatkom WiFi modula in preprosto oddajo nekaj ukazov je mogoče te naprave nadzorovati od kjerkoli prek pametnih telefonov ali tablic. Nadaljnji razvoj lahko vključuje tudi izboljšano diagnostiko napak, ki uporabnika ali serviserja pravočasno obvesti in s tem zmanjša stroške popravil.

Procesna avtomatizacija

Proizvajalec sira in drugih mlečnih izdelkov mora nevtralizirati pH odpadne sirotke. Avtomatizacija nevtralizatorja je dosežena z uporabo mikrokontrolerja in vmesnika GUI-O.



Slika 13: Procesna avtomatizacija

Merilna oprema

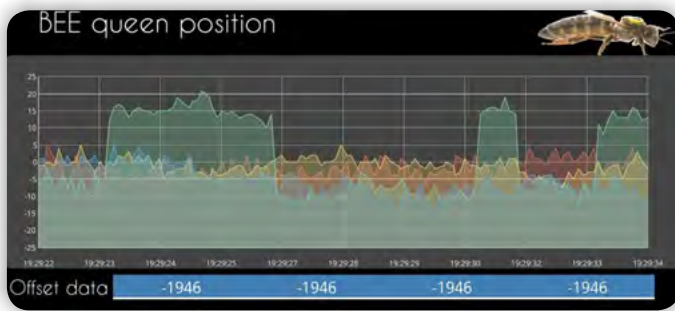
Merjenje jakosti mobilnega signala na določenem območju, bodisi na cestnih ali železniških povezavah, zahteva drago merilno opremo. Vendar pa je osrednji del te opreme cenovno dostopen GSM 900 modul. Z uporabo tega modula v povezavi z ekonomičnim mikrokontrolerjem in monitorjem GUI-O lahko dosežemo primerljivo, a bistveno bolj cenovno ugodno rešitev.



Slika 14: Meritve pokritosti z GSM signalom

Tehtnica čebeljih panjev je nepogrešljiva za sodobne čebelarje. Spodaj pa je prikazana nadgradnja tehtnice z merilnikom položaja matice ter prikazom podatkov na mobilnem telefonu z GUI-O vmesnikom.

Kvalitetni laboratorijski univerzalni digitalni multimeter



Slika 15: Meritve položaja matice v panju

XDM1041 ali digitalno napajanje DPM8605 ter podobni instrumenti podpirajo komunikacijski protokol za povezavo z zunanjim računalnikom. Z uporabo preprostega mikrokontrolerja lahko na instrumentu ustvarimo komunikacijski most med OWON SCPI protokolom in GUI-O protokolom. S tem mikrokontrolerjem poganjamo GUI-O, ki omogoča upravljanje instrumenta ter prikaz rezultatov meritev, bodisi iz sosednjega laboratorija ali od kjerkoli drugod.

Medicinske naprave

Med pandemijo COVID-19, ko je virus v italijanskem Bergamu razkril svojo pravo nevarnost, so epidemiologi v univerzitetnem kliničnem centru opozarjali na izjemno resno stanje. Čeprav je bilo medicinskih ventilatorjev dovolj za običajne razmere, je postalo jasno, da za pričakovano širjenje epidemije teh ne bo dovolj. Odgovorni niso oklevali in so takoj sprožili vse razpoložljive vire. Med drugim so me zaprosili za hiter razvoj lastnega



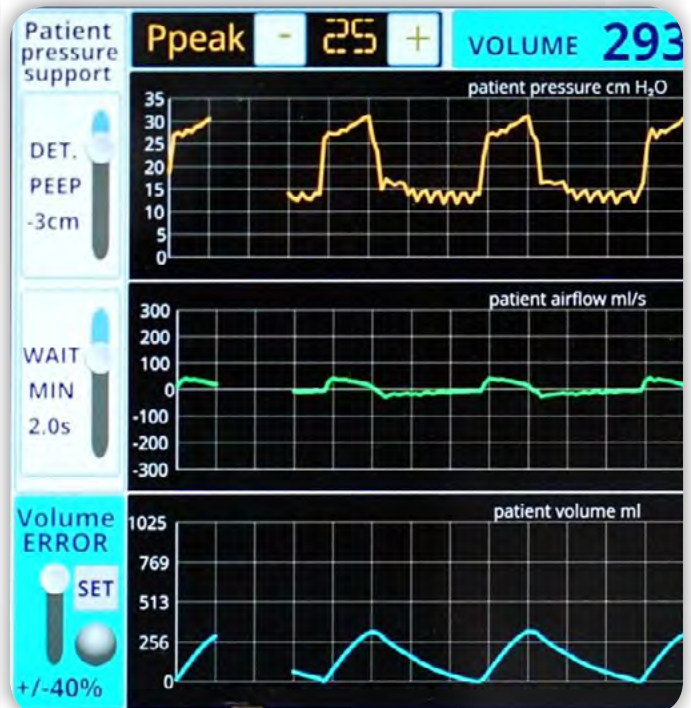
Slika 17: Medicinski ventilator med pandemijo

medicinskega ventilatorja. Sestavlil sem razvojno ekipo in v izjemno kratkem času smo razvili uporaben prototip. Hkrati smo pripravili vse potrebne vire za zagon serijske proizvodnje. Brez GUI-O rešitve ne bi mogel tako učinkovito razviti celotne programske rešitve za mikrokontroler v tako kratkem času.

Konkurenčne ekipe, ki so bile sestavljene iz več programerjev, so potrebovale bistveno več časa za doseg podobnih rezultatov. Spodnji video prikazuje testiranje naprave na simulatorju intubiranega pacienta: <https://www.youtube.com/watch?v=zwguMlz9i5c>



Slika 16: Merilni instrumenti



Slika 18: Elektrokardiogram

Elektrokardiogram senzor priključen na mikrokontroler in GUI-O:

- <https://www.youtube.com/watch?v=9sYq7rQF0fU>

ESP32 modul v razvojnem okolju Tasmota: spremljanje temperature in vlage z DHT11

Avtor: Boštjan Tovšak
email: tovsakb@gmail.com

Članka lanske decembrske številke, str. 44 in letošnje januarske številke revije Svet elektronike, str. 38, avtorja dr. Simona Vaupotiča, sta me vzpodbudila, da sem omenjeno okolje Tasmota in protokol mqtt uporabil v enem od svojih domačih projektov.

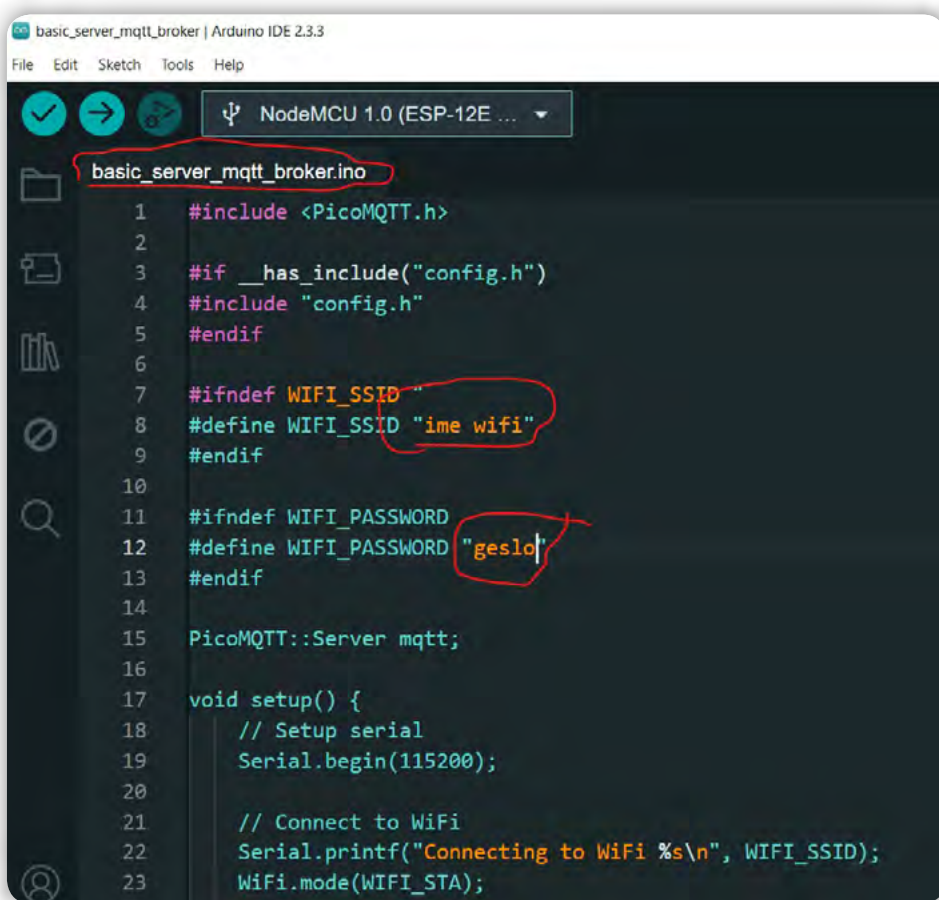
Nedolgo nazaj sem pričel z vzgojo gob, kjer sta za rast ključna relativna vlaga in temperatura zraka, ki ju je potrebno pozorno spremljati. V ta namen sem uporabil dve razvojni ploščici ESP32 dev. kit Lolin, senzor temperature zraka in relativne vlage DHT11, mini računalnik BananaPi M1 z ARM procesorjem in 1GB spomina za uporabo spletne kamere in USB WiFi vmesnik. Za spremljanje vrednosti na pametnem telefonu Android lahko uporabimo mqtt klienta »IoT MQTT Panel«, ki obstaja v brezplačni različici, plačljiva »IoT MQTT Panel Pro« pa stane cca. 10€.

Na eno od ESP32 razvojnih ploščic namestimo okolje Tasmota po navodilih iz članka in nanj povežemo ter ustrezno konfiguriramo v Tasmoti senzor relativne vlage in temperature zraka, DHT11. Ta razvojna ploščica bo služila kot pošiljatelj (mqtt »publisher«) točno določenih sporočil, zračne temperature in relativne vlage.

Na drugo razvojno ploščico ESP32 namestimo iz programskega okolja Arduino IDE in njegovih knjižnic osnovni mqtt posrednik (slika 1). V programski kodi je potrebna samo konfiguracija brezžičnega domačega omrežja (ime omrežja in geslo). Kodo naložimo na razvojno ploščico ESP32.

Na domačem usmerjevalniku fizična naslova (MAC naslova) obeh razvojnih ploščic povežemo s statičnima IP naslovoma. Tako ostaneta IP naslova našega novega mqtt posrednika (»brokerja«) in pošiljatelja fiksna.

V konfiguraciji Tasmota na EPS32 razvojni ploščici, kjer ima povezan senzor DHT11, vpišemo statičen IP naslov našega mqtt posrednika (»brokerja«). Podroben opis konfiguracije za mqtt je opisan v januarskem članku na str. 38. Nastavimo tudi »topic« sporočila, na katerega se »naroči« klient.



```
basic_server_mqtt_broker.ino
1  #include <PicoMQTT.h>
2
3  #if __has_include("config.h")
4  #include "config.h"
5  #endif
6
7  #ifndef WIFI_SSID
8  #define WIFI_SSID "ime wifi"
9  #endif
10
11 #ifndef WIFI_PASSWORD
12 #define WIFI_PASSWORD "geslo"
13 #endif
14
15 PicoMQTT::Server mqtt;
16
17 void setup() {
18     // Setup serial
19     Serial.begin(115200);
20
21     // Connect to WiFi
22     Serial.printf("Connecting to WiFi %s\n", WIFI_SSID);
23     WiFi.mode(WIFI_STA);
```

Slika 1: Arduino IDE s programsko kodo »basic_server_mqtt_broker.ino« iz obstoječe knjižnice

V brskalniku vpišemo statični IP naslov ESP32 s povezanim senzorjem DHT11 (slika 2).

V začetnem prikazanem meniju kliknemo »Tools« in nato »Console«. Preverimo, če je naš ESP32 povezan z »brokerjem«. V dnevniku dogodkov poiščemo vrednosti, ki jih ESP32 prejema iz DHT11 in pošilja sporočila. To so Temperature, Humidity, DewPoint in seveda oznaka sensorja DHT11 in si jih zapišemo. Potrebovali jih bomo kasneje pri vpisu v mqtt klientu za OS Android.

Poznati moramo tudi »topic«, ki smo ga nastavili v konfiguraciji.


```

ESP32-DevKit
Tasmota

17:12:35.960 MQT: tele/tasmota/SENSOR = {"Time":"2025-01-20T17:12:35","DHT11":{"Temperature":18.0,"Humidity":69.0,"DewPoint":12
17:17:35.956 MQT: tele/tasmota/STATE = {"Time":"2025-01-20T17:17:35","Uptime":"0T02:00:11","UptimeSec":7211,"Heap":142,"SleepMc
17:17:35.963 MQT: tele/tasmota/SENSOR = {"Time":"2025-01-20T17:17:35","DHT11":{"Temperature":18.0,"Humidity":83.0,"DewPoint":15
17:22:35.958 MQT: tele/tasmota/STATE = {"Time":"2025-01-20T17:22:35","Uptime":"0T02:05:11","UptimeSec":7511,"Heap":141,"SleepMc
17:22:35.965 MQT: tele/tasmota/SENSOR = {"Time":"2025-01-20T17:22:35","DHT11":{"Temperature":17.9,"Humidity":88.0,"DewPoint":15
17:27:35.951 MQT: tele/tasmota/STATE = {"Time":"2025-01-20T17:27:35","Uptime":"0T02:10:11","UptimeSec":7811,"Heap":142,"SleepMc
17:27:35.958 MQT: tele/tasmota/SENSOR = {"Time":"2025-01-20T17:27:35","DHT11":{"Temperature":17.8,"Humidity":85.0,"DewPoint":15
17:32:35.941 MQT: tele/tasmota/STATE = {"Time":"2025-01-20T17:32:35","Uptime":"0T02:15:11","UptimeSec":8111,"Heap":142,"SleepMc
17:32:35.948 MQT: tele/tasmota/SENSOR = {"Time":"2025-01-20T17:32:35","DHT11":{"Temperature":17.9,"Humidity":80.0,"DewPoint":14
17:37:35.994 MQT: tele/tasmota/STATE = {"Time":"2025-01-20T17:37:35","Uptime":"0T02:20:11","UptimeSec":8411,"Heap":140,"SleepMc
17:37:36.001 MQT: tele/tasmota/SENSOR = {"Time":"2025-01-20T17:37:35","DHT11":{"Temperature":17.9,"Humidity":77.0,"DewPoint":13
17:42:35.956 MQT: tele/tasmota/STATE = {"Time":"2025-01-20T17:42:35","Uptime":"0T02:25:11","UptimeSec":8711,"Heap":145,"SleepMc
17:42:35.964 MQT: tele/tasmota/SENSOR = {"Time":"2025-01-20T17:42:35","DHT11":{"Temperature":17.9,"Humidity":76.0,"DewPoint":13
17:47:35.952 MQT: tele/tasmota/STATE = {"Time":"2025-01-20T17:47:35","Uptime":"0T02:30:11","UptimeSec":9011,"Heap":144,"SleepMc
17:47:35.959 MQT: tele/tasmota/SENSOR = {"Time":"2025-01-20T17:47:35","DHT11":{"Temperature":17.9,"Humidity":69.0,"DewPoint":12
17:52:35.942 MQT: tele/tasmota/STATE = {"Time":"2025-01-20T17:52:35","Uptime":"0T02:35:11","UptimeSec":9311,"Heap":145,"SleepMc
17:52:35.949 MQT: tele/tasmota/SENSOR = {"Time":"2025-01-20T17:52:35","DHT11":{"Temperature":18.0,"Humidity":70.0,"DewPoint":12
17:57:35.952 MQT: tele/tasmota/STATE = {"Time":"2025-01-20T17:57:35","Uptime":"0T02:40:11","UptimeSec":9611,"Heap":145,"SleepMc
17:57:35.959 MQT: tele/tasmota/SENSOR = {"Time":"2025-01-20T17:57:35","DHT11":{"Temperature":18.0,"Humidity":69.0,"DewPoint":12
18:02:35.982 MQT: tele/tasmota/STATE = {"Time":"2025-01-20T18:02:35","Uptime":"0T02:45:11","UptimeSec":9911,"Heap":145,"SleepMc
18:02:35.989 MQT: tele/tasmota/SENSOR = {"Time":"2025-01-20T18:02:35","DHT11":{"Temperature":18.0,"Humidity":70.0,"DewPoint":12

Enter command

Tools

```

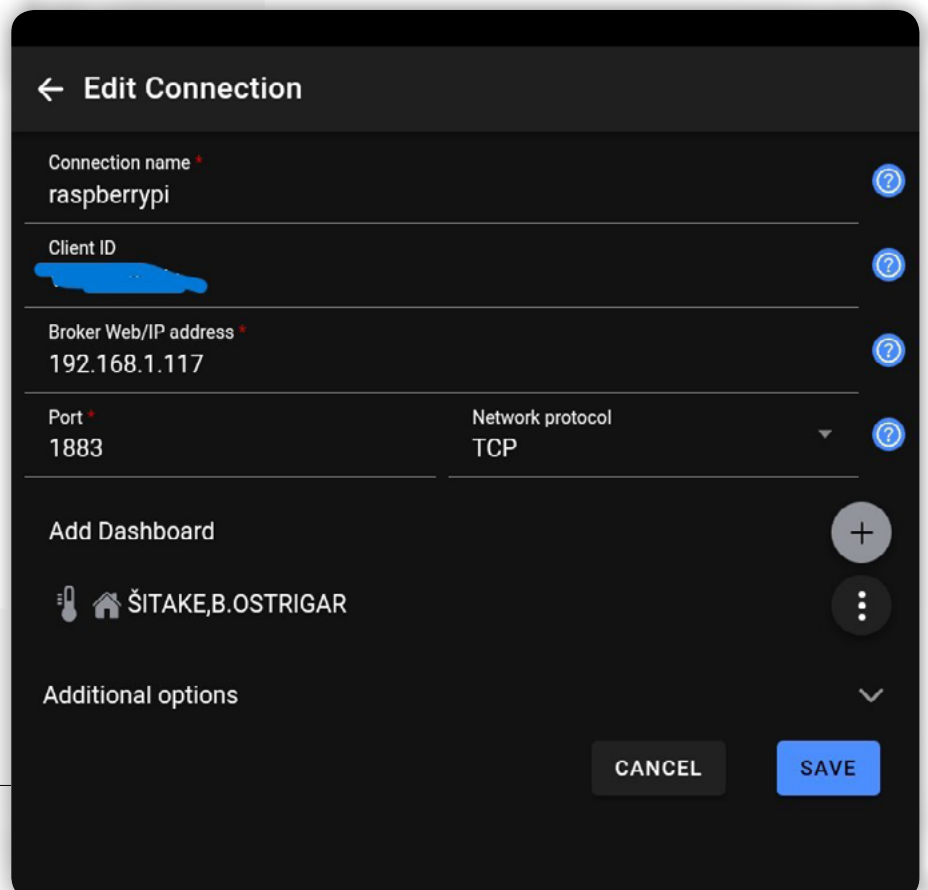
Slika 2: Konzola z dnevniškim izpisom

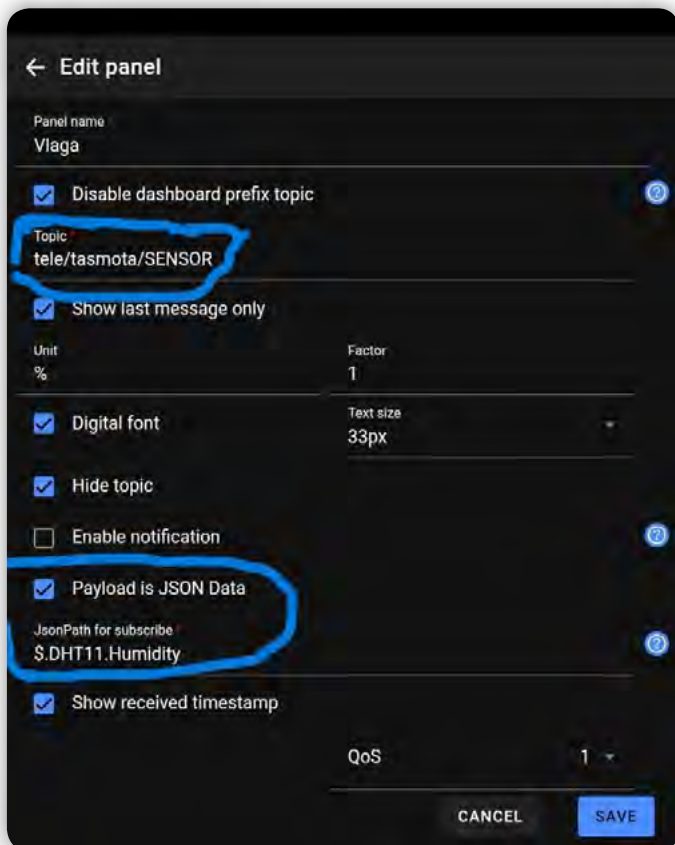
Če nam je do sedaj uspela povezava med ESP32 pošiljateljem z DHT11 in ESP32 mqtt posrednikom, potem sledi namestitve na telefon ali tablico v začetku omenjenega mqtt klienta. Aplikacijo »IoT MQTT Panel« poiščemo v aplikaciji Google Play.

Po namestitvi aplikacije na pametno napravo sledi konfiguracija. Najprej pod menijem »All connections« nastavimo IP posrednika (»brokerja«), vrata 1883 in protokol TCP (slika 3). Sledi konfiguriranje »Dashboarda«. Tu imamo več možnosti izbire različnih elementov, grafov, različnih načinov prikaza itd. Vsem pa je skupno, da je potrebno za prikaz merjenih veličin nastaviti »topic« in »Payload is JSON Data« (slika 4).

Sintaksa za JSON za primer sporočila o vlagi: \$.DHT11.Humidity. Podobno velja za temperaturo in točko rosišča, kjer

Slika 3: Konfiguracija povezave na ESP32 mqtt posrednika (»brokerja«)





Slika 4: Nastavitve JSON izpisa podatkov in topic-a



Slika 6: Gobe v nadzorovanem okolju temperature in vlage z DHT11 in m

»Humidity« zamenjamo z DewPoint ali Temperature, ostali izraz pa ostane enak. Sintaksa je natančno opisana tudi v navodilih aplikacije »IoT MQTT Dashboard«.

V začetku omenjen mini računalnik BananaPi M1 lahko uporabim za fotografiranje s spletno kamero. V ta namen nanj namestimo npr. Armbian linux 6.6.62- OS in enostavno kodo za uporabo fswebcam aplikacije za zajem slike in prenašanje na oddaljen strežnik. V aplikaciji IoT MQTT Dashboard lahko nastavimo tudi prikaz zajete slike s strežnika z vpisom IP strežnika (slika 5).

Tako smo izdelali enostaven sistem za spremljanje temperature in relativne zračne vlage na telefonu ali tablici s pomočjo Tasmote in mqtt. Ker je za posamezne sorte gob (ostrigarje) pomemben tudi čisti zrak z nizkim CO₂, bi za nadgradnjo lahko implementirali še senzor kakovosti zraka oz. PM delcev, SDS011, ki ga prav tako podpira Tasmota. O tem pa kdaj drugič.

Slika 5: Namizje s spremljanjem temperature in vlage in zajeto sliko

Projekt KLIMAT CJMCU-0401

Avtor: Mag. Boštjan Šuhel
email: bostjan.suhel@gmail.com

Klimat je delujoči šolski projekt. Zbira podatke iz lokalnih tipal. Podatki tipal se zapisujejo v SQL tabelo par.

Tabela par je v podatkovni bazi test. Klimat regulira temperaturo s pomočjo histereznega vklopa led3. Led3 je vezan na GPIO17. Led4 utripa stalno, dokler je program delujoč. Led4 je vezan na GPIO4. Imamo nastavitve referenčne temperature s programom temperatura.php, ali nastavimo urnik s programom urnik.php. Podatke urnika se zapisuje v tabelo urnik, ki je del podatkovne baze test.

CJMCU-0401

Projekt klimat uporablja modul CJMCU-0401[2]. Pri modulu je odlično to, da ima na sebi 4 kapacitivne tipke in 4 signalne LED-ice. Ena LED-ica signalizira napajanje, ostale signalizirajo pritisk na tipko. Notranja vezava signalne LED-ice in izhoda za tipko omogoča uporabo 4 izhodov za tipko, ki so na True logičnem nivoju, če pritisnemo na tipko. Imamo pa še eno možnost, namreč če GPIO nastavimo kot izhod in na ta izhod priključimo izhod za LED-ice, bo prevladal GPIO. V tem primeru bo signalna LED-ica kazala na stanje izhodnega GPIO.

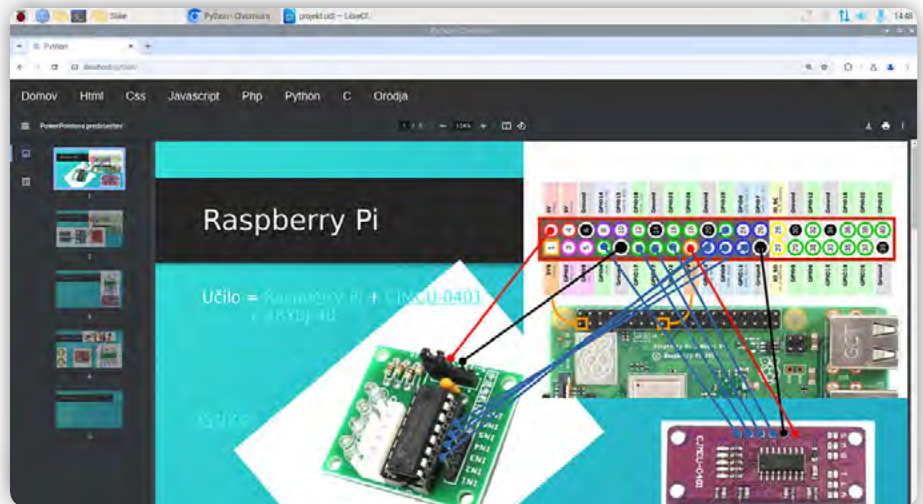
BME280

BME280 je tipalo tlaka, temperature in vlažnosti. Priklopi se ga na GPIO na I2C asinhrono serijsko komunikacijo. C->Osnove. Tu imamo tipko I2c, ki izpiše priklopljene naprave.

Programska oprema SQL

Nameščen SQL[1] strežnik omogoča delo s SQL podatkovnimi bazami. Slovenska izdaja ima dodano podatkovno bazo test. Klik na Orodja->PhpMyAdmin in odpre se prijavno okno v SQL strežnik. pi:rassberry sta uporabnik in geslo za vstop. Na levi strani izberemo podatkovno bazo test.

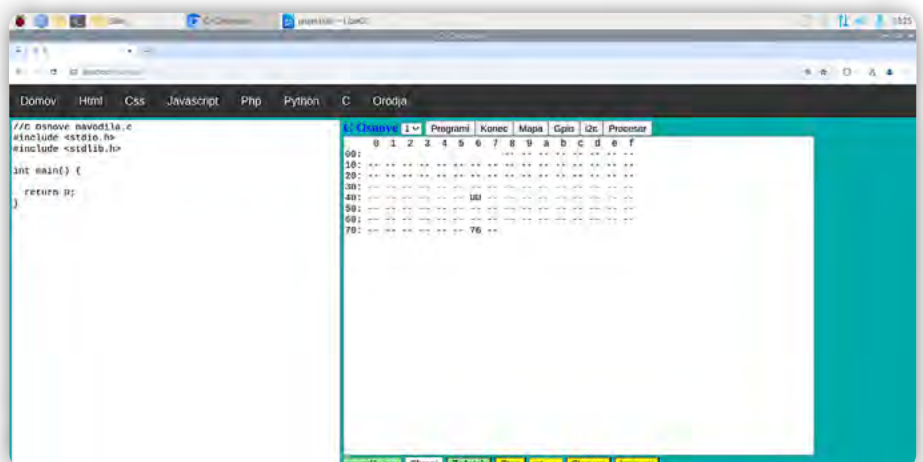
Na sliki vidimo pred-nastavljeno bazo test, tabele in vsebino tabel z zapisi. Imamo tabele kraji, par, ucenci, uporabnik in urnik. V projektu krmilnik



Slika 1: Priklop 4-ih kapacitivnih tipk na GPIO



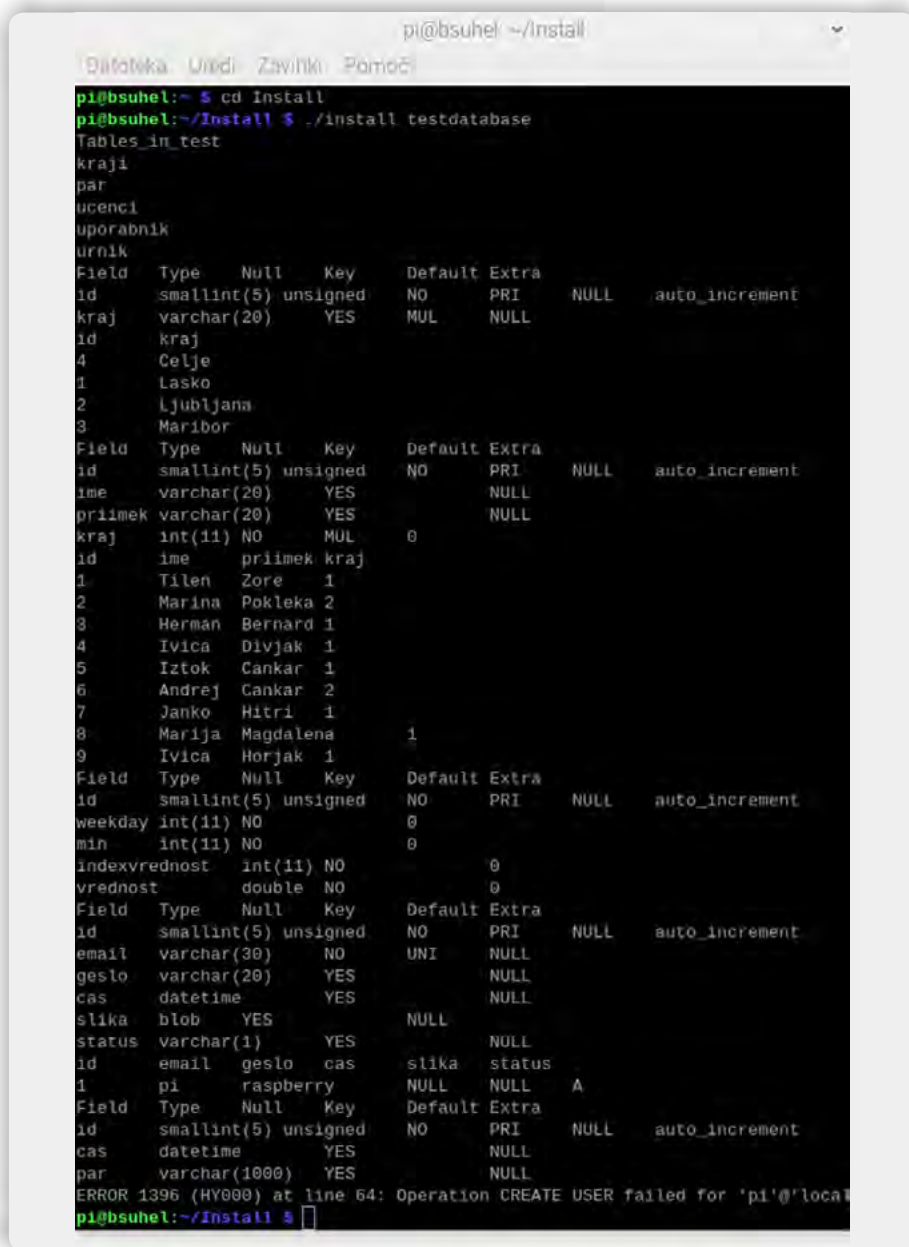
Slika 2: BME280 tipalo tlaka, temperature in vlažnosti



Slika 3: Priklopljene naprave preko I2c vodila



Slika 4: Podatkovne baze in tabele znotraj podatkovne baze test



Slika 5: Ponovna nastavitve podatkovne baze test

uporabljamo tabelo urnik in za diagrame uporabimo tabelo par. Prikazana je vsebina, ki je na slovenski izdaji pred-nastavljena. Pri uporabi vaj, delujočih projektov ali nalog se le-ta seveda spreminja.

Ponovna nastavitve SQL tabele test

```
Terminal->cd Install->./install testdatabase
```

S tem smo ponastavili podatke v podatkovni bazi test na začetne vrednosti. Vrednosti si lahko ogledate z orodjem PhpMyAdmin ali preko projektov. SQL podatkovne baze in SQL jezik so med starejšimi standardi. Nameščen SQL strežnik nam omogoča pogled na IT področje ali še boljše implementacijo v industrijske projekte. Gre za splošni trend združevanje in poenostavljanja orodij za obe področji.

Branje podatkov iz SQL tabele par

Par je namenjen izrisu diagramov iz tabele par. Sestavljen je iz Python programa par.py in ustreznega php programa odvisno od oblike diagrama.

Par.py je osnova za vse parxx.php programe. Iz SQL tabele par prebere podatke za diagram in jih vrne v javascript notaciji. Parxx.php s pomočjo php napiše spletno stran v html,css in javascript jeziku. Kot podatke izpisa uvozi podatke v javascript notaciji in jih uporabi pri izrisu diagrama. Vidimo spremenljivko ključni, podatki, ključid in podatkim.

Ključni so vsi ključni slovarja, ki ga uvozimo iz par[int(diagram)] spremenljivke, ki je zapis SQL tabele par. V zapis par tabele spravimo celotno par polje, ki ima 10 elementov. Deklaracija je v knjižnici slovenska_izdaja.py. Element 0 uporabljamo za diagrame. Zato moramo opraviti ukaz python par.py 0. Dodatni parameter 0 določi iz katerega elementa se izrisuje diagram. Teoretično imamo lahko več diagramov.

Tabela podatki je tabela, kjer so vrednosti posameznega zapisa SQL tabele, torej

vrednosti par, ki so časovno enakomerno dodajane v SQL tabelo. Spremenljivka Ključid je število ključev.

To število je za dva večje od števila meritev, ki jih zapisujemo v par tabelo. To je zato, ker ob vpisu dodamo izvor in čas zapisa. Spremenljivka podatkid je dolžina spremenljivke podatki. Če to dolžino delimo s številom ključev dobimo število zapisov v SQL tabelo.

Spremenljivka Podatkim je tabela dveh tabel. Podatkim[0] je tabela najmanjših vrednosti po ključih in podatkim[1] je tabela največjih vrednosti po ključih. Vse te podatke dobimo iz SQL tabele par. Notacija spremenljivk je javascript. Rabimo jih v par1.php in par2.php diagramih.

Slika 6: par.py prebere podatke iz SQL tabele par

Branje in vpis Temperature in Frekvence v par[0]

Stanje krmilnega jedra nam izpiše napravo, IP naprave, ime programa, cikl krmilnega jedra in sistemsko spremenljivko par. Sistemska spremenljivka par je tabela, v katero lahko vpisujemo poljubne podatkovne strukture. Krmilno jedro poskrbi za časovni vpis v SQL bazo in delovni pomnilnik. Podatki zapisani v SQL bazo so kasneje uporabljeni v parxx.php diagramih. Podatki v delovnem pomnilniku so uporabljeni za izrise diagramov.

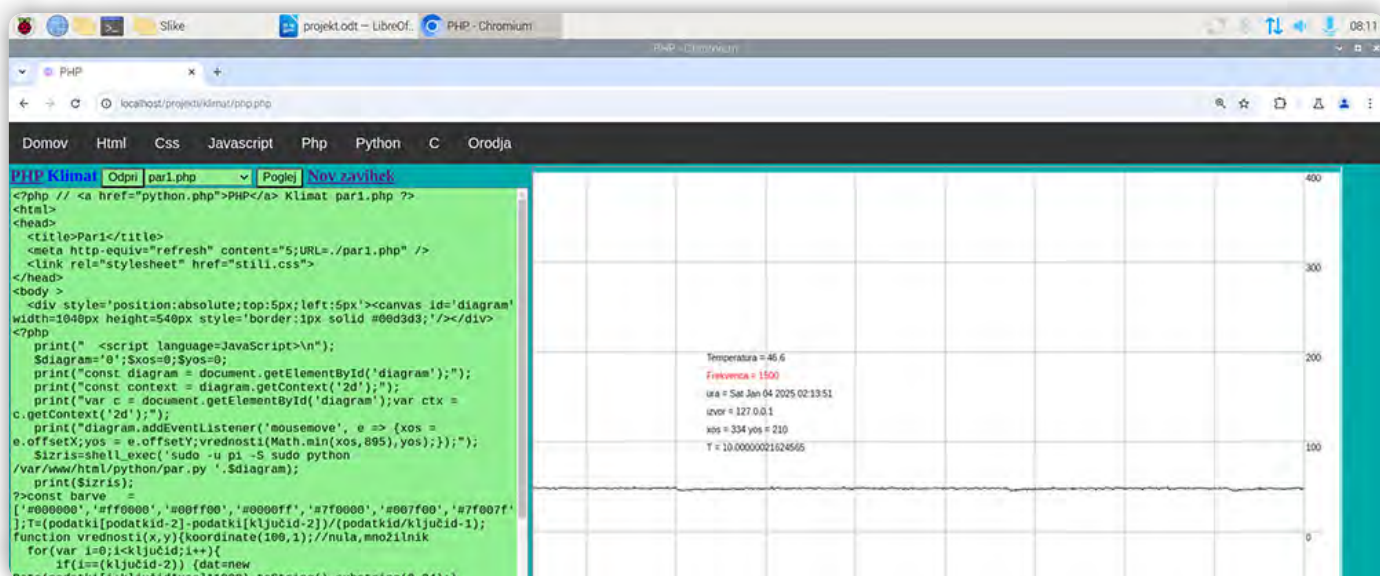
Slika 7: cpu_tmp.py bere temperaturo in frekvenco CPU, vidimo stanje krmilnega jedra

Vidimo, da je prvi element tabele par[0] slovar s ključi Temperatura, Frekvenc,ura in izvor. To so tudi podatki ki jih imamo v parxx.php diagramih. Diagrama par1.php in par2.php sta šolska, kjer se prebijemo skozi ključne postopke, da diagram dela. Na razvijalcu je, da prilagodi diagrame potrebam svojega projekta.

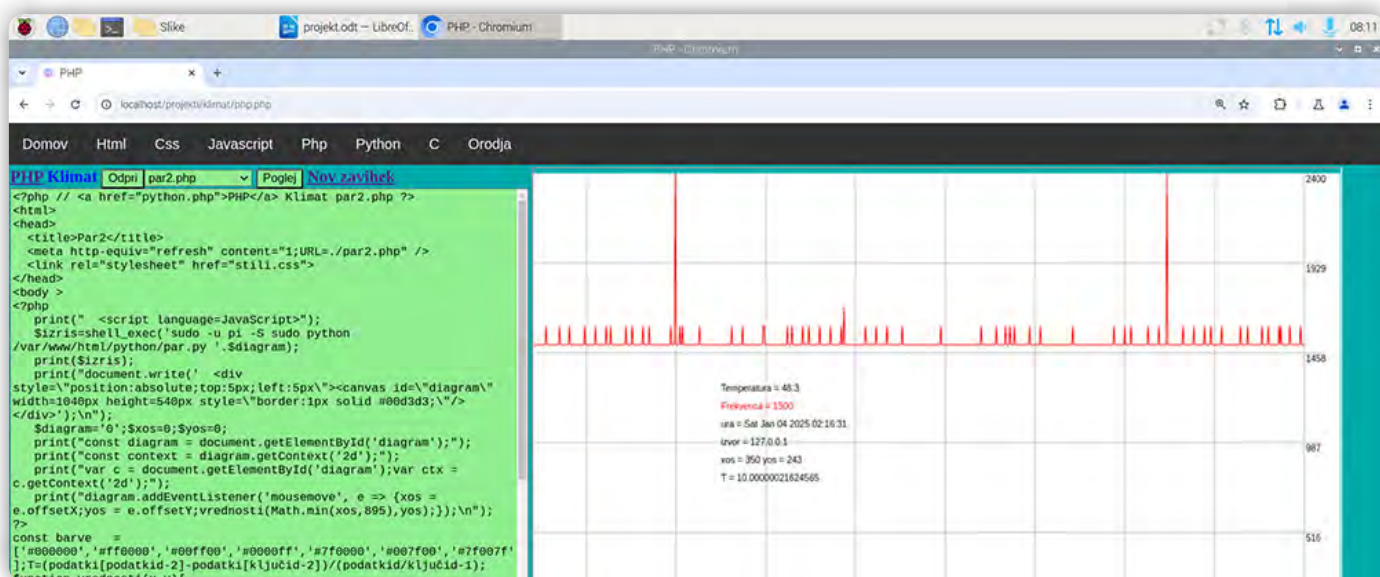
Izris diagrama iz spomina

Tipka Izris izriše diagram iz delovnega spomina na desno stran spletne strani. Imamo povezavo Izris, ki izriše diagram na svoj zavihek. Ti diagrami imajo resolucijo 300x402. Omogočajo izris treh številčnih diagramov ali do 6 digitalnih in dveh številčnih diagramov. Metoda

Slika 8: Izris diagrama iz spomina



Slika 9: Izris iz SQL tabele par



Slika 10: Izris iz SQL tabele par s prilaganjem y osi

izris mora biti v telesu krmilnega jedra in zagotavlja časovno enakomeren vpis v diagram in vpis par spremenljivke v SQL tabelo par. Periodo določita spremenljivki diagram['T'], za Izpis in diagram['T_SQL'] za Par.

Izris iz SQL tabele par

Stran PHP znotraj projekta Klimat nam izpiše diagram par1.php in par2.php. Par1.php je osnovni, ima nespremenljivo y os v mejah -100 do 400. Omogoča pa raziskovanje s kazalcem miške.

Ob premikanju kazalca miške po x osi se izpisujejo podatki kot so Temperatura, Frekvenca, ura vpisa, izvor zapisa, xy koordinate kazalca miške in izračunana perioda med podatki.

Diagram reši osnovne tehnike zapisa in je namenjen naknadnemu prilaganju po potrebah projekta.

Izris iz SQL tabele par, s prilaganjem y osi

Par2.php je naprednejši diagram. Zna prilagajati y os tako, da poišče najmanjšo in največjo vrednost med podatki. Krivulje imajo vidnejši trend in so verjetno boljše od ne spreminjajočih oznak. Diagram reši osnovne tehnike zapisa in je namenjen naknadnemu prilaganju po potrebah projekta.

Viri:

- <https://mariadb.org/>
- https://www.banggood.com/CJMCMU-0401-4-bit-Button-Capacitive-Touch-Proximity-Sensor-Module-With-Self-locking-Function-p-1118016.html?cur_warehouse=CN
- https://www.banggood.com/5pcs-BME280-Digital-Sensor-Temperature-Humidity-Atmospheric-Pressure-Sensor-Module-p-1430737.html?cur_warehouse=CN

DIY efekti za kitaro: cenovno dostopni, enostavni in vsestranski

Odkrijte potencial svoje kitare ne da bi ogrozili svoj proračun.

Ste kitarist, ki želi raziskati nešteto zvokov, ne da bi pri tem oropali banko? Ne iščite več! Predstavljamo vam DIY efekte za kitaro - stroškovno učinkovito in preprosto rešitev za glasbenike, ki si želijo vsestranskosti brez zapletenosti.

DIY Multi-Effect Guitar enota uporablja minimalistično zasnovo, ki izkorišča moč računalnika Raspberry Pi Pico in le peščico dodatnih komponent. Ta projekt, katerega skupni stroški znašajo le nekaj evrov, ni le cenovno ugoden, temveč je tudi izjemno preprost za izdelavo. Ne glede na vaše tehnično predznanje je ta enota zasnovana tako, da je dostopna vsakomur s strastjo do glasbe in željo po eksperimentiranju z lastnim zvokom.

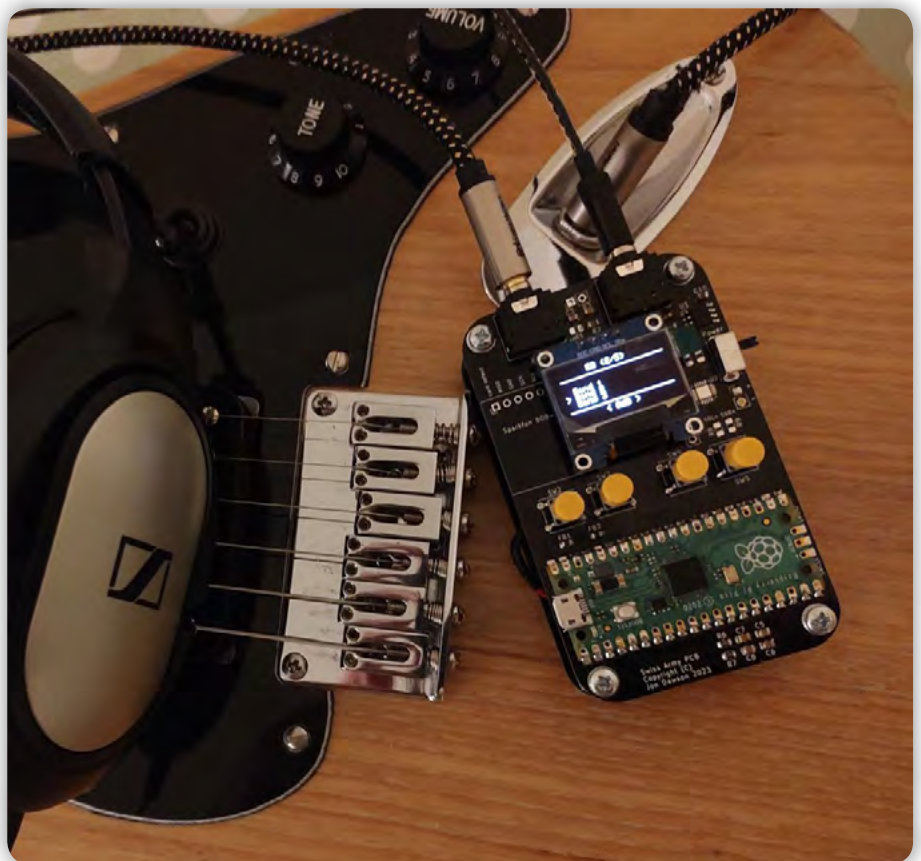
Skrivnost cenovne dostopnosti je v uporabi vsestranskega mikrokontrolerja Raspberry Pi Pico, ki služi kot možgani naše DIY enote. Kljub skromni ceni je Raspberry Pi Pico zanesljiva platforma za izvajanje širokega nabora kitarskih efektov, ki jih običajno najdemo v veliko dražjih enotah.

Ne glede na to, ali ste navdušenec nad elektroniko ali nekdo, ki se šele potaplja v svet "naredi sam" projektov, vam ta zasnova omogoča, da ustvarite večfunkcijsko kitarsko enoto z več efekti brez glavobola zaradi zapletenega postopka sestavljanja ali visoke cene.

Različne vrste efektov

Enota vključuje najpogostejše efekte, od katerih jih lahko veliko uporabljate hkrati.

- 5-področni grafični ekvalizer
- več vrst efektov popačenja
- zakasnitev
- odmev
- reverb
- akord
- Flanger
- Phaser
- Tremolo
- Vibrato
- več vrst spominov



Programska oprema

V tem članku sem precej podrobno opisal, kako to deluje, kar je lahko precej zahtevno.

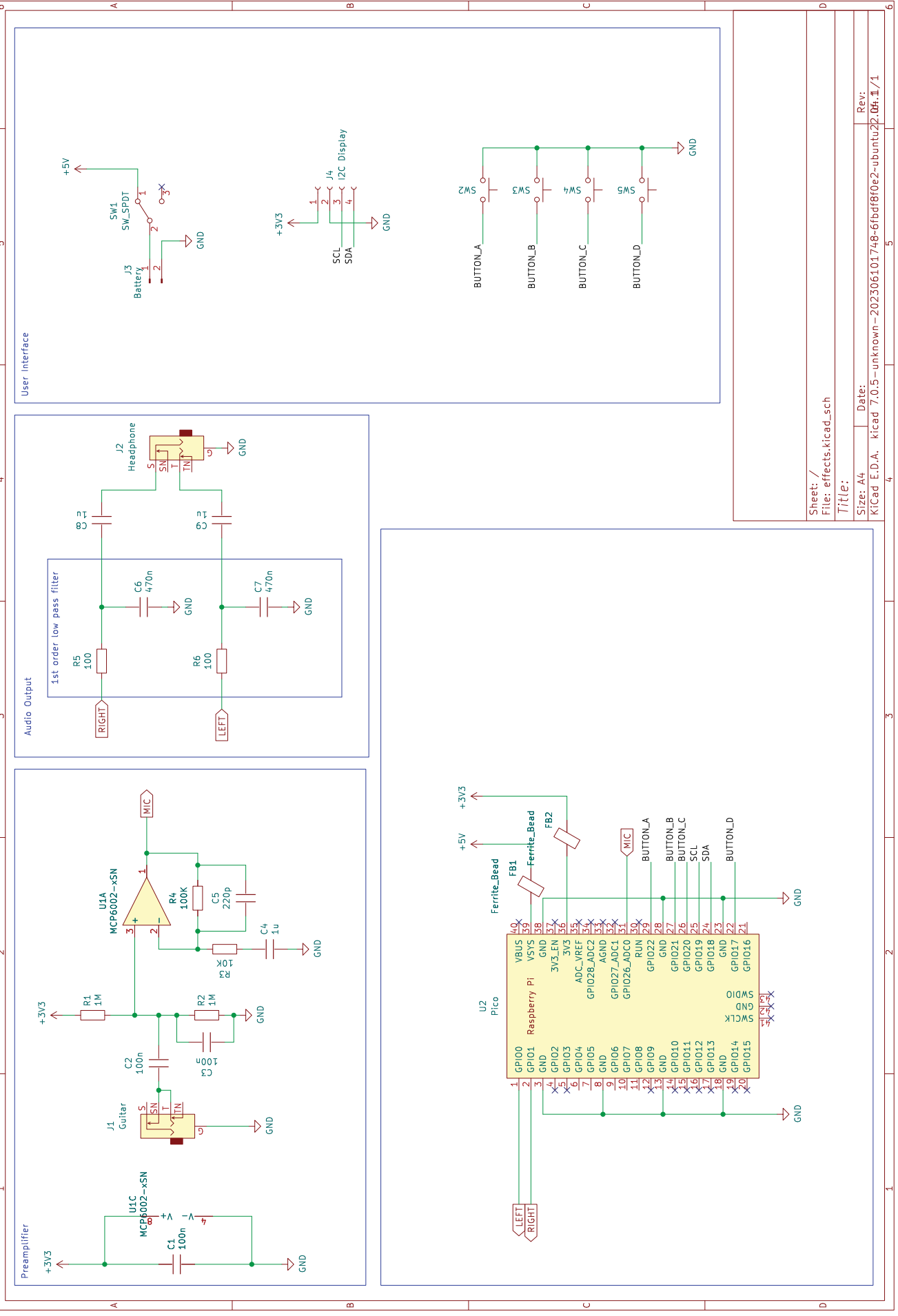
Naj vas to ne odvrne, saj je vezje precej preprosto, na voljo pa je tudi vnaprej pripravljena programska datoteka, ki jo lahko prenesete prek USB.

C Code for Pi Pico [1]
Pico Firmware [2]

Tiskano vezje

Sestavlil sem splošno namensko tiskano vezje za Pi Pico projekte, ki temeljijo na zvoku. To tiskano vezje potrebuje le nekaj sprememb za izdelavo enote za kitarske efekte.

Shema se nahaja na povezavi [3], Tiskana vezja se nahajajo na povezavah [4], [5], [6].



Sheet: /
 File: effects.kicad_sch
 Title:
 Size: A4
 Date:
 KiCad E.D.A. - kicad 7.0.5 - unknown - 202306101748-6fdbf8f0e2-ubuntu22.04.3/1

PROGRAMIRANJE

Pregled hardvera

Obdelava signala v našem DIY Multi-Effect kitarskem pedalu se začne z neinvertirajočim ojačevalnikom z visoko vhodno impedanco, da se preprečijo motnje v naravnem tonu kitare. Ta ojačevalnik ponuja 20 dB ojačitve, kar ojači vhodni signal za nadaljnjo obdelavo.

Po ojačitvi signal vstopi v vgrajen analogno-digitalni pretvornik (ADC) z ločljivostjo 12 bitov. ADC deluje s frekvenco vzorčenja 320 kHz in natančno zajame podrobnosti kitarskega signala.

Za dodatno izboljšanje kakovosti signala je v zasnovo vključena tehnika 16-kratnega prevzorčenja. Ta tehnika poveča razmerje med signalom in šumom (SNR) za dodatna dva bita in pomaga zmanjšati efekte prekrivanja. Nadvzorčenje z višjo hitrostjo, kot je nujno potrebno, pomaga zmanjšati neželene artefakte in prispeva k splošni jasnosti obdelanega zvoka.

Za izhod zvoka se uporablja digitalni priključek IO s pulzno širinsko modulacijo (PWM). PWM je konfiguriran tako, da zagotavlja 12-bitni zvočni izhod. Po fazi presežnega vzorčenja je signal usmerjen skozi nizkoprepustni filter prvega reda, ki je zasnovan tako, da odpravi vse neželene višje harmonske komponente. Ta ključni korak filtriranja zagotavlja čistejši izhodni signal brez neželenih artefaktov in motenj.

Glede na grobo naravo PWM zvočnega izhoda je kakovost zvoka presenetljivo dobra. PWM signal je dovolj močan, da lahko neposredno krmili slušalke. Napravo lahko uporabljate kot vadbeni ojačevalnik za slušalke, lahko pa jo vgradite v pedal z efekti ali celo v kitarski ojačevalnik.

Uporabniški vmesnik

Uporabniški vmesnik ni nič posebno nenavadnega. OLED zaslon 128x64 uporablja I2C vmesnik, ki temelji na SSD1306. Ti so danes precej razširjeni in so nadomestili HD44780 kot poceni/enostaven zaslon. I2C vmesnik vsekakor pomaga zmanjšati število priključkov. Stroški so ključno gonilo, zato sem ga združil z nekaj otipljivimi tipkami, da bi ustvaril vmesnik, ki ga poganjajo meniji.

Pregled programske opreme

Eden od razlogov, zakaj lahko v strojni opremi dosežemo tako preprostost, je združitev vseh funkcij v programski opremi. Raspberry Pi Pico se ponaša z dvojedrnim ARM procesorjem, pri čemer vsako jedro deluje pri frekvenci 120 MHz. Ta hitrost je za mikrokontroler v tem cenovnem razredu precej impresivna in je več kot primerna za opravljanje nalog obdelave zvoka. Vendar so pomnilniški in procesorski viri razmeroma omejeni. Ker Pi Pico nima enote s plavajočo vejico, je v tej zasnovi na poti signala uporabljena izključno aritmetika s fiksno vejico. Ta pristop nam zagotavlja dodaten prostor in omogoča integracijo večjega števila efektov.

Signalna pot je razdeljena na 5 glavnih funkcionalnih blokov: *Odstranjevanje enosmerne napetosti in predojačevalnik*

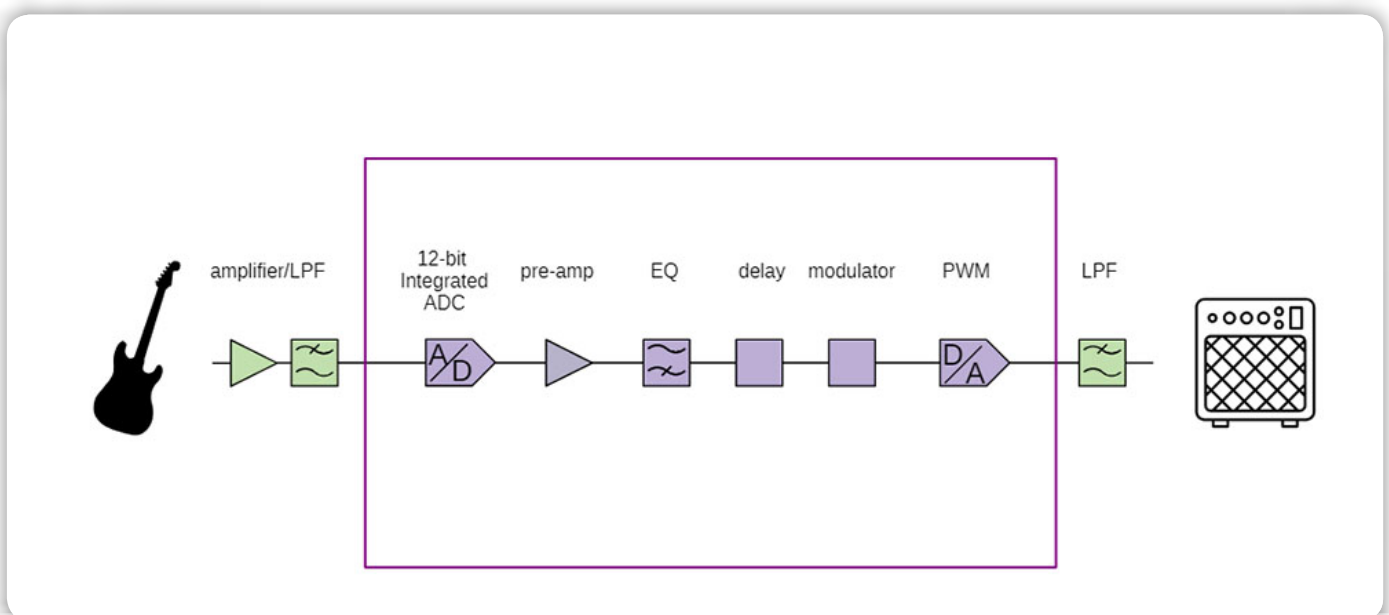
- 5-pasovni grafični ekvalizer
- Oblikovanje signalov (popačenje)
- Zakasnitev (zamik, odmev, reverb)
- Modulacija (Chorus, Phaser, Flanger, Tremolo, Vibrato)

Grafični ekvalizer

Za svoj prvi poskus grafičnega ekvalizerja sem uporabil niz petih filtrov, od katerih je vsak pokrival del spektra. Izbral sem IIR filtre, ki so znani po svoji učinkovitosti. Ta pristop se je pri obdelavi testnega zvoka na prenosnem računalniku kar dobro obnesel, vendar na Pi Pico ni mogel dohajati. Verjetno zato, ker sem uporabil implementacijo s plavajočo vejico. Razmišljal sem o pretvorbi v implementacijo s fiksno vejico, vendar je načrtovanje stabilnih IIR filtrov z uporabo aritmetike s fiksno vejico lahko precej težavno.

V končni rešitvi sem za filtriranje v frekvenčni domeni uporabil algoritem hitre Fourierjeve transformacije (FFT). Čeprav je postopek pretvorbe iz časovne v frekvenčno domeno in nazaj zapleten, je filtriranje v frekvenčni domeni veliko preprostejše, kar privede do splošnega izboljšanja pri razmeroma velikih filterih.

Podatki so razdeljeni na prekrivajoče se dele po 64 vzorcev.



Vsak kos je okvirjen z uporabo Hannovega okna, da se zmanjša spektralno uhajanje. Nato se vsak kos pretvori v frekvenčno področje s funkcijo FFT, pri čemer se signal razdeli na 32 frekvenčnih binov. Vsak bin je nato mogoče skalirati v skladu z vrednostjo ojačenja, preden se pretvori nazaj v časovno domeno z uporabo obratne FFT.

Velikost pasov grafičnega ekvalizerja je običajno logaritemska. Prvi pas uporablja en frekvenčni bin, drugi dva, naslednji pasovi pa 4, 8 in 18 binov. To logaritemsko skaliranje zagotavlja, da vsak pas pokriva enako število glasbenih tonov.

Gradniki

V celotni programski opremi se uporabljata dva gradnika, nizkofrekvenčni oscilator (LFO) in linija zakasnitve. Izvedba teh osnovnih gradnikov je zelo preprosta, vendar jih je mogoče kombinirati za ustvarjanje najrazličnejših efektov.

```
FixedPointlfo::get_sample(uint16_t
frequency_steps,FixedPoint    amplitude)
{
FixedPointsample=sin_table[p>>6]
    *amplitude;// 10 MSBs (16-10 = 6)
p+=frequency_steps;
returnsample;
}
```

LFO je zelo natančno krmiljen oscilator. Prvi del je fazni akumulator p , ki je preprosto števec. Fazni akumulator je skaliran tako, da celotno območje 16-bitnega števila predstavlja celoten cikel valovne oblike. Za vsak vzorec dodamo v fazni akumulator določeno število frekvenčnih korakov. Višja kot je frekvenca, več faze dodamo in pogosteje se fazni akumulator preliva. Največja vrednost 16-bitnega števila je 65535, pri frekvenci vzorčenja 20 kHz pa je to območje 0-10 kHz z ločljivostjo 0,3 Hz. S to funkcijo lahko pretvorimo iz Hz v frekvenčne korake.

```
uint16_tfrequency_Hz_to_steps
(floatfrequency_Hz){
returnstatic_cast<uint32_t>
(65536*frequency_Hz/audio_
sample_rate_Hz);
}
```

Fazo lahko pretvorimo v sinusno obliko valovanja s pomočjo preglednice za iskanje. Preglednica ima 1024 vnosov, zato potrebujemo le 10 najvišjih bitov.

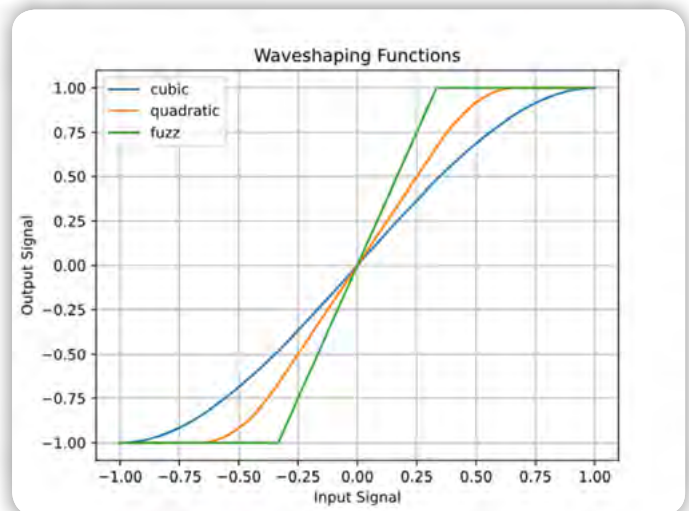
Razred zakasnitvene linije je izveden z uporabo krožnih predpomnilnikov. Zaradi enostavnosti sem izbral dolžino, ki je potenca števila 2, kar pomeni, da lahko implementiram krožni kazalec samo z uporabo IN operacije.

```
voiddelay_line::input_sample
(FixedPointsample){
buffer[input_pointer]=sample;
input_pointer=(input_pointer+1)&0xffff;
}
```

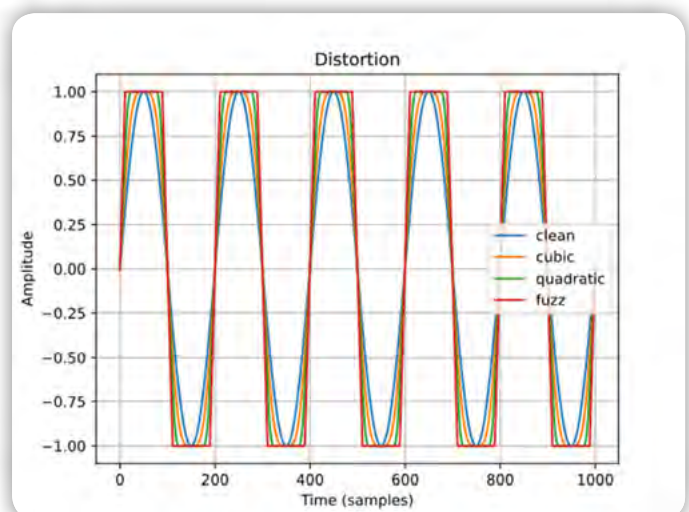
```
FixedPointdelay_line::tap(uint16_tdelay){
returnbuffer[(input_pointer-de-
lay+1)&0xffff];
}
```

Oblikovanje signalov (popačenje)

Oblikovalniki signalov so osnovno orodje za ustvarjanje značilnih efektov popačenja, ki jih slišimo pri igranju električne kitare. Običajno se uporabljajo v obliki pedalov za popačenje ali programskih vtičnikov in spreminjajo obliko zvočnega valovanja kitare z vnašanjem nelinearnosti, kar se doseže s tehnikami, kot je mehko obrezovanje. Ob prehodu kitarskega signala te naprave spremenijo obliko valovanja s stiskanjem ali obrezovanjem določenih delov, kar povzroči harmonično bogate nadtone in peščeno teksturo.

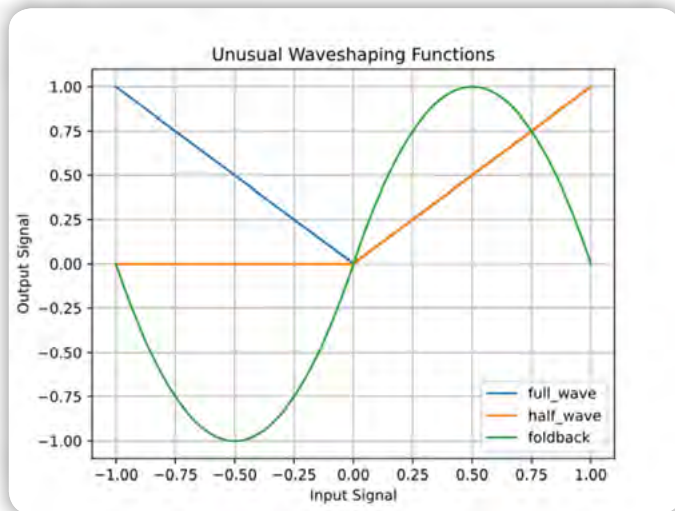


Kubični, kvadratni in fuzz oblikovalniki signala uporabljajo vedno močnejše obrezovanje, kar povzroči vedno bolj „kvadratno“ obliko signala, ki vsebuje več harmonskih komponent.

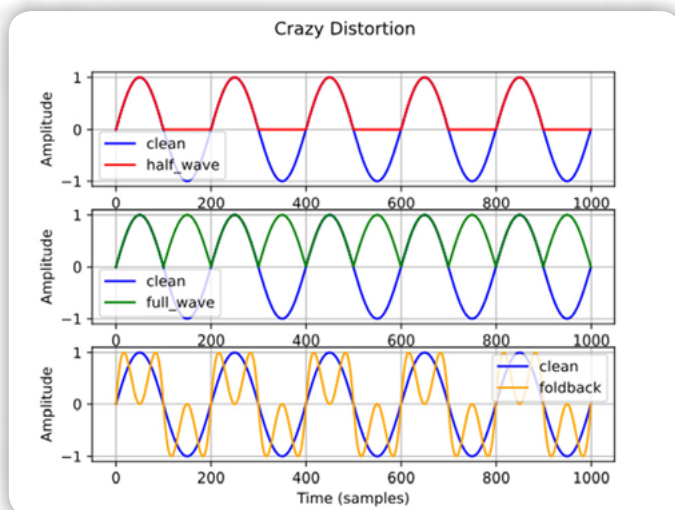


Obstaja še nekaj eksperimentalnih oblikovalnikov signalov, ki ustvarjajo bogate sode harmonske komponente.

Polvalni in polnovalni usmerniki z odstranitvijo ali ponovno uporabo negativnega polvalnega valovanja uvedejo efekt podvojitve frekvenca. Izkrivljanje s pregibanjem ustvarja dodatne harmonske komponente s pregibanjem odrezanega dela signala nazaj na samega sebe.



Funkcije oblikovanja imajo zanimiv efekt na signal.



Efeti zakasnitev

Enota za efekte vključuje tri vrste efektov, ki temeljijo na zakasnitvi.

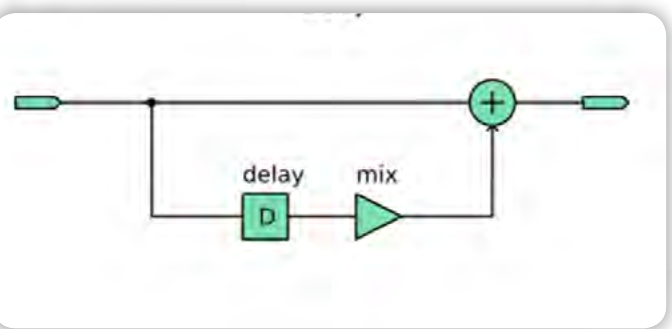
Delay je kitarski efekt, ki ponavlja vhodni signal s časovnim zamikom in tako ustvari vrsto različnih odmevov.

Odmev je podoben, vendar se pogosto nanaša predvsem na močnejšo, izrazitejšo ponovitev prvotnega zvoka.

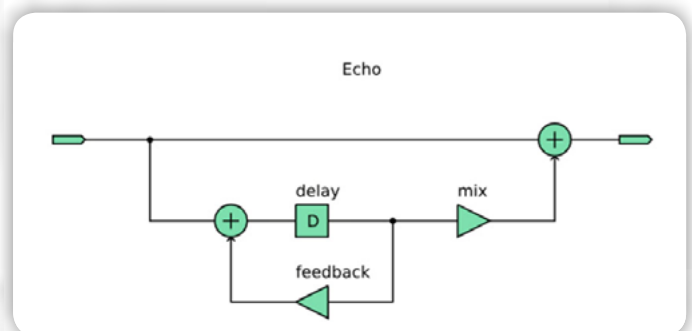
Reverb simulira akustične značilnosti fizičnih prostorov in z mešanjem številnih odbojev zvoka doda občutek prostora in globine kitarskemu signalu.

Delay (zakasnitev)

Najpreprostejši efekt zakasnitve vhodu doda eno različico signala z zakasnitvijo. Velikost zakasnjene signala lahko spreminjamo glede na prvotni signal.



```
delay_line.input_sample(sample);
sample=sample+delay_line.tap(delay_ms*samples_per_ms)*delay_mix;
```



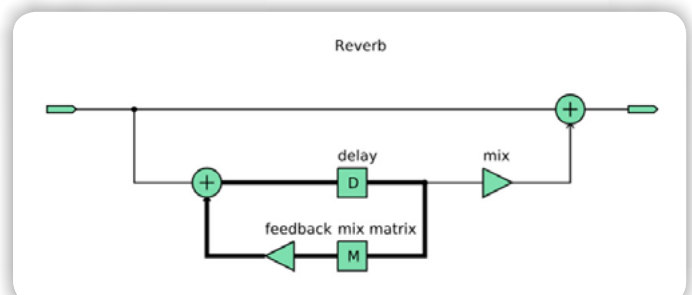
Echo (odmev)

Preprosta zakasnitev ustvari en sam odmev. Z dodajanjem preproste povratne zveze lahko dobimo več ponavljajočih se odmevov, katerih amplituda se z vsako ponovitvijo zmanjša.

```
delay=delay_line1.tap(delay_ms*samples_per_ms);
mixed=sample+delay*delay_feedback;
delay_line.input_sample(mixed);
sample=sample+(delay*delay_mix);
```

Reverb

Efekt odmeva je sicer preprosto ustvariti, vendar se ne sliši kot naravni odmevi, ki se pojavljajo v resničnih prostorih. Izkazalo se je, da je precej težko ustvariti naravno zvoneč odmev. Naravni odmev ima na tisoče odmevov, ki se od vira oddaljijo po številnih zapletenih poteh. V naravnem odmevu so odmevi tako gosti, da posameznih odmevov ne morete ločiti. Gostoto odmeva bi lahko povečali z zmanjšanjem zakasnitve



odmevnega efekta, vendar če to storimo, konstruktivna in destruktivna interferenca povzroči, da se sistem obnaša kot filter z zarezi na številnih frekvencah, kar običajno obarva ton signala, namesto da bi zagotovilo naravno zveneči odmev.

Članek Signal Smith Blog [7] je eden najboljših člankov, ki sem jih našel na to temo. Nekatere od teh idej sem poskušal uporabiti za izdelavo zelo minimalne različice.

Ta zasnova uporablja omrežje s povratno zakasnitvijo, signal gre skozi več različno dolgih zakasnilnih linij, zakasneni signali pa se nato zmešajo s pomočjo matrike, kar omogoča veliko gostejši in bolj naključno zveneči odmev.

```
//delay Lines
delays[0]=delay_line1.tap(150*samples_per_ms);
delays[1]=delay_line2.tap(160*samples_per_ms);
delays[2]=delay_line3.tap(170*samples_per_ms);
delays[3]=delay_line4.tap(180*samples_per_ms);

//feedback matrix
for(inti=0;i<num_delays;++i){
mixed[i]=delays[i];
sum=sum+mixed[i];
}
sum=sum*FixedPoint::from_float(-0.5);
for(inti=0;i<num_delays;++i){
mixed[i]=mixed[i]+sum;
}

//feedback gain
for(inti=0;i<num_delays;++i){
mixed[i]=sample+mixed[i]*delay_feedback;
}

delay_line1.input_sample(mixed[0]);
delay_line2.input_sample(mixed[1]);
delay_line3.input_sample(mixed[2]);
delay_line4.input_sample(mixed[3]);

sample=sample+(delays[0]*delay_mix);
```

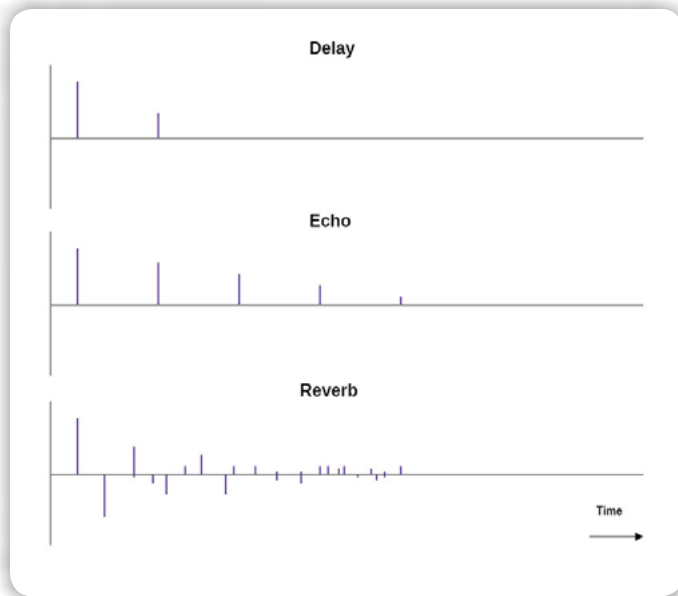
Tu je še vedno prostor za izboljšave, saj bi lahko s povečanjem števila linij zakasnitve ustvarili boljši, bolj naravno zveneči odmev. Zasnovi bi koristila tudi stopnja difuzorja.

Modulacijski efekti

Na področju kitarških efektov imajo modulacijski efekti ključno vlogo pri oblikovanju zvočne pokrajine, saj vašemu igranju dodajo globino, gibanje in značaj. Ti efekti manipulirajo z zvočnim signalom v realnem času in ustvarjajo dinamične spremembe, ki presegajo statičnost tradicionalnih efektov izkrivljanja ali zakasnitve.

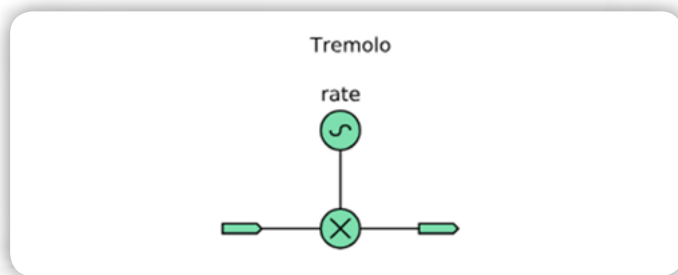
Tremolo efekt

Tremolo modulira glasnost signala v ritmičnem tempu in ustvarja pulzirajoči efekt. Gre za klasičen efekt, ki lahko sega od subtilnega ritmičnega pulziranja do izrazitejše amplitudne modulacije. Tremolo lahko vašemu igranju doda vintage, surf-rock vibracije ali dinamičen ritmični element.



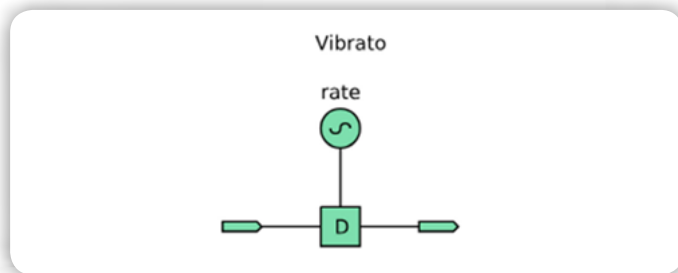
Vibrato efekt

Vibrato, ki se pogosto zamenjuje s tremolo učinkom, modulira višino signala. Vnaša rahla nihanja višine zvoka, s čimer simulira naravno vibrato, ki ga povzročajo gibi kitaristovih prstov. Vibrato dodaja izraznost in toplino dolgotrajnim tonom, zato je priljubljena izbira za igranje vodilne kitare.

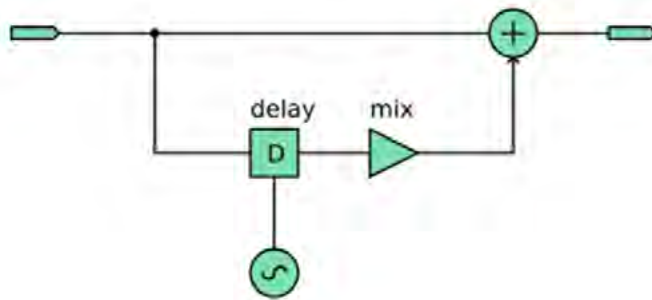


Flanger efekt

Podobno kot chorus tudi flanger podvaja signal, vendar uvede kratko zakasnitev, ki se spreminja s časom. To ustvari razpršen, reaktivni zvok, za katerega je značilen značilen efekt šumenja. Flanger se pogosto uporablja za dodajanje občutka



Flanger

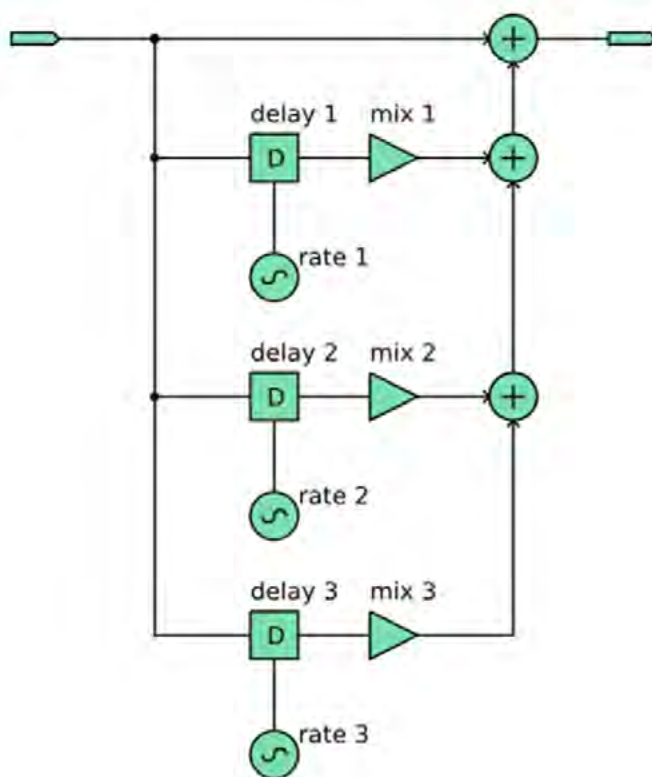


gibanja in intenzivnosti kitarskim solazam ali ritmičnim delom.

Chorus efekt

Chorus daje zvoku bujno in sijočo kakovost, tako da podvoji signal, vnese majhne spremembe višine in časa ter ga pomeša z originalnim. Rezultat je podoben zboru subtilno ločenih glasov, ki ustvari gostejši, bolj razsežen zvok, ki simulira efekt več instrumentov, ki igrajo v sozvočju.

Chorus



Phaser efekt

Phaser efekt spreminja fazo vhodnega signala in ustvarja značilen vrtničast ali razgiban zvok. Z delitvijo signala in spreminjanjem faznega razmerja med obema potema phaserji ustvarijo bogato, razvijajočo se teksturo, ki jo pogosto povežemo z vesoljskimi ali psihedeličnimi toni.

Zaključek

S tem smo obdelali zanimivo področje efektov, ki jih lahko kreiramo z Raspberry-Pi Pico ploščico. Kljub temu, da ploščica izgleda precej neobgljeno, se izkaže, da lahko s pomočjo ustreznih programov naredimo plejado različnih efektov. Morda še sami napišete kakšen program za nek nov efekt in ga preizkusite na svoji kitari.

Viri:

- 1: https://github.com/dawsonjon/101Things/tree/master/13_guitar_effects
- 2: https://github.com/dawsonjon/101Things/blob/master/build/13_guitar_effects/guitar_effects.uf2
- 3: <https://github.com/dawsonjon/101Things/blob/master/PCB/swiss%20army%20pcb/things.pdf>
- 4: https://github.com/dawsonjon/101Things/blob/master/PCB/front_panel/gerbers/front.zip
- 5: https://github.com/dawsonjon/101Things/blob/master/PCB/back_panel/gerbers/back.zip
- 6: <https://github.com/dawsonjon/101Things/blob/master/PCB/swiss%20army%20pcb/gerbers/ssa.zip>
- 7: <https://signalsmith-audio.co.uk/writing/>

Povzeto po:

- https://101-things.readthedocs.io/en/latest/guitar_effects.html

<https://101-things.readthedocs.io>

RAČUNALNIŠKE NOVICE

bralcem revije
SVET ELEKTRONIKE
ponujajo POSEBNO
PONUDBO!

12 številK revije
RAČUNALNIŠKE NOVICE

plačate samo stroške pošiljanja
9,70 € za vseh 12 številK, brez vezave.

Navedete geslo
SVET ELEKTRONIKE.

12 številK
BREZPLAČNO

Naročite lahko na: [✉ maja@stromboli.si](mailto:maja@stromboli.si) [☎ 01 620 88 00](tel:016208800)

Raspberry Pi Compute Module 5 in Raspberry Pi 500 z monitorjem

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

Raspberry Pi skoraj vsako leto postreže z novostmi, tako za industrijo, kot za domače uporabnike. Tokrat so novosti kar tri!

Po dolgem in nestrpnem pričakovanju smo 27. novembra končno dobili novi računski modul Raspberry Pi Compute Module 5, ki bo omogočil celo gradnjo multiračunalniških nosilnih plošč, kakršne smo doslej poznali le za Raspberry Pi Compute Module 4 – z ležišči za do 6 modulov. V slednje sicer lahko že danes vgradimo tudi računske module Raspberry Pi Compute Module 5, vendar bodo lahko nosilne plošče, izdelane posebej zanje boljše izkoristile njihove zmogljivosti.

Za tiste, ki ne poznate Raspberry Pi Compute Modulov povejmo, da je računski modul računalnik brez priključkov, s katerimi bi povezali zunanje naprave. Modul za delovanje potrebuje nosilno ploščo, ki se prek posebnih 100-polnih priključkov s spodnje strani poveže na ustrezna priključka nosilne plošče. Zunanje naprave tako povežemo s priključki kupljene ali doma narejene nosilne plošče.

Naj takoj dodam, da za izdelavo nosilne plošče potrebujemo ustrezne stroje, ki jih ima le nekaj slovenskih podjetij, lahko pa izdelavo naročimo tudi pri tujih ponudnikih. Kljub temu je za industrijske aplikacije možnost izgradnje lastne nosilne plošče ključna, saj je le tako mogoče optimizirati velikost in delovanje naprav, ki jih poganjajo računski moduli. Na primer v robotiki, lahko v nosilno ploščo vgradimo tudi krmilnike motornih pogonov in senzorjev.

Raspberry Pi Computer Module 5 Development Kit

Pri Raspberry Pi vedo, da razvijalci strojne in programske opreme potrebujejo instantno okolje za razvoj programskih aplikacij, predvsem pa morajo nekoliko boljše spoznati nove



Slika 1: Raspberry Pi Compute Module 5 Development Kit pred sestavljanjem

tehnologije, preden jih lahko vgradijo v svoje nosilne plošče. Raspberry Pi Computer Module 5 Development Kit je zato za večino, vsaj na začetku, nepogrešljiv.

Vendar si vseeno ni treba beliti glave, če že imate Raspberry Pi Compute Module 4 in ustrezno nosilno ploščo zanj, saj je slednja združljiva tudi z novim računskim modulom, vendar z nekoliko omejenim naborom funkcionalnosti. Podobno velja tudi za Compute Module 5 IO Board, saj je tudi ta omejeno združljiva z Raspberry Pi Compute Module 4.

Skratka, če določenih funkcionalnosti ne potrebujemo, za osnovno spoznavanje z novim računskim modulom zadošča že nakup modula, ki stane od 45 USD naprej, vendar so lahko cene pri različnih trgovcih, še posebej slovenskih, tudi višje. Za 45 USD dobimo osnovni računski modul Raspberry Pi Compute Module 5 z 2 GB RAM, brez Wi-Fi/Bluetooth modula in brez eMMC Flash pomnilnika, ki je sicer hitrejši od SD kartice. Po drugi strani, stane najdražji z 8 GB RAM, Wi-Fi/Bluetooth modulom in 64 GB eMMC Flash pomnilnika 80 USD.

Pri mnogih spletnih trgovcih lahko za 130 USD naročimo razvojni komplet, ko poleg računskega modula Raspberry Pi Compute Module 5 z 4 GB RAM, Wi-Fi/Bluetooth modulom in 32 GB eMMC pomnilnika vključuje še originalni 27-vatni napajalnik, Compute Module 5 IO Board nosilno ploščo, dva priključna kabla HDMI na HDMI in antenski kabel z zunanjo Wi-Fi/Bluetooth anteno ter lepo oblikovano kovinsko ohišje.

Kako začeti?

Raspberry Pi Compute Module 5 Development Kit dobimo v privlačni papirni škatli, v katero so lično zložene manjše

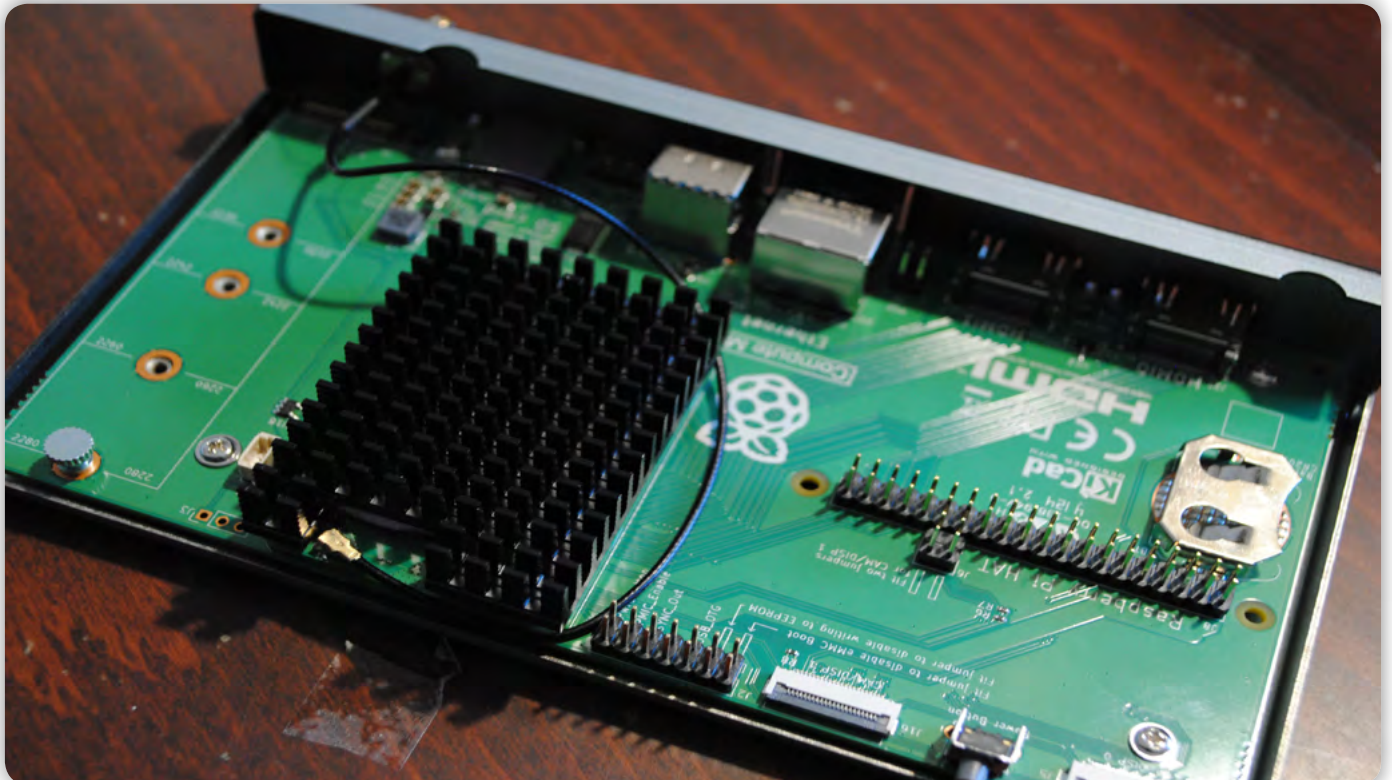
škatlice, pri čemer seveda najprej opazimo tisto z računskim modulom. Ko pa kopljemo naprej, najdemo še hladilno rebro, lepo oblikovano kovinsko ohišje, na katero je z notranje strani privit z Raspberry Pi združljiv ventilator s štiri-polnim konektorjem (+5 V, PWM za določanje hitrost ventilatorja, masa in merilnik obratov). Tako imamo v osnovi na voljo aktivno hlajenje z ventilatorjem ali pasivno hlajenje s hladilnim rebrom.

Na izbiro imamo tudi, ali bomo uporabili Wi-Fi ali Bluetooth ali oba, kar je še posebej pomembno pri aplikacijah z visokim varnostnim tveganjem, denimo Ethernet usmerjevalnikih. Wi-Fi in/ali Bluetooth izklopimo tako, da na označeno mesto na Compute Module 5 IO Board prispajkamo tri priključke in namestimo ustrezen mostiček, ki na maso poveže enega ali dva priključka. Tako lahko izklopimo Wi-Fi, Bluetooth ali oba.

Prav zaradi možnosti, da Wi-Fi/Bluetooth ne bomo uporabljali, je odprtina, v katero privijemo antenski konektor začepljena s črnim plastičnim čepom, ki ga moramo izvleči, če želimo priviti antenski konektor. Povejmo še, da ima Raspberry Pi Compute Module 5 na tiskanem vezju tudi notranjo anteno Wi-Fi/Bluetooth anteno, ki jo prav tako lahko uporabimo za manj zahtevne IoT aplikacije. Če onemogočimo Wi-Fi in/ali Bluetooth, tudi ta seveda ne bo delovala.

Priklop kamere in/ali digitalnega prikazovalnika

Ko beseda nanese na prikazovalnik mnogi pomislijo na priključka HDMI polne velikosti, prek katere lahko povežemo do dva



Slika 2: Sestavljen računalnik brez nameščenega pokrova



Slika 3: Na vrh ohišja nameščen ventilator, ki izsesava vroč zrak iz hladilnega rebra in s tem bistveno izboljša zmogljivost hlajenja, s čemer je mogoče stabilno navijanje na 3 GHz

monitorja, a je digitalni prikazovalnik bolj enostaven in ga lahko povežemo z enim od dveh priključkov MIPI prek trakastega kabla, prav tako kot lahko povežemo tudi digitalno kamero. Odprtini za kabla sta z leve in desne strani gumba za vklop, kar je lahko tudi nekoliko moteče, če računalnik pogosto ugašamo. A priznajmo, da večina industrijskih računalnikov deluje nepretrgoma. Povejmo še to, da lahko priključimo tudi dve digitalni kameri ali dva digitalna monitorja.

Panelni priključki

Pogled na zadnjo stranico ohišja razkrije podobne konektorje, kot jih poznamo pri Raspberry Pi 5 in najnovejšem Raspberry Pi 500, le da manjkata priključka USB 2.0, za katera je Raspberry Pi snoalцем na dveh 100-polnih priključkih, ki povezujeta Raspberry Pi Compute Module 5 z nosilno ploščo, preprosto zmanjkalo prostora.

Tako imamo na voljo zgolj dva USB 3.0 tipa A, en USB 2.0 tipa C, na katerega navadno priklopimo napajanje prek originalnega 27-vatnega 5-voltnega napajalnika.

Zanimivo, je, da so se snoalci Compute Module 5 IO Boarda (verjetno zaradi potrebe po robustnosti) odločili za konektorja HDMI polne velikosti, poleg katerih najdemo še 1 Gb/s Ethernet priključek in režo za SD kartico. Glede slednje povejmo, da jo lahko namestimo le, če smo poprej vgradili Raspberry Pi Compute Module 5 Lite, ki je brez eMMC pomnilnika.

Hladilno rebro, ventilator in navijanje

Uvodoma smo povedali, da lahko pri Raspberry Pi Compute Modulu 5 izbiramo med aktivnim in pasivnim hlajenjem. Za večino industrijski aplikacij je vsekakor primernejše pasivno hlajenje, saj tako računalnik ne vsesava prahu. Za pasivno hlajenje moramo najprej odstraniti ventilator, nameščen v notranjem delu pokrova ohišja, nato pa s pomočjo štirih vijakov in štirih podložk namestiti hladilno rebro.

Pritrditev rebra z vijaki hkrati učvrsti tudi računski modul in prepreči, da bi ta morebiti zaradi tresljajev odpadel z nosilne plošče.

Raspberry Pi Compute Modul 5 v nasprotju s prvotnimi napovedmi, deluje pri enaki frekvenci kot Raspberry Pi 5, 2.4 GHz in prav tako dopušča navijanje na 3 GHz. Vendar pri tem samo s hladilnim rebrom ne moremo doseči stabilnega delovanja pri 100 % procesorski obremenitvi. K sreči lahko ventilator namestimo tudi na zgornji del ohišja, tako da ga hladilno rebro v ničemer ne ovira. Nekaj iznajdljivosti je potrebne le pri priklopu 4-žičnega povezovalnega kabla, ki je k sreči veliko daljši kot o originalnem hladilniku za Raspberry Pi 5. Zato ga lahko napeljemo med zgornjim in spodnjim delom ohišja, pri čemer to ne vpliva na siceršnjo sestavo ohišja. Za podrobnosti si oglejte video na YouTube: https://youtu.be/5Xffn_21_QY.

Pogon SSD

Posebnost Raspberry Pi Compute Modulov 4 in 5 je možnost dostopa do enokanalnega vodila PCIe, ki je sicer prek posebne vtičnice dostopno tudi pri Raspberry Pi 5, medtem ko je Raspberry Pi 4 nima. Compute Module 5 IO Board skuša priklop SSD pogona prek PCIe x1 poenostaviti, saj ima vgrajen priključek M.2 s ključem M, vendar je tako mogoče priključiti zgolj en sam SSD. Vseeno pa ni težko narediti nosilne plošče z vgrajenim enokanalnim PCIe stikalom (npr. ASM1184e), prek katerega je mogoča povezati do 4 SSD pogone.

Po drugi strani, se mnogi sprašujejo, ali ni namesto tega eMMC pomnilnik dovolj, pri čemer bi lahko na namesto SSD prek M.2 priključka na primer povezali umetno-inteligenčni modul Hailo-8. Povejmo, da ni čisto tako, saj je SSD še vedno nekajkrat hitrejši od eMMC, ki pa je vseeno okoli dvakrat hitrejši od povprečne SD kartice.

Za konec še Raspberry Pi 500 in originalni Raspberry Pi Monitor!

9. decembra je Raspberry Pi presenetil še s priročnim Raspberry Pi 500, ki je v tipkovnico vgrajen računalnik z do 8 GB RAM (vendar nekoliko novejšo podzračico sistema v enem čipu, BCM2712), tremi priključki USB tipa A, od katerih sta dva USB 3.0, eden pa USB 2.0, priključkom USB tipa C, ki je prvenstveno namenjen napajanju, lahko pa ga uporabimo tudi za komunikacijo z drugo napravo po standardu USB 2.0, dvema prik-

ljučkoma mikro HDMI za priklop do dveh monitorjev, Ethernet priključkom in 40-polno razširitveno vtičnico, ki je prekrita z gumijastim zaščitnim pokrovčkom, saj je ne potrebujemo, če računalnik uporabljamo brez dodatkov kot namiznik.

Raspberry Pi 500 pa ne bi bil popoln brez monitorja, s katerim je Raspberry Pi tokrat zares presenetil. Skupaj tvorita lepo oblikovano celoto, čeprav to ne pomeni, da Raspberry Pi 500 ne moremo uporabljati s katerimkoli monitorjem s priključki HDMI in da Raspberry Pi Monitorja ne moremo uporabljati s katerimkoli računalnikom.

Posebnost Raspberry Pi Monitorja, je možnost napajanja prek priključka USB Raspberry Pi 500, pri čemer smo sicer omejeni na največji: 60-odstotno svetlost in 60-odstotno jakost zvoka, kar pa navadno vseeno zadošča za otroško sobo ali domačo pisarno. Za doseg polne zmogljivosti monitorja si je najbolje omisliti še en originalni 27-vatni Raspberry Pi napajalnik (5 V, 5 A), ali drug enako ali bolj zmogljiv napajalnik, ki podpira standard PD (Power Delivery), v nasprotnem bo omejitev ostala. Za ljubitelje Arduino in podobnih projektov povejmo še, da so prek razširitvene 40-polne vtičnice (expansion port) med drugimi priključki dostopna tudi zaporedna vrata, ki jih lahko uporabimo za programiranje. Arduino projekte sicer lahko programiramo tudi prek USB-zaporednih vmesnikov, ki so obvezni za klasične PCje...

<https://pcusbprojects.com>



Slika 4: Raspberry Pi 500 z originalnim Raspberry Pi Monitorjem



KNJIGA **ELEKTRONIKA ZA ZAČETNIKE**

Oglejte si
VSEBINO!



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

NAJPOPOLNEJŠI

ARDUINO

KIT za nadebudne
programerje



 AX ELEKTRONIKA

VSEBUJE:

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

