

SE
347

REVILJA ZA ELEKTRONIKO, AVTOMATIKO, RAČUNALNIŠTVO IN TELEKOMUNIKACIJE

ELEKTRONIKA svetNIKE

ISSN 1318-4679



9 771318 467014



letnik XXXIII

januar 2026

številka 347

cena:

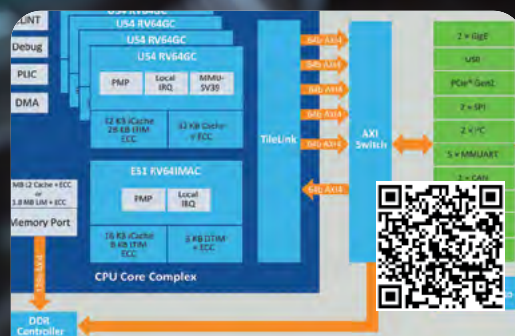
5,50 €



Fast load transient response:
 $\Delta V_{OUT} = -75/+25\text{mV (typ.)}$



Kompaktni, nizkošumni
LDO regulatorji

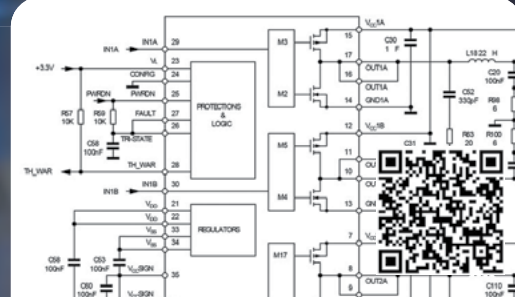


64-bitni mikroprocesor za
množični IoT trg

KYOCERA AVX predstavlja novo
LDS anteno za IoT Iridium

Testiranje in uporaba brezžičnih komunikacij
v avtomatskih transportnih robotih

Natančno merjenje razdalje z Bluetooth



STA516BE - 500 W FFX
digitalni močnostni
ojačevalnik

Kaj imajo skupnega strast, radovednost in ustvarjalnost?

Odgovor: **vas**

Kakorkoli ste se poimenovali (ustvarjalec, študent, popravljalec, hobi strokovnjak, tehnološki strokovnjak...), posebjate duh izumiteljstva – in ta duh je tisto, kar ustvarja boljši svet za vse nas.

Vi si zamislite, mi pa vam bomo pomagali zgraditi na digikey.si

DigiKey

we get technical

DigiKey je pooblaščen distributer za vse partnerske dobavitelje. Dnevno dodajamo nove izdelke. © 2026 DigiKey Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, ZDA

ECIA MEMBER
Supporting The Authorized Channel

UVODNIK

- 4 Konec leta
Jurij Mikeln

NOVICE

- 5 Analog Devices napoveduje novi elektrokemijski in impedančni merilni vhodni del za biološke in kemične raziskave
<https://www.analog.com>
- 7 Kompaktni, nizkošumni LDO regulatorji
<https://www.toshiba.com>
- 8 Anton Potočnik je prejel prestižno subvencijo ERC Consolidator Grant
<https://www.imec-int.com>
- 9 DTMOSVI 600 V, 0,047 Ω super spojni močnostni MOSFET v DFN8x8 ohišju
<https://www.toshiba.com>
- 10 KYOCERA AVX predstavlja novo LDS anteno za satelitske aplikacije IoT Iridium
<https://www.kyocera-avx.com>
- 11 Panasonic Industry predstavlja majhno tipko s potrebno krmilno silo 3 N
<https://holdings.panasonic/global>

PREDSTAVLJAMO

- 12 Testiranje in uporaba brezžičnih komunikacij v avtomatskih transportnih robotih za proizvodnjo in logistiko
Avtor: Tomohide Yamazaki
<https://www.anritsu.com/>
- 15 Simulacija verige signalov za pridobivanje podatkov poenostavlja izbiro komponent in testiranje
Avtor: Rolf Horn
<https://www.digikey.com>
- 19 Raziskovanje napredne konfiguracijske logike za merjenje toka, napetosti in moči
Avtor: Ruslan Tykhovetskyi
- 24 64-bitni mikroprocesor za množični IoT trg
Avtor: Venki Narayanan
<https://www.microchip.com>
- 28 Natančno merjenje razdalje z Bluetooth
Avtorja: Chetan Joshi in Torsten Killinger
<https://www.rutronik.com>
- 30 STA516BE - 500 W FFX digitalni močnostni ojačevalnik
STMicroelectronics
<https://www.st.com>
- 34 Blokirni kondenzatorji (1. del)
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Avtor: Izr. prof. dr. Marko Jankovec
E-mail: marko.jankovec@fe.uni-lj.si
<https://fe.uni-lj.si>

PROGRAMIRANJE

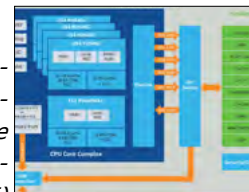
- 38 BLE satelit
Avtor: Mohit Bhoite
- 42 Raspberry Pi 500+ za razvijalce in domačo pisarno
Avtor: dr. Simon Vavpotič
- 47 IRFP240 IRFP9240 MOSFET 400W ojačevalnik
<https://svet-el.si>

Kompaktni, nizkošumni LDO regulatorji

Regulatorji zagotavljajo hiter odziv na spremembe obremenitve iz stanja pripravljenosti, da stabilizirajo enosmerno napajalno linijo. Kompaktni regulatorji omogočajo visoko zmogljivost in hkrati ohranjajo življenjsko dobo baterije za mobilne naprave in nosljive naprave. Toshiba Electronics Europe GmbH...

**Stran 7****64-bitni mikroprocesor za množični IoT trg**

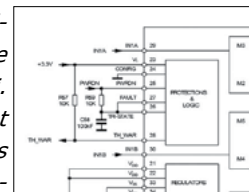
Sodobni sistemi postajajo vse bolj kompleksni in za obdelavo delovne obremenitve potrebujejo raznolike arhitekture obdelave. Dodajanje strojnega učenja (ML) in umetne inteligence (AI) na robu, pogosto na operacijskem sistemu Linux®, povečuje kompleksnost končnega dizajna. Aplikacije, ki so ključne za varnost, nadzor sistema in varnost...

**Stran 24****Natančno merjenje razdalje z Bluetooth**

Bluetooth 6.0 uvaja Channel Sounding. Ta tehnologija omogoča natančno merjenje razdalje z Bluetooth Low Energy, kar odpira nove možnosti za pozicioniranje, varnost in interakcijo – celo na področjih, kjer je prej prevladoval ultraširokopasovni signal. Lokalizacija naprav je postala nepogrešljiva v mnogih aplikacijah. GPS in...

**Stran 28****STA516BE - 500 W FFX digitalni močnostni ojačevalnik**

The STA516BE je monoliten ojačevalnik konfiguriran kot štiri polmostične stopnje v multipower BCD tehnologiji. Ojačevalnik je mogoče uporabljati kot dvojni mostič ali ga prekonfigurirati s priključitvijo konektorja CONFIG na konektorje VDD, kot enojni mostič z zmogljivostjo dvojnega toka ali kot polovični...

**Stran 30**64-bitni mikroprocesor za množični IoT trg, www.microchip.com



Jurij Mikeln

REVIJA ZA ELEKTRONIKO,
AVTOMATIČNO,
RAČUNALNIŠTVO
IN TELEKOMUNIKACIJE

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

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

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

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

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

Antivirusni program: PANDA security

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

Direktor:
JURIJ MIKELN, dipl.inž.

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

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

Cena za posamezni izvod je 5,50 EUR,
za letno naročnino priznavamo 25%
popust za dijake in študente s potrdilom
o šolanju, 20% popust ostalim fizičnim
osebam ter 10% popust za podjetja. Za
revijo Svet elektronike se plačuje in obračuna
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
karkršnakoli reprodukcija projektov ali
posameznih delov revije brez pisnega
soglasja uredništva.

Kako začeti novo leto?

Kako pričenate novo leto, drage bralke in dragi bralci? Ste po najdaljši noči naslednje jutro na pol mrtvi, ali je novoletno jutro podobno kateremu od prazničnih juter, ko ni treba zgodaj vstati in se odpraviti v službo?

Upam, da niste med temi prvimi, ki morajo preganjati »mačka« s takšnimi ali drugačnimi prijemi. Ljudska medicina je polna zanimivih predlogov za preganjanje mačka...

V reviji Svet elektronike pa leto začnemo »na polno«. Namreč že kar nekaj časa nismo pisali o NF ojačevalnikih. Odkar smo pisali o NF ojačevalnikih se je marsikaj zanimivega dogodilo na tem področju. Tokrat vam predstavljamo integrirano vezje, s pomočjo katerega boste lahko naredili 500 W NF ojačevalnik. Ko bo to narejeno, boste pa verjetno začeli iskati ustrezne zvočnike, ki bodo zmogli igrati pri takšni moči. 500 W namreč ni mačji kašelj. Spomnim se sejmov IFAM v Celju, ko smo imeli na našem razstavnem prostoru ojačevalnik Brutus 170 W, ki je napolnil dvorano z glasbo – seveda še v jutranjih urah, ko ni bilo prisotnih sosednjih razstavljalcev in obiskovalcev. 170 W v stereo izvedbi je namreč zelo glasno in bi bilo moteče za vse.

In ko že omenjam sejem IFAM, vas vabim, da si rezervirate čas od 17. do 19. februarja, ko bo v Ljubljani potekal tradicionalni IFAM sejem na Gospodarskem razstavišču. Vabljeni, da se oglasite tudi na našem razstavnem prostoru.

Če smo že začeli z »mačkom« in nadaljevali z »mačjim kašljem«, pa končajmo z »mačkom v žaklju«. Namreč, v letu 2026 vam revija Svet elektronike ne bo prinašala mačka v žaklju, pač pa obilo zanimivih člankov in novic, zato le hitro obnovite naročnino na revijo. Cena naročnine v letu 2026 ostaja enaka, kot v letu 2025, kar je med drugim tudi zasluga zvestih oglaševalcev in naročnikov. Brez enih ali drugih nobena revija ne bi preživela. Razen morda katera, ki jo financira država, ampak to je pa že druga zgodba.

Na koncu tega uvodnika vam v svojem imenu in v imenu vseh sodelavcev revije Svet elektronike zaželim srečno v letu 2026!

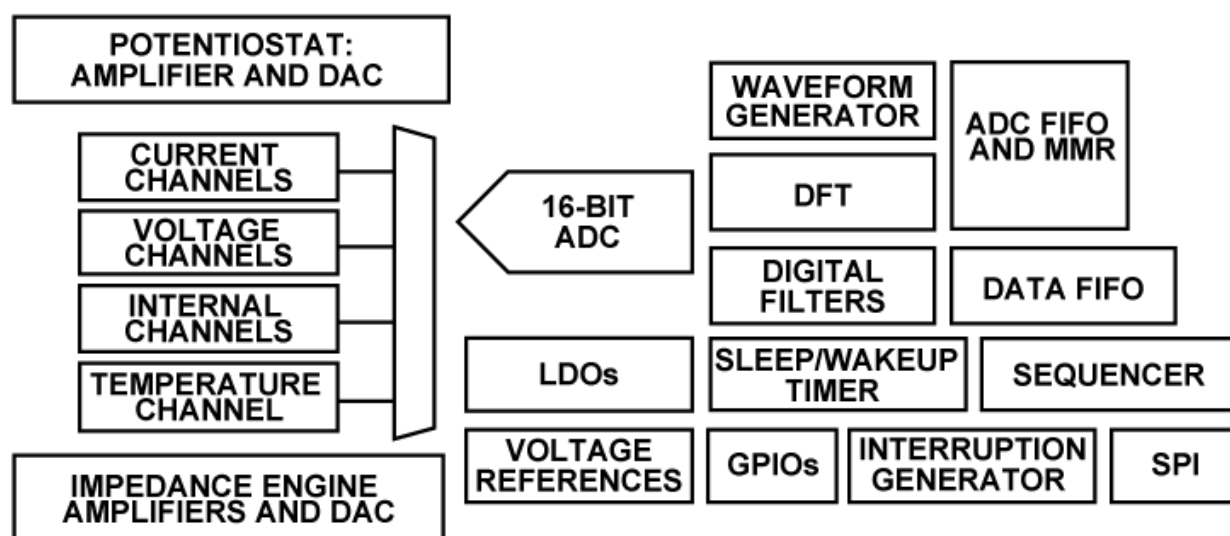
Lep pozdrav!
Jure



avtor: Jure Mikeln

Analog Devices, Inc.





AD5940

AD5940 je čip z najmanjšo porabo, najbolj zmogljiv impedančni in elektrokemijski vhodni del z inteligentnim avtonomnim krmiljenjem. Analogni vhodni del združuje vrhunsko integracijo in zmogljivost za krmiljenje potenciostatov in impedančnih elektrokemijskih senzorjev. Potenciostat na čipu omogoča vrsto standardnih elektrokemijskih merilnih tehnik, kot so amperometrične, voltametrične ali impedančne meritve.

AD5940 je zasnovan za uporabo v bioimpedančnih sistemih v zdravstvu za merjenje impedance kože in telesa, pa tudi za delovanje z AD8233 [1] AFE v celovitem bioelektričnem/biopotencialnem merilnem sistemu.

Analogni vhodni del lahko meri napetost, tok in impedanco. Naprava je sestavljena iz dveh potenciostatskih zank, zanke z nizko pasovno širino, ki lahko generira AC signale do 200 Hz, in zanke z visoko pasovno širino, ki lahko generira AC signale do 200 kHz. Potenciostat z izjemno nizko porabo energije porabi 6,5 uA v prednapetostnem načinu.

Merilni kanal AD5940 ima 16-bitni, 800 kSPS, večkanalni analognodigitalni pretvornik (ADC) z zaporednim približevanjem (SAR) z vhodnimi pomnilniki, vgrajenim anti-alias filtrom (AAF) in programabilnim ojačevalnikom (PGA). ADC ima vhodni nape- tostni razpon $\pm 1,35$ V. Vhodni multiplekser pred ADC uporab- niku omogoča izbiro vhodnega kanala za merjenje. Ti vhodni kanali vključujejo več zunanjih tokovnih in napetostnih vhodov ter notranje napetostne kanale. Notranji kanali omogočajo dia- gnostične meritve notranjih napajalnih napetosti, temperature čipa in referenčnih napetosti na čipu.

AD5940 merilne enote so krmiljene z neposrednim zapisova- njem v register prek vmesnika Serial Peripheral Interface (SPI) ali pa z uporabo vnaprej programirljivega sekvencerja, ki omo- goča avtonomno krmiljenje čipa AFE. 6 kB statičnega pomnilnika

z naključnim dostopom (SRAM) je razdeljen za globoki pomnil- nik podatkov po načelu prvi noter, prvi ven (FIFO) in pomnilnik ukazov. Merilni ukazi se shranijo v pomnilnik ukazov, rezultati meritev pa v pomnilnik podatkov FIFO. Na voljo je več prekini- tev, povezanih s FIFO, ki prikazujejo stanje FIFO.

Cene in dobavljivost

Proizvod	Dobavljivost vzorcev	Razpoložljivost proizvodnje	Cena za količino 1000 kosov	Ohišje
AD5940	Zdaj	Sproščena	\$4.17	3.6 mm × 4.2 mm, 56 ball WLCSP

Viri:

- 1: http://www.analog.com/AD8233?doc=AD5940.pdf?ADICID=PRLS_EMEA_P182091_AD5940

O podjetju Analog Devices

Analog Devices je vodilno globalno podjetje na področju visoko zmogljive analogne tehnologije, ki se posveča reševanju naj- zahtevnejših inženirskih izzivov. Svojim strankam omogočajo, da razumejo svet okoli njih, saj na inteligen način povezu- jejo fizični in digitalni svet z neprimerljivimi tehnologijami, ki zaznavajo, merijo, napajajo, povezujejo in razlagajo. Obiščite <http://www.analog.com>

Preberite in naročite se na Analog Dialogue, me- sečno tehnično revijo ADI, na: <http://www.analog.com/analog-dialogue.html>

<https://www.analog.com>



Kompaktni, nizkošumni LDO regulatorji

Toshiba

Regulatorji zagotavljajo hiter odziv na spremembe obremenitve iz stanja pripravljenosti, da stabilizirajo enosmerno napajalno linijo.

Kompaktni regulatorji omogočajo visoko zmogljivost in hkrati ohranjajo življenjsko dobo baterije za mobilne naprave in nosljive naprave.

Toshiba Electronics Europe GmbH („Toshiba“) predstavlja serijo 35 LDO regulatorjev TCR5FM, ki pomagajo stabilizirati enosmerno napajalno napetost za majhne naprave, kot so pametni telefoni in nosljive naprave.

LDO regulatorji pomagajo rešiti izziv, s katerim se soočajo inženirji pri načrtovanju naprav na baterijsko napajanje, da preklopijo iz načina nizke porabe energije v način visoke hitrosti obdelave, s čimer se maksimira zmogljivost in življenjska doba baterije. Ta preklop načina lahko po naravi destabilizira enosmerno napajalno linijo. To zahteva LDO regulatorje s hitrim odzivom na prehodne pojave.

Nova serija TCR5FM izboljša odziv na prehodni pojav iz stanja pripravljenosti za približno 80 % v primerjavi z obstoječo serijo TCR3RM podjetja Toshiba. S hitrim zaznavanjem nihanj izhodne napetosti in zagotavljanjem hitre povratne vezave se zmanjšajo nihanja izhodne napetosti, tudi med nenadnimi spremembami obremenitve. Poleg hitrega odziva na prehodni pojav serija TCR5FM izboljša obdelavo šuma z visokim razmerjem dušenja valovanja 91 dB (tipično), kar omogoča izhodno napetost z nizkim šumom.

Ta visoka zmogljivost je dosežena s kombinacijo bandgap vezja, nizkoprepustnega filtra, ki prepušča le izredno nizke frekvence, in hitrega operacijskega ojačevalnika z nizko stopnjo šuma. Te kombinirane lastnosti naredijo nove LDO regulatorje primerne za aplikacije, ki so občutljive na šum, kot so CMOS senzorji in napajalniki za visokofrekvenčna vezja, s čimer pomagajo stabilizirati enosmerno napajalno napetost.

Serija TCR5FM podpira 500 mA maksimalnega izhodnega toka in delovno temperaturo do +125 °C. Nova serija vključuje 35 izdelkov z izhodnimi napetostmi od 0,9 V do 5,0 V, kar inženirjem omogoča izbiro možnosti, ki ustrezajo njihovim specifičnim končnim aplikacijam. Poleg tega je serija nameščena v majhnih DFN4D ohišjih z dimenzijami 1 mm x 1 mm, kar je



idealno za mobilne in nosljive naprave, ki zahtevajo montažo z visoko gostoto. Toshiba se zavzema za nadaljnjo širitev ponudbe serije LDO regulatorjev in spodbujanje razvoja izdelkov, da bi zadovoljila raznolike potrebe inženirjev.

Povzeto po:

- <https://toshiba.semicon-storage.com/eu/company/news/2025/12/power-management-ics-20251202-1.html>

<https://www.toshiba.com>



RAČUNALNIŠKE NOVICE

bralcem revije
SVET ELEKTRONIKE
ponujajo POSEBNO
PONUDBO!

12 ŠTEVILK revije
RAČUNALNIŠKE NOVICE

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

Navedete geslo
SVET ELEKTRONIKE.

12 števk
BREZPLAČNO

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

Anton Potočnik je prejel prestižno subvencijo ERC Consolidator Grant

Anton Potočnik je prejel prestižno subvencijo ERC Consolidator Grant za razvoj skalabilnih superprevodnih kvantnih računalnikov z odčitavanjem kubitov pri temperaturah blizu absolutne ničle (milikelvinov).

Imec, vodilni svetovni raziskovalno-razvojni center na področju naprednih polprevodniških tehnologij je objavil, da je Evropski raziskovalni svet (ERC) podelil Antonu Potočniku konsolidacijsko subvencijo za njegov projekt SuperQold, ki se osredotoča na povečanje zmogljivosti odčitavanja superprevodnih kubitov z detekcijo v milikelvinih (mK).

SuperQold želi temeljito spremeniti način branja superprevodnih kubitov, tako da bo zaznavanje signala s sobne temperature prenesel na raven milikelvinov, tik ob kubitih.

Ta revolucionarni pristop bo odpravil glavne ovire na področju strojne opreme in utrl pot kvantnim računalnikom, ki se bodo lahko razširili od današnjih sto kubitov do milijonov kubitov, potrebnih za praktične aplikacije z odpravljanjem napak. Kvantno računalništvo velja za tehnologijo, ki bo spremenila pravila igre, saj ima potencial za reševanje problemov, ki so za klasične računalnike nerešljivi. Med vodilnimi platformami je superprevodna kvantna tehnologija, ki temelji na superprevodnih kvantnih bitih ali kubitih.

Medtem ko raziskovalne skupine po vsem svetu trenutno razvijajo procesorje z deset do sto kubitov, je obseg, potreben za odpornost kvantnega računalništva na napake, z današnjimi arhitekturami strojne opreme še vedno nedosegljiv. Ključna omejitev je v načinu usmerjanja in zaznavanja signalov kubitov. V sedanjih sistemih je vsak kubit povezan prek centimetrskih mikrovalovnih komponent in ožičenja iz razredčevalnega hladilnika pri temperaturah v milikelvinih do elektronike sobne temperature. Neposredno povečanje obsega tega pristopa bi povzročilo neobvladljivo toplotno obremenitev kriogenega sistema, hude prostorske omejitve znotraj hladilnika ter izjemno povečanje stroškov in porabe energije merilne opreme sobne temperature.

„Danes sta odčitavanje in krmilna strojna oprema ena največjih ovir za nadaljnje širjenje superprevodnih kvantnih računalnikov,“ pravi Anton Potočnik, raziskovalec kvantne strojne opreme pri imecu. „Če preprosto dodamo več kriogenih kablov,



Fotografija: Anton Potočnik
(vir: <https://www.imec-int.com>)

cirkulatorjev in instrumentov za sobno temperaturo, je sistem fizično in toplotno nemogoče upravljati. S SuperQoldom želimo prekiniti to paradigmo.“

Potočnik namerava ta izziv rešiti s sočasno integracijo superprevodnih kubitov s kriogeno CMOS elektroniko, neposredno pri temperaturah v milikelvinih. Namesto da bi krhke kvantne signale pošiljali vse do sobne temperature, bo zaznavanje stanja kubitov potekalo lokalno, v bližini samih kubitov.

Ta radikalno nova arhitektura bo:

- odpravila velike mikrovalovne komponente v izhodnih vodih,
- zmanjšala število signalnih vodov med hladilnikom in sobno temperaturo ter
- odpravila potrebo po velikih, energetsko potratnih sistemih za pridobivanje sobne temperature.

Z zaznavanjem in obdelavo signalov v bližini kubitov SuperQold odpira vrata za obdelavo podatkov na mestu samem in hitro povratno informacijo, ki sta bistvena za izvajanje shem za zaznavanje in popravljanje kvantnih napak. „S SuperQoldom želimo pokazati, da je mogoče napredno CMOS elektroniko spustiti na temperature v milikelvinih in jo uporabiti za učinkovito in zanesljivo branje kubitov,“ pojasnjuje Potočnik. „Če nam bo to uspelo, bo to spremenilo način izdelave superprevodnih kvantnih procesorjev in omogočilo resnično skalabilne arhitekture.“

O Antonu Potočniku

Anton Potočnik se je leta 2018 pridružil imecu kot raziskovalec na področju superprevodnih kvantnih tehnologij, kjer se osredotoča na visoko koherentna superprevodna vezja, nove pristope k integraciji kubitov in nadzor kubitov s kriogeno CMOS elektroniko. Preden se je pridružil imecu, je bil podoktorski raziskovalec v skupini prof. Andreasa Wallraffa na ETH Zürich, kjer se je ukvarjal z analogno kvantno simulacijo. Doktoriral je na Fakulteti za matematiko in fiziko v Ljubljani in Inštitutu Jožef Stefan, kjer je z uporabo tehnik magnetne resonance preučeval molekularne superprevodnike v bližini prehoda med kovino in izolatorjem.

Povzeto po:

- <https://www.imec-int.com/en/press/anton-potocnik-receives-prestigious-erc-consolidator-grant-enable-scalable-superconducting>

<https://www.imec-int.com>



DTMOSVI 600 V, 0,047 Ω super spojni močnostni MOSFET v DFN8x8 ohišju

Toshiba

Optimizirana zasnova vrat in kompaktna izvedba bodo inženirjem pomagali zmanjšati velikost končne opreme in izboljšati učinkovitost.

Toshiba Electronics Europe GmbH („Toshiba“) predstavlja 600-voltni N-kanalni super spojni močnostni MOSFET narejen v procesu DTMOSVI 600V, nameščen v kompaktnem DFN8x8 ohišju. TK057V60Z ponuja napetost med ponorom in virom (VDSS) 600 V z zmogljivostjo toka ponora (ID) do 40 A. Tipična upornost med ponorom in virom (RDS(ON)) je samo 0,047 Ω (največ 0,057 Ω), tipični naboj med vrati in ponorom (Qgd) pa je lahko samo 15 nC. Visoko učinkovita naprava in kompaktno ohišje zagotavljata največjo gostoto moči v industrijski opremi. Uporablja se v preklopnih napajalnikih za strežnike podatkovnih centrov, neprekinjenih napajalnikih in fotovoltaičnih napajalnikih. V seriji DTMOSVI 600V, ki vključuje TK057V60Z, je Toshiba optimizirala zasnovo vrat in proizvodni proces, da je dosegla približno 36-odstotno zmanjšanje vrednosti FoM (figure-of-merit), opredeljene kot RDS(ON) x Qg, in približno 52-odstotno zmanjšanje RDS(ON) x Qgd v primerjavi z obstoječo generacijo serije DTMOSIV-H z enako nazivno napetostjo. Te izboljšave zmanjšujejo izgube pri prevajanju, pogonu in preklapljanju, kar znatno izboljša učinkovitost napajalnih vezij. Poleg tega uporaba majhnega DFN8x8 ohišja za vgradnjo na površino inženirjem omogoča zmanjšanje velikosti končne opreme. Kelvinov priključek vira omogoča

ustrezno krmiljenje vrat in pomaga preprečiti vpliv parazitske induktivnosti na priključek ponora.

Toshiba ponuja orodja, ki podpirajo načrtovanje vezij za stikalne napajalnike. Poleg modela G0 SPICE, ki hitro preveri delovanje vezja, so zdaj na voljo tudi zelo natančni modeli G2 SPICE [1], ki natančno reproducirajo prehodne lastnosti.

Toshiba bo nadaljevala s širitvijo svoje ponudbe izdelkov serije DTMOSVI 600V, da bi izboljšala učinkovitost napajalnikov v industrijski opremi.

Povzeto po:

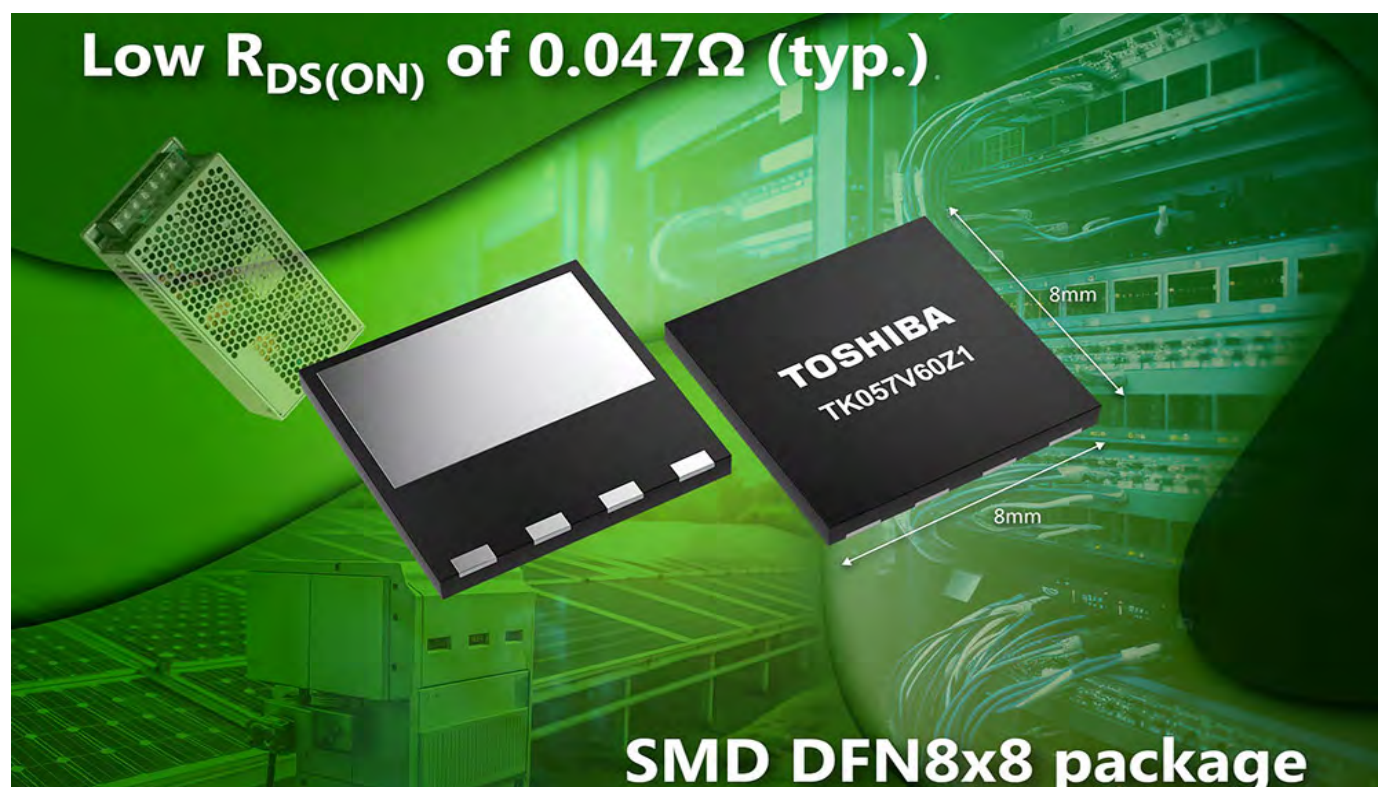
- <https://toshiba.semicon-storage.com/eu/company/news/2025/11/mosfet-20251127-1.html>

Viri:

- 1: <https://toshiba.semicon-storage.com/eu/semiconductor/product/mosfets/400v-900v-mosfets/detail.TK057V60Z1.html>



<https://www.toshiba.com>



KYOCERA AVX predstavlja novo LDS anteno za satelitske aplikacije IoT Iridium

KYOCERA

Nova LDS antena in razvojna plošča, razvita v sodelovanju z Iridiumom sta primerna za uporabo z Iridium Certus™ 9704 IoT moduli.

Nova LDS antena bistveno presega zmogljivosti keramičnih patch anten, ki se običajno uporabljajo v satelitskih IoT aplikacijah.

KYOCERA AVX, vodilni svetovni proizvajalec naprednih elektronskih komponent, zasnovanih za pospeševanje tehnoloških inovacij in gradnjo boljše prihodnosti, je predstavil novo LDS anteno in razvojno ploščo, optimizirano za satelitske IoT aplikacije Iridium® in označeno kot Iridium Qualified Antenna izdelki za module Iridium Certus 9704. Nova KYOCERA AVX LDS antena [1], razvita za Iridium, je bila zasnovana z vgrajeno anteno, optimizirano za satelite v nizki zemeljski orbiti (LEO), ki se uporabljajo za zagotavljanje neprekinjene povezljivosti in izmenjave podatkov za naprave IoT kjerkoli na svetu. Njena zmogljivost presega zmogljivost keramičnih patch anten, ki se tradicionalno uporabljajo v teh aplikacijah. Izdelana je bila z uporabo tehnologije laserskega neposrednega strukturiranja (LDS) – učinkovitega postopka za ustvarjanje kompleksnih, kompaktnih, lahkih širokopasovnih in visokozmogljivih 3D anten na nešteti podlagah – je manjša in lažja od keramičnih patch anten ter ima odlično desno krožno polarizacijo (RHCP) in vrhunsko zmogljivost od zenita do horizonta, kar maksimira vidljivost in zanesljivost satelita ter je še posebej koristno za izboljšanje povezljivosti satelitov LEO pri nizkih kotih vzpenjanja. Ima tudi širšo pasovno širino in višjo učinkovitost sevanja kot patch antene.

Ta inovativna vgrajena antena ima majhno, lahko obliko z edinstvenim dizajnom, premerom 35,7 mm in višino 17,98 mm, tehta 6,85 g, omogoča enostavno SMD montažo in proizvajalcem naprav omogoča, da komponente namestijo na njeno spodnjo stran, kar prihrani prostor na glavni tiskani plošči.

Nova KYOCERA AVX LDS antena, razvita za Iridium, podpira frekvence GNSS (1.559–1.610 MHz) in Iridium (1.616–1.626,5 MHz) z največjim dobitkom ~2 dBi in 60-odstotno učinkovitostjo ter zagotavlja zanesljivo delovanje v zahtevnih okoljih, tudi nad kovino. Ima nazivno moč 4 W, impedanco napajalne točke 50 Ω in območje delovanja v temperaturah od -40 °C do +85 °C. Dokazano je, da je odporna na visoke temperature, visoko vlažnost in slano meglo, skladna z najnovejšimi direktivami RoHS in REACH ter pakirana in dostavljena na traku in kotu za avtomatsko sestavljanje s ponovnim spajkanjem. Nova antena je posebej zasnovana za satelitsko povezljivost, namenjena satelitskim IoT aplikacijam in je primerna za aplikacije, kot so telematika, sledenje sredstev, daljinsko spremljanje, pametno kmetijstvo in aplikacije za pametna mesta. Letos je bila uvrščena v ožji izbor za nagrado Electronic Specifier's



Electronics Excellence Awards v kategoriji pasivnih izdelkov. Tako KYOCERA AVX LDS antena kot tudi njena 70 x 70 x 32,5 mm (D x Š x V) razvojna plošča –sta zasnovani za nemoteno integracijo in hitrejši dostop na trg. Obe sta bili prav tako označeni kot Iridium Qualified Antenna izdelka za Iridium Certus 9704 naprave, vključno z Iridium Certus 9704 IoT modulom in Iridium Certus 9704 satelitskim IoT razvojnim kompletom. IoT modul Iridium Certus 9704 s tehnologijo Iridium Messaging Transport® (IMT®) je najmanjši in najmočnejši modul podjetja. Je idealen za satelitske IoT aplikacije, ki zahtevajo analizo podatkov v realnem času, analitiko in avtomatizirano odločanje – omogoča IIoT, M2M, prediktivno vzdrževanje, daljinsko sledenje sredstev, daljinsko zaznavanje in aplikacije za upravljanje in nadzor brezpilotnih letal, vozil in plovil s prenosi večjih datotek in višjimi hitrostmi sporočanja kot prejšnji Iridium IoT moduli. Prav tako lahko pomaga organizacijam pri integraciji umetne inteligence in IoT: umetne inteligence stvari (AIoT).

„Modul Iridium Certus 9704 IoT v majhni obliki združuje številne ključne funkcije in funkcije z dodano vrednostjo, da bolje podpira rastoči trg satelitskega IoT,“ je dejal Omid Nia, Ph.D., pomočnik direktorja za razvoj izdelkov in certificiranje pri podjetju Iridium. „Zmogljivost LDS antene KYOCERA AVX je odlična. Izpolnjuje vse določene zahteve Iridium glede zmogljivosti in skladnosti ter je uradno certificirana za uporabo z Iridium Certus 9704.“

„Iridium je svetovni vodja na področju satelitskih IoT aplikacij, zato smo počaščeni, da smo imeli priložnost sodelovati z njimi pri razvoju naše najnovejše inovativne LDS antene in omogočiti njihove najsodobnejše satelitske rešitve IoT,“ je dejala Carmen Redondo, direktorica globalnega trženja, zadolžena za antene pri KYOCERA AVX. „Znanje naše ekipe na področju razvoja anten nam je omogočilo, da smo ekipi Iridium pomagali premagati izzive, ki jih predstavljajo tradicionalne keramične patch

antene, in zadovoljiti edinstvene zahteve satelitskih IoT aplikacij. RHCP naše antene in konstanten dobiček od zenita do horizonta sta še posebej ugodna za povezljivost LEO satelitov pri nizkih kotih vzpenjanja, njen največji dobiček približno 2 dBi in 60-odstotna učinkovitost pa zagotavlja zanesljivo delovanje v zahtevnih okoljih v različnih panogah. Optimizirali smo tudi njeno velikost, zmogljivost in fleksibilnost integracije, da bi pospešili čas uvedbe na trg, in – tako kot Iridium – smo navdušeni, da bomo lahko spremljali, kako bodo stranke implementirale to novo tehnologijo in rešitve Iridium Certus 9704 IoT, ki jih omogoča."

Za več informacij o KYOCERA AVX LDS anteni in razvojni plošči, razvitih za satelitske IoT aplikacije Iridium, L-Band LDS anteni



in razvojni plošči za druge satelitske IoT aplikacije, LDS tehnologiji in celotni ponudbi KYOCERA AVX anten, obiščite povezave. Če želite kupiti novo KYOCERA AVX LDS anteno, razvito za Iridium, obiščite DigiKey, Mouser, Farnell in element14. Za pomoč pri prepoznavanju, testiranju in implementaciji anten KYOCERA AVX – ali razvoju pol- ali popolnoma prilagojenih modelov – se obrnite na našo ekipo za podporo strankam. Za več informacij o Iridiumu obiščite www.iridium.com.

Povzeto po:

- <https://www.kyocera-avx.com/news/kyocera-avx-launches-a-new-lds-cap-antenna-for-iridium-satellite-iot-applications/>

Viri:

- 1: <https://www.kyocera-avx.com/product/900222510/>

<https://www.kyocera-avx.com>



Panasonic
INDUSTRY

Panasonic Industry predstavlja majhno tipko s potrebno krmilno silo 3 N

Panasonic Industry

Edinstven taktilni občutek; življenjska doba 500.000 ciklov; stopnja zaščite IP67

Panasonic Industry Europe je predstavil novo majhno tipko, ki zagotavlja edinstven taktilni občutek in z delovno silo 3 N. Zaradi zelo majhne površine je tipka idealna za aplikacije, kjer je na tiskanem vezju malo prostora.



Kljub majhnosti je EVPB5AHE00 zelo zanesljiv in ima dolgo življenjsko dobo do 500.000 ciklov. Stopnja IP 67 zaščite omogoča tipki, da brez težav prenese zahtevne pogoje okolja, zaradi česar je primerna za široko paleto uporab. Nova miniaturna taktilna tipka EVPB5AHE00 je opremljena z aktuatorjem (potisno ploščico) in združuje kratko pot potiska z visoko delovno silo 3 N, kar zagotavlja edinstven, oster in jasn taktilni občutek klikanja. Zunanje dimenzije le 2,6 mm × 1,6 mm in nizek profil od 0,5 do 0,57 mm uvrščajo to tipko med najmanjša taktilne tipke, ki so trenutno na voljo, zlasti zaradi visoke delovne sile 3 N. EVPB5AHE00 je namenjena za uporabo v

medicinskih napravah, nosljivih napravah, pametnih urah, slušnih aparatih, slušalkah in pametnih telefonih. Tipke serije EVP-BB podjetja Panasonic so ene najmanjših na svetu z zaščito IP67. Z lasersko varjeno konstrukcijo je podjetje Panasonic Industry uspelo zagotoviti visoko raven zaščite pred vdorom vlage, hkrati pa ohraniti oster taktilni občutek, ki je potreben za izboljšano uporabniško izkušnjo. Lasersko varjena konstrukcija teh tipk pomaga tudi preprečiti luščenje aktuatorja v primeru stranskega obremenjevanja ali udarca.

Za več informacij o novem miniaturnem tipalnem stikalu EVPB5AHE00 podjetja Panasonic obiščite EVPB5AHE000 – Panasonic.

Vir:

- <https://industry.panasonic.com/global/en/products/control/switch/light-touch/number/evpb5ahe000>

<https://holdings.panasonic/global>



Testiranje in uporaba brezžičnih komunikacij v avtomatskih transportnih robotih za proizvodnjo in logistiko

Anritsu Corporation

Avtor: Tomohide Yamazaki, Pomočnik direktorja, Anritsu Corporation

Avtonomni transportni roboti, zlasti avtomatizirana vodena vozila (AGV) in avtonomni mobilni roboti (AMR), hitro pridobivajo na pomenu v proizvodnem in logističnem sektorju, kar je posledica potrebe po reševanju pomanjkanja delovne sile in povečanju produktivnosti z razvojem pametnih tovarn.

V proizvodnem sektorju je primer uporabe avtomatiziranih transportnih robotov za premikanje delov in končnih izdelkov med linijami v avtomobilskih tovarnah. V logističnem sektorju se AMR uporablja za pobiranje določenih artiklov s polic v distribucijskih centrih za e-trgovino in njihov prevoz do pakirnih območij, pa tudi v sistemih v skladiščih, kjer se palete in kontejnerji avtomatsko prevažajo.

AGV-ji sledijo vnaprej določeni poti z uporabo linij za vodenje, magnetnega traku, dvodimenzionalnih kod ali laserjev. Ob zaznavanju ovire se ustavijo s pomočjo senzorjev, kot so kamere in LiDAR. Tipične uporabe vključujejo prevoz delov znotraj tovarne in med proizvodnimi linijami, kot tudi avtomatiziran prevoz palet in zabojnikov v skladiščih.

AMR-ji ne potrebujejo usmerjevalne poti, saj samostojno določajo svojo pot z uporabo samodejnega določanja lokacije in generiranja zemljevida za navigacijo na podlagi podatkov, ki jih prejmejo od senzorjev. AMR-ji uporabljajo tehniko, imenovano simultana lokalizacija in kartiranje (SLAM), za zbiranje teh podatkov iz senzorjev, kot so LiDAR in kamere. AI se lahko uporabi za dinamično optimizacijo poti, odzivanje na ovire z navigacijo okoli njih in učinkovito upravljanje logistike. Poleg prevoza delov in palet AMR-ji ponujajo tudi dodatne funkcije, kot so pobiranje in sortiranje delov, kar dodatno zmanjša potrebo po človeški delovni sili in odpravlja napake operaterjev.

Brezžična komunikacija v avtomatskih transportnih robotih

AGV-ji in AMR-ji uporabljajo različne brezžične tehnologije, kot so Bluetooth®, brezžični LAN in LPWA (low power wide area)



omrežja za pridobivanje podatkov od senzorjev in nadzornih informacij. Z izkoriščanjem brezžične komunikacije je mogoče doseči zelo natančno in zanesljivo pozicioniranje, kar prispeva k preprečevanju prekinitev procesov in nesreč med prevozom. Poleg tega se zdaj za uporabo v AMR-jih uvajajo zelo zanesljive 5G in zasebne 5G tehnologije. V naslednjih poglavjih so predstavljene značilnosti posameznih tehnologij brezžične komunikacije.

Bluetooth tehnologija se uporablja za komunikacijo na kratke razdalje s senzorji, ki ustvarjajo le majhne količine podatkov. Brezžični Bluetooth moduli, ki se običajno uporabljajo za prenos kontrolnih programov in diagnostičnih podatkov, se odlikujejo po nizki porabi energije in nizki ceni. Bluetooth v5.0 in novejša različice so dodale funkcije, kot so komunikacija na dolge razdalje in natančno pozicioniranje v notranjih prostorih.

Brezžična LAN omrežja se pogosto uporabljajo v pametnih tovarnah in skladiščih. Podpora za visoke hitrosti prenosa podatkov (do 30 Gbps v primeru Wi-Fi 7) jih naredi primerne za prenos podatkov v realnem času, kot so slike in informacije o položaju, med avtomatskimi transportnimi roboti in njihovimi

krmilnimi sistemi, pa tudi za daljinsko upravljanje in posodobitve programske opreme. Vendar pa je pas 2,4 GHz, ki ga uporabljajo brezžična LAN omrežja, skupen z drugimi brezžičnimi napravami, na primer tistimi, ki delujejo v pasu ISM, zato obstaja veliko tveganje za radijske motnje med napravami. Da bi premagali to težavo, proizvajalci prehajajo na uporabo pasov 5 in 6 GHz.

Tehnologije 5G in zasebne 5G ponujajo prednosti, kot so gostota pokritje širokega območja in odlična odpornost proti motnjam. Omogočajo tudi nemoteno predajanje in upravljanje mobilnosti med več brezžičnimi dostopnimi točkami, s čimer zagotavljajo neprekinjeno komunikacijo. Poleg tega ultra zanesljiva komunikacija z nizko zakasnitvijo (URLLC) v 5G in zasebnem 5G omogoča zelo zanesljivo komunikacijo z nizko zakasnitvijo in visoko prepustnostjo s sistemi, kot so programirljivi logični krmilniki (PLC), ki nadzorujejo opremo proizvodne linije, in sistemi za upravljanje skladišč (WMS), ki upravljajo prihajajoči in odhajajoči tovor, materiale in izdelke v skladišče in iz njega, ter upravljanje zalog.

LPWA se uporablja za zbiranje majhnih količin podatkov, običajno med senzorji in merilniki, na velike razdalje več kilometrov, z nizko porabo energije in hitrostjo prenosa podatkov okoli 1 Mbps. Mobilni LPWA, kot sta LTE CAT.M1 in NB-IoT, uporablja bazne postaje mobilnih telefonov, medtem ko nemobilni LPWA, vključno z LoRaWAN in Sigfox, uporabljata predvsem namenske dostopne točke.

Besedna znamka in logotipi Bluetooth® so registrirane blagovne znamke v lasti Bluetooth SIG, Inc. Vsakršna uporaba teh znamk s strani Anritsu je pod licenco.

Izzivi, s katerimi se soočajo brezžične komunikacijske naprave

Čeprav so komercialni moduli za brezžično komunikacijo na splošno skladni z vsemi ustreznimi standardi in predpisi, se njihova praktična zmogljivost lahko znatno razlikuje, ko so vgrajeni v avtomatskega transportnega robota. Na njihovo delovanje lahko vplivajo dejavniki, kot so kovinsko okolje, dinamične spremembe v brezžičnem okolju in motnje iz opreme komponent, ki se nahajajo v okolici. Ti izzivi lahko med uporabo povzročijo nestabilno brezžično komunikacijo. Zato je ključnega pomena, da se preveri, ali brezžični modul deluje pravilno, ko je vgrajen v avtomatski transportni robotski sistem.

Elektronske komponente, kot so napajalni tokokrogi, inverterji, procesorji, zasloni in brezžični moduli, ki so del avtomatskega transportnega robota, so

lahko tudi viri šuma in tako povzročajo radijske motnje znotraj robota. Ta pojav, pri katerem šum, ki nastaja znotraj naprave, negativno vpliva na kakovost brezžične komunikacije, se imenuje „avtointoksikacija“ ali „intra-EMC“. To lahko vodi do izgube podatkov, zamud v komunikaciji in v najslabšem primeru do prekinitve komunikacije, kar lahko povzroči motnje v delovanju sistema. Zato je bistveno, da se v prototipni fazi avtomatskih transportnih robotov preveri delovanje RF oddajnika in sprejemnika ter splošna kakovost brezžične komunikacije.

Ker se standardi brezžične komunikacije razlikujejo glede na državo in regijo, morajo avtomatski transportni roboti ustrezati lokalnim standardom. Poleg tega je zaradi razlik v razpoložljivih radiofrekvenčnih pasovih za 5G in brezžična LAN-omrežja med državami/regijami potrebno certificiranje, da se dokaže skladnost z lokalnimi zakoni in predpisi. Zato je treba opraviti testiranje na podlagi parametrov za vsak komunikacijski standard in frekvenčni pas, kot so zmogljivost prenosa in občutljivost sprejema. Glede na zapletenost tega procesa obstaja potreba po načinu za samodejno in s tem učinkovitejše izvajanje testiranja.

EMC in motnje v tovarnah in skladiščih

Elektromagnetni šum, ki ga povzročajo naprave v tovarnah in skladiščih, ter odboj in zastiranje radijskih valov s kovinskimi in drugimi predmeti lahko povzročajo motnje, ki prihajajo po več poteh in slabljenje moči radijskih valov, s čimer se poslabša kakovost brezžičnih komunikacij. Poleg tega lahko radijske motnje, ki izvirajo izven tovarne ali skladišča, poslabšajo komunikacijo in potencialno povzročijo motnje v delovanju robotov.

Da bi zmanjšali izgubo kakovosti komunikacije, je potrebno popolno razumevanje radijskega okolja, tako znotraj kot zunaj, kar zahteva preverjanje prisotnosti motenj. Če se zaznavajo neželeni radijski signali, je treba identificirati njihove vire in



jih odpraviti. Poleg tega je treba upoštevati tudi zamude v komunikaciji, ki jih povzročajo drugi dejavniki, ki niso radijski signali. Ti vključujejo nepravilnosti v komunikacijskih usmerjevalnikih, stikalih in avtomatskih transportnih robotih, nameščenih v tovarnah in skladiščih.

Testiranje med razvojem in proizvodnjo

Anritsu ponuja testno opremo za oceno RF zmogljivosti vseh vrst brezžičnih komunikacij, vključno z brezžičnim LAN, Bluetooth, 4G/LTE in 5G. Spektralni analizatorji so idealni za preiskovanje šuma in radijskih motenj v napravah, medtem ko se vektorski omrežni analizatorji uporabljajo za oceno komponent, kot so antene in kabli. Anritsu-jev Bluetooth Test Set MT8852B je posebej zasnovan za preverjanje RF TRx značilnosti in povezljivosti Bluetooth naprav.

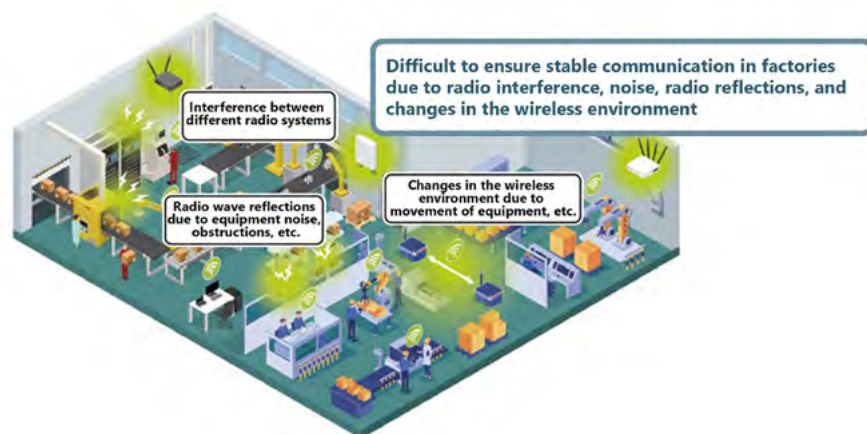
Poleg tega za testiranje brezžičnih komunikacijskih naprav na proizvodnih linijah Anritsu-jev univerzalni brezžični testni komplet MT8870A podpira različne standarde, vključno z 5G NR sub-6 GHz, NB-IoT in Wi-Fi. Za 5G njihova radijska komunikacijska testna postaja MT8000A ponuja funkcijo emulacije bazne postaje za RF-meritve, testiranje protokolov in testiranje aplikacij. Podpira tudi milimetrsko valovna pasova FR1 in FR2. Poleg tega njihov radijski komunikacijski analizator MT8821C olajšuje RF TRx-testiranje za razvoj modulov LTE, CAT.M1 in NB-IoT.

Spremljanje in iskanje motilnih signalov

Motnje in interferenca radijskih signalov niso nujno stalno prisotne. Zato je treba zajeti prehodne in trenutne spremembe v radijskih valovih. Anritsu ponuja Field Master Pro MS2090A spektralni analizator v realnem času za zaznavanje prisotnosti motenj. Brezhibno pokriva frekvenčni pas 9 kHz – 54 GHz in lahko zajame prehodne in trenutne spremembe v RF okolju, da identificira nepravilnosti.

Za zaznavanje motenj in interferenčnih signalov so potrebni trije koraki. Prvi je ugotoviti prisotnost motenj ali interferenc. Pri tem se v realnem času izmerijo frekvenca, moč in pogostost pojavljanja teh neželenih signalov, vključno s trenutnimi in občasnimi signali. Drugi korak vključuje oceno območja, na katerega vplivajo neželeni radijski signali, z merjenjem okolice in kartiranjem moči teh neželenih signalov. Zadnji korak je ugotovitev vira in lokacije teh neželenih radijskih signalov s pomočjo spektralnega analizatorja, polarimetra in prenosne usmerjene antene.

Drugi ključni test vključuje preverjanje zakasnitve komunikacije in prepustnosti podatkov. Network Master Pro MT1000A je



Ethernet tester, ki podpira 10/100/1000M do 100G Ethernet. Z uporabo strojne obdelave brez zanašanja na moč CPU je mogoče natančno oceniti kazalnike komunikacijske zmogljivosti, vključno s prepustnostjo, izgubo paketov, zakasnitvijo (latency) in nihanjem paketov, na vseh brezžičnih LAN napravah.

Trendi v prihodnosti

Avtonomni transportni roboti se hitro razvijajo zahvaljujoč napredku v 5G tehnologiji, umetni inteligenci in močnejši integraciji z IoT napravami, kot so senzorji v tovarnah in skladiščih. Z nizko zakasnitvijo in stabilno komunikacijo bo 5G izboljšal koordinacijo med več roboti in natančnost daljinskega upravljanja robotov. Napredek na področju umetne inteligence, interneta stvari, tehnologije senzorjev in izogibanja oviram prav tako izboljšuje varnost sobivanja ljudi in robotov. V prihodnosti se pričakuje, da bodo roboti uporabljeni v cestnem in celo zračnem prometu. Trenutno razvijalci po vsem svetu izvajajo demonstracijske teste, da bi ocenili njihovo učinkovitost in rešili praktične izzive.

Obseg industrijskih aplikacij se širi in vključuje ne le logistiko in proizvodnjo, temveč tudi na kmetijstvo in medicino. Kmetijski sektor na primer uporablja transportne robote za spremljanje, žetev in setev pridelkov. V prihodnosti bodo transportni roboti povezani z IoT napravami, kot so senzorji temperature, vlažnosti in vode, ter bodo delovali avtonomno, da bi prihranili delovno silo in izboljšali učinkovitost.

Zaključek

Ker se avtomatizacija vse bolj uporablja v tovarnah in dobavnih verigah za zmanjšanje stroškov dela in izboljšanje učinkovitosti, je nastala potreba po zelo zanesljivih komunikacijskih tehnologijah z nizko zakasnitvijo. Anritsu se odziva na te potrebe z zagotavljanjem najsodobnejših testnih rešitev, s čimer pomembno prispeva k rasti trga in tehnološkim inovacijam. V prihodnosti bo Anritsu še naprej reševal izzive na terenu kot partner, ki podpira industrijsko avtomatizacijo in vedno večjo učinkovitost.

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



Simulacija verige signalov za pridobivanje podatkov poenostavlja izbiro komponent in testiranje

DigiKey
Avtor: Rolf Horn

Načrtovanje sistema za zajemanje podatkov je nekoč pomenilo iskanje prave kombinacije komponent iz množice podatkovnih listov in odpravljanje napak na sestavljenih prototipih.

Danes si lahko razvijalci prihranijo frustracije in čas s pomočjo digitalnih orodij za načrtovanje, ki jim omogočajo, da modele komponent, kot so senzorji, analogni bloki za obdelavo signalov, analogno-digitalni pretvorniki (ADC) in digitalni filtri, preprosto povlečejo in spustijo v virtualno signalno verigo. Programska oprema simulira izhod virtualne verige, kar razvijalcu omogoča, da vidi, kako izbrane komponente vplivajo na rezultate, kot so razmerje med signalom in šumom (SNR), kakšna je napaka ojačenja in ofseta ter moč.

Digitalni paket za načrtovanje Precision Studio podjetja Analog Devices, Inc. (ADI) vključuje modul Signal Chain Designer, ki razvijalcem pomaga simulirati sisteme za zajemanje podatkov, preden jih izdelajo. V modulu Signal Chain Designer uporabnik izbere senzor, nastavi parametre za model in ga nato vstavi vezje, ki predstavlja komponente v signalni verigi (slika 1).

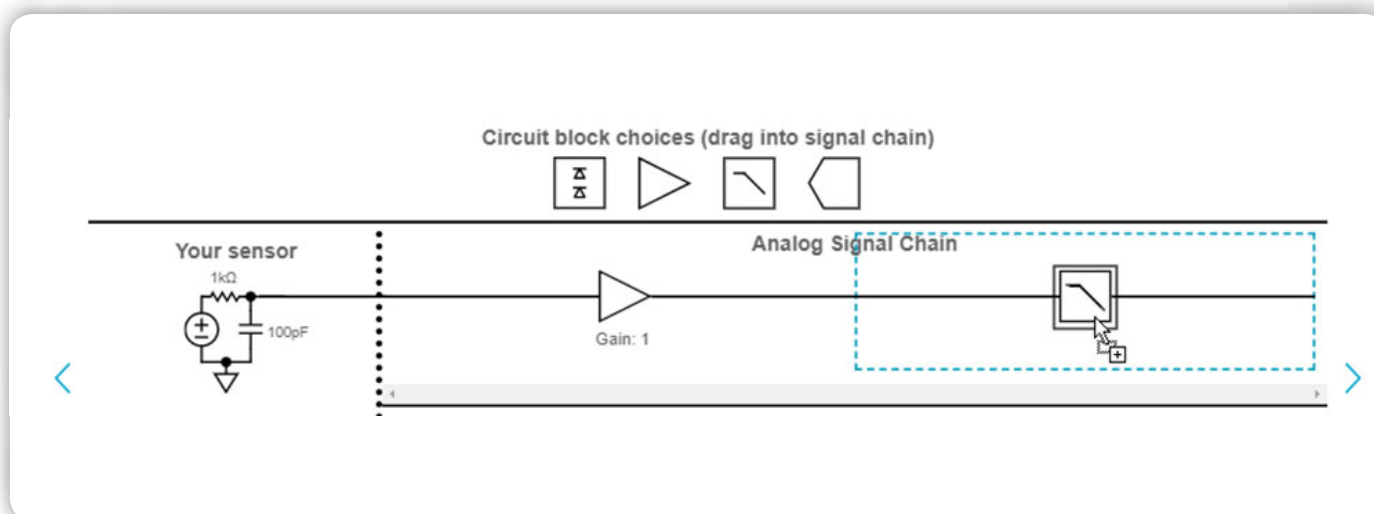
Signal senzorja mora na poti do zanesljivih podatkov preiti več stopenj, vsaka stopnja pa je sestavljena iz enega ali več vezij in integriranih vezij (IC), ki signal pripravijo za naslednjo stopnjo. Najpogostejše stopnje so ojačenje ana-

lognega signala, filtriranje analognega signala, pretvorba analognega signala v digitalnega in filtriranje digitalnega signala.

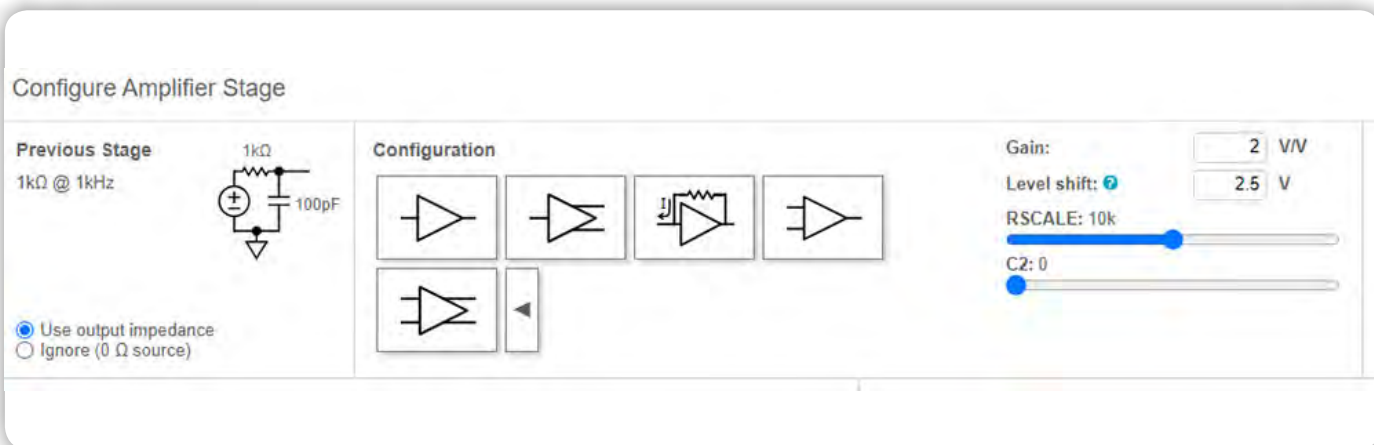
Ojačevalna stopnja analognega signala

Analogni signali, ki jih generirajo senzorji, pogosto ne ustrezajo optimalnim vodom sistema za zajemanje podatkov. Ojačevalna stopnja analognega signala uporablja operacijske ojačevalnike (op amps), popolnoma diferencialne ojačevalnike in napetostne reference, pa tudi pasivne komponente, kot so upori, kondenzatorji in tuljave, da pretvori signal senzorja v učinkovito obliko, ki je prilagojena sistemu za zajemanje podatkov.

V programu Signal Chain Designer uporabnik določi vrsto vhoda in izhoda analogne ojačevalne stopnje, potrebno ojačenje in ofset napetost, kar je potrebno za doseganje pravilne vhodne napetosti. Program nato ustvari vezje, ki ustreza določenim parametrom, z uporabo izdelkov ADI in izriše shemo.



Slika 1: Signal Chain Designer v programu Precision Studio podjetja ADI razvijalcem omogoča, da izberejo senzor, nato pa z vlečenjem in spuščanjem v verigo dodajo v vezja za simulacijo komponent za zajemanje podatkov. (Vir slike: Analog Devices, Inc.)



Slika 2: Uporabniki programa *Signal Chain Designer* določijo konfiguracijo, ojačenje, ofset napetost in druge parametre ojačevalne stopnje analognega signala. (Vir slike: Analog Devices, Inc.)

Na primer, za senzor, uporabljen na sliki 1 z impedanco 1 k Ω pri 1 kHz in kapacitivnostjo 100 pF, lahko uporabnik določi ojačenje 2 V/V in ofset napetost 2,5 V (slika 2).

Na podlagi teh parametrov programska oprema sestavi shemo vezja za ojačevalno stopnjo analognega signala (slika 3, zgoraj), ki vsebuje operacijski ojačevalnik ADA4097-2 [1]. Operacijski ojačevalniki iz družine ADA4097-2 potrošijo le 32,5 μ A na kanal, da dosežejo produkt ojačenja in pasovne širine (GBP) 130 kHz za veliko ojačenje napetosti signala, s šumom 1000 nV od vrha do vrha (p-p) med 0,1 Hz in 10 Hz ter tipičnim prelomom šuma 1/f pri 6 Hz.

Programska oprema razvija tudi referenčno vezje za ojačevalno

stopnjo z natančno referenčno napetostjo LTC6655B-2.5 [2] in operacijskim ojačevalnikom AD8510 [3] (slika 3, spodaj), oba proizvaja ADI.

LTC6655B-2.5 ima šum 625 nV-P za 0,25 ppm-P med 0,1 Hz in 10 Hz, največjo natančnost $\pm 0,025$ % in nizko napetostno odstopanje največ 2 ppm/ $^{\circ}$ C, kar zagotavlja stabilno izhodno napetost signala ne glede na spremembe vhodne napetosti in obremenitve. Operacijski ojačevalnik AD8510 z spojnim tranzistorjem (JFET) ima običajno 8 nV spektralnega šuma pri 1 kHz, zahteva le 25 pA vhodnega toka in se ustalijo na 0,1 % napake v 500 ns.

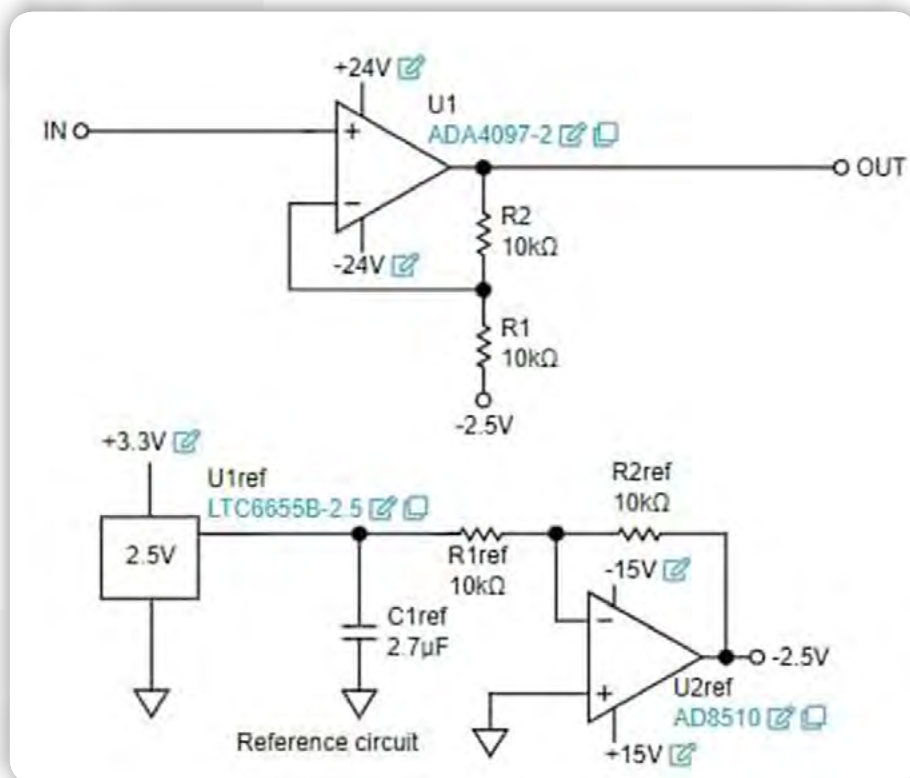
Signal Chain Designer uporabniku omogoča tudi to, da določi,

kako se signali v tej fazi obdelujejo. Uporabniki lahko konfigurirajo popolnoma diferencialne ojačevalnike, instrumentacijske ojačevalnike ali ojačevalnike za merjenje toka.

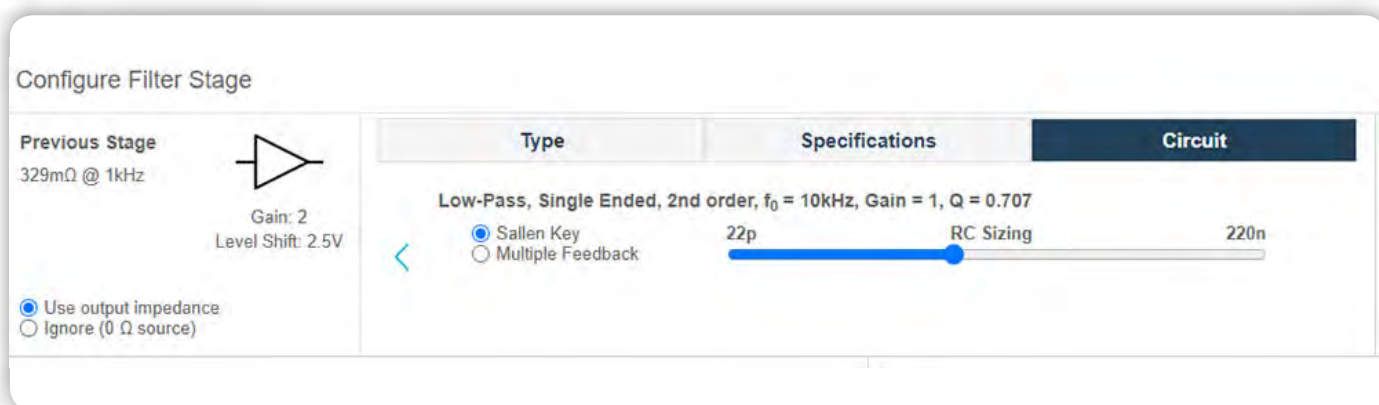
Stopnja za filtriranje analognega signala

Ojačeni analogni signal je treba nato filtrirati, da se odstraniti šum in popačenje, ki nastane pri postopku ojačenja signala. Filtri lahko uporabljajo pasivne komponente, kot so upori in kondenzatorji. Za ustvarjanje filtrov prvega reda, ki imajo po mejni frekvenci blag padec -20 dB/dekado. Filtri drugega in višjega reda so običajno aktivni filtri, ki uporabljajo enega ali več operacijskih ojačevalnikov za doseganje ostrejših padcev.

Konfiguracija filtra določa, ali bo filter slabil frekvence nad srednjo frekvenco f_0 (nizkoprepustni filter), pod f_0 (visokoprepustni filter), zunaj dveh mejnih



Slika 3: Shema vezja ojačevalne stopnje analognega signala *Signal Chain Designer*, ki temelji na specifikacijah uporabnika in vključuje ustrezne elektronske komponente proizvajalca ADI. (Vir slike: Analog Devices, Inc.)

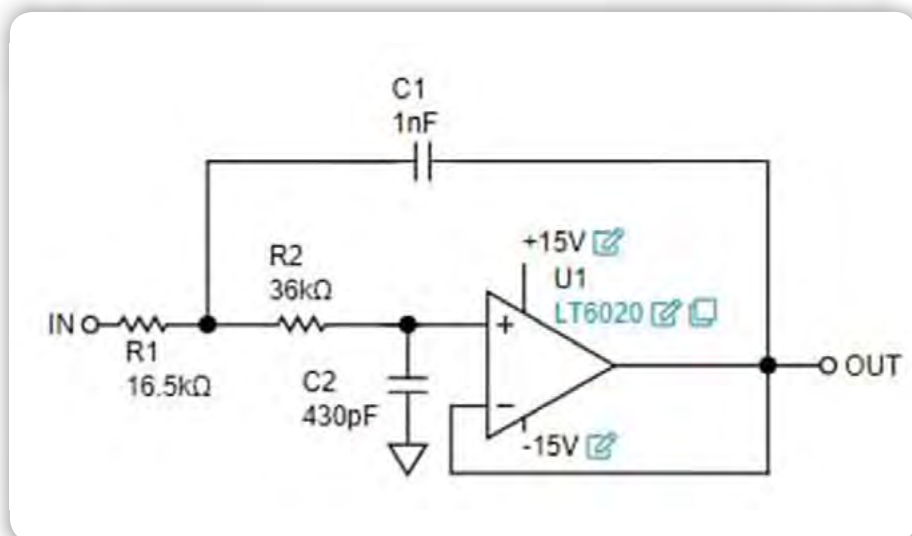


Slika 4: Uporabniki v Signal Chain Designerju določijo parametre analogne filtrirne stopnje, vključno z vrsto filtra, f_0 , Q faktorjem in ojačenjem. (Vir slike: Analog Devices, Inc.)

frekvenc (pasovni filter) ali zunaj določenega frekvenčnega pasu (notch filter). Drugi parametri filtra, kot je Q faktor, dodatno izboljšujejo odziv filtra in določajo strmino dušenja, prehodno delovanje in obliko prepustnega pasu.

V Signal Chain Designerju lahko uporabniki konfigurirajo parametre za preproste filtre tako, da izberejo tip filtra in določijo ključne parametre. Filter Wizard v Signal Chain Designerju lahko oblikuje tudi preproste filtre tretjega reda in višje ter filter ponovno uvozi v oblikovanje digitalne signalne verige. V primeru (slika 4) se uporabnik odloči za nizkoprepustni filter z $f_0 = 10$ kHz in Q faktorjem 0,707. Izbrani filter tipa Sallen-Key uporablja en sam operacijski ojačevalnik, da je prilagojen na visoko vhodno impedanco in izhodni signal z nizko impedanco z dobro stabilnostjo.

S temi parametri Signal Chain Designer načrtuje vezje, ki vključuje ADI-jev operacijski ojačevalnik LT6020 [4] rail-to-rail (slika 5). LT6020 porabi manj kot 100 μ A, vendar se lahko še vedno hitro odzove na spremembe vhodnega signala s hitrostjo spremembe 5 V/ μ s. Ima GBP 400 kHz v temperaturnem območju od -40 $^{\circ}$ C do +125 $^{\circ}$ C.



Slika 5: Shema vezja analognega signala, ki jo je načrtoval Signal Chain Designer, določa operacijski ojačevalnik LT6020 z visoko hitrostjo odziva in nizko porabo energije kot nizkoprepustni Sallen-Key filter drugega reda. (Vir slike: Analog Devices, Inc.)

Stopnja analogno digitalne pretvorbe

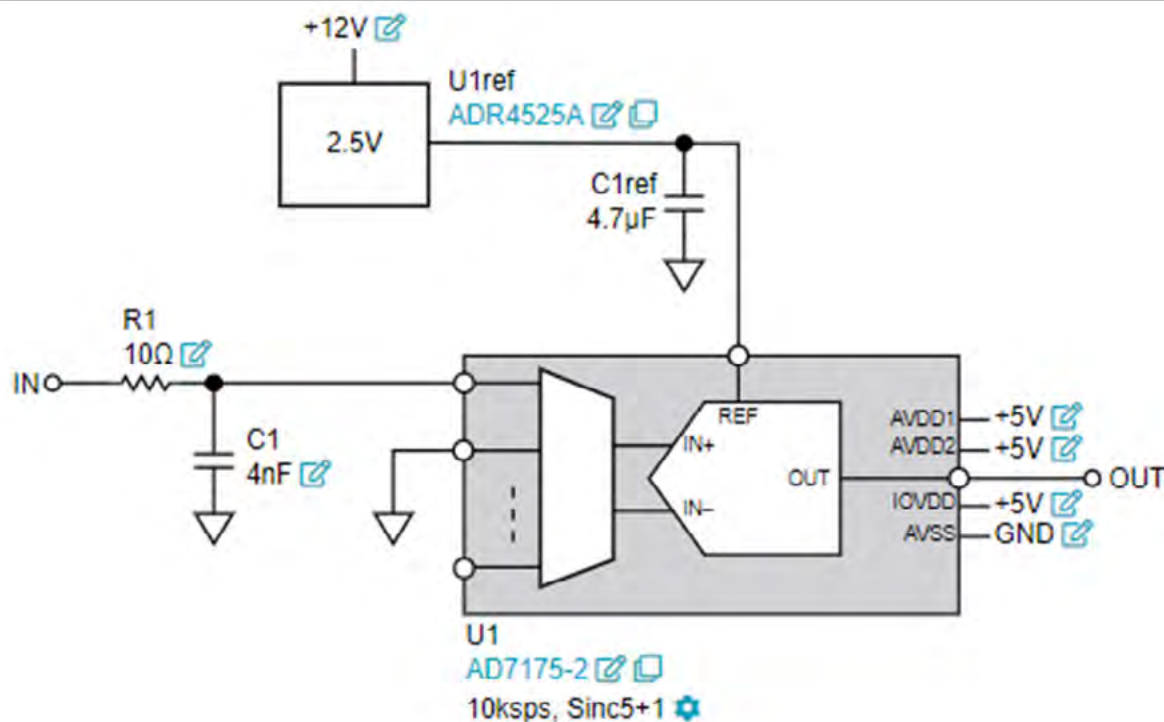
Sklepni korak v poti signala, od odziva senzorja do podatkov, je pretvorba analognega signala v digitalno obliko. Običajne arhitekture ADC vključujejo register zaporednih približkov (SAR) za dobro ločljivost pri zmerni hitrosti vzorčenja in Delta-Sigma ($\Delta\Sigma$) za visoko ločljivost pri nižjih hitrostih vzorčenja. Da bi dosegli želeni digitalni izhod, morajo razvijalci poznati vrsto vhoda, ločljivost sistema in hitrost izhodnih podatkov.

Uporabniki te parametre določijo v programu Signal Chain Designer, program pa izdela ADC vezje, vključno z referenčno napetostjo in pasivnim uporovno/kapacitivnim (RC) filtrom na vhodu. Nekateri ADC-ji uporabnikom omogočajo tudi integracijo digitalnega filtriranja ali nastavitvev ADC-jev v načinu visoke impedance (Hi-Z) za enostavnejše zasnove z manjšo porabo energije.

V primeru na sliki 6 je izhod Signal Chain Designerja določil referenčno napetost ADI ADR4525 [5] in AD7175-2 $\Delta\Sigma$ ADC [6]. ADR4525 ima dobro temperaturno stabilnost s temperaturnimi koeficienti med 0,8 ppm/ $^{\circ}$ C in 4,0 ppm/ $^{\circ}$ C ter izhodnim šumom 1 μ V p-p pri 2,048 VOUT in 0,1 Hz do 10 Hz. AD7175-2 je 24-bitni ADC s pretokom 250.000 vzorcev na sekundo (250 kSPS) in časom umirjanja 20 μ s.

Po analogno-digitalni pretvorbi lahko razvijalci optimizirajo izhod tako, da v Signal Chain Designer vstavijo digitalne filtrirne bloke v ADC. Možnosti v teh digitalnih filtrirnih blokih vključujejo povprečja, filtre prvega in drugega reda ter preproste CIC-filte s premikajočim se povprečjem.

Po izdelavi virtualnega sistema za pridobivanje podatkov s pomočjo Signal Chain Designerja lahko uporabniki v okviru programske opreme simulirajo



Slika 6: V fazi pretvorbe iz analogne v digitalno obliko vključuje shema vezja *Signal Chain Designer* pasivni RC vhodni filter, referenčno napetost in ADC modul. (Vir slike: Analog Devices, Inc.)

frekvenčni odziv, šum, DC napako, moč in vhodne razpone. Za bolj prilagojene simulacije lahko *Signal Chain Designer* ustvari virtualne testne naprave, ki jih je mogoče urejati in izvajati v LTspice.

Zaključek

Digitalna orodja, kot je *Signal Chain Designer* podjetja ADI,

lahko zmanjšajo uganjanje in frustracijo pri gradnji natančnega sistema za zajemanje podatkov. Z modeli široke palete takoj dostopnih operacijskih ojačevalnikov, napetostnih referenc, ADC-jev in drugih komponent v programski opremi *Signal Chain Designer* omogoča uporabnikom virtualno natančno nastavitve njihovih sistemov za zajemanje podatkov, kar zagotavlja nemoten prehod na pridobivanje in uporabo strojne opreme.

Viri:

- 1: <https://www.digikey.com/en/products/filter/instrumentation-op-amps-buffer-amps/687?s=N4IgTCBcDaIIYBM4BYAMBOA7AWggXQF8g>
- 2: <https://www.digikey.com/en/products/filter/voltage-reference/693?s=N4IgCBcpg7LBOKoDGUBmBDANgZwKYA0IA9IANrgDMATAAx2wgC6xADgC5QgDK-HATgEsAdgHMQAX2JgEADiTQqASfjxFSFEHRYSpIGpuwcUANhMBWczqA>
- 3: <https://www.digikey.com/en/products/base-product/analog-devices-inc/505/AD8510/24215>
- 4: <https://www.digikey.com/en/products/base-product/analog-devices-inc/505/LT6020/112344>
- 5: <https://www.digikey.com/en/products/base-product/analog-devices-inc/505/ADR4525/92011>
- 6: <https://www.digikey.com/en/products/filter/analog-to-digital-converters-adc/700?s=N4IgTCBcDaIIYBMdsBGJBWAtBAugXyA>
- 7: <https://www.digikey.com/en/products/base-product/analog-devices-inc/505/AD4008/116016>

<https://www.digikey.com>



Raziskovanje napredne konfiguracijske logike za merjenje toka, napetosti in moči

Renesas Electronics Corporation

Avtor: Ruslan Tykhovetskyi, aplikacijski inženir, Renesas Electronics, Lviv, Ukraina

Vedno večja kompleksnost elektronskih naprav zahteva natančno in zanesljivo spremljanje toka, napetosti in moči. Poleg zajemanja trenutnih podatkov je za optimizacijo delovanja in učinkovitosti ključnega pomena tudi analiza spreminjanja teh parametrov skozi čas.



odštevanja in deljenja, kar omogoča učinkovito obdelavo podatkov brez potrebe po uporabi zunanjih procesorjev.

- Vgrajen dinamični pomnilnik za 4096 besed.

SLG47011V s temi integriranimi bloki ponuja vsestranski pristop za spremljanje toka, napetosti, moči in temperature. Uporaba teh notranjih blokov zmanjšuje število potrebnih zunanjih komponent. Vgrajeni PGA blok na primer odpravlja potrebo po zunanjem diferencialnem ojačevalniku za meritve toka. Poleg tega zagotavlja dodatne prednosti, saj ta nastavljeni blok omogoča prilagodljivo prilagajanje svojih nastavitev med postopkom merjenja, vključno s prilagajanjem ojačenja, kar posledično poveča merilno območje.

Zelo učinkovit pristop k temu izzivu je uporaba nastavljlive logike, ki omogoča izdelavo prilagodljivih merilnih sistemov, ki so prilagojeni specifičnim aplikacijam. Programabilni logični čip SLG47011V je idealna rešitev, saj združuje zelo hitro obdelavo podatkov in funkcionalno prilagodljivost, zaradi česar je zmogljivo orodje za sodobne inženirske aplikacije.

V tem članku bomo raziskali napredne zmogljivosti SLG47011V za merjenje toka, napetosti in moči ter poudarili pomen uporabe njegove nastavljlive logike in specializiranih funkcij za izpolnjevanje posebnih zahtev sodobnih aplikacij za spremljanje.

Spremljanje toka, napetosti in moči

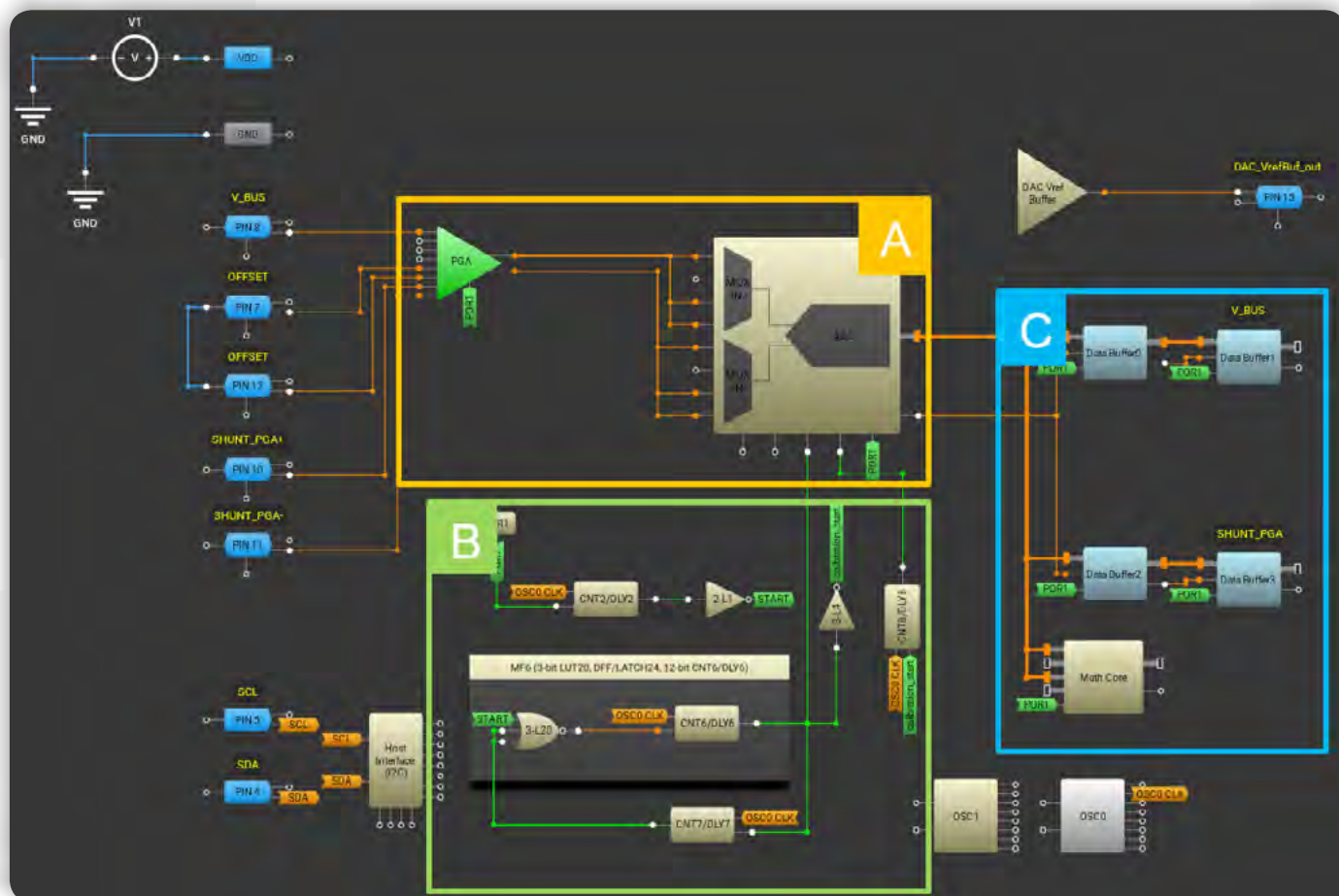
- SLG47011 [1] je eden od najnovejših članov družine GreenPAK, ki ga odlikuje integracija večjega števila ključnih funkcionalnih blokov:
- 14-bitni SAR ADC, ki lahko v 8-bitnem načinu doseže hitrosti do 2,35 Msps.
- programabilni ojačevalnik (PGA), ki podpira šest konfiguracij ojačevalnika z nastavitvami ojačenja od 1x do 64x, kar zagotavlja prilagodljivost pri obdelavi analognih signalov.
- Vgrajen 12-bitni DAC, ki deluje s hitrostjo vzorčenja do 333 kps in omogoča natančno generiranje analognih izhodnih signalov.
- Druga pomembna lastnost je strojna matematična enota (MathCore), ki podpira operacije množenja, seštevanja,

Ta kombinacija visoko integriranih analognih in digitalnih blokov v modelu SLG47011V bistveno poenostavlja zasnovo sistema in hkrati izboljšuje funkcionalnost. Zmožnost izvajanja meritev in obdelave podatkov znotraj enega samega čipa ne le zmanjšuje celotno kompleksnost sistema, temveč tudi izboljšuje zanesljivost, saj zmanjšuje potencialne točke odpovedi, povezane z uporabo drugih zunanjih komponent. Ta stopnja integracije je skupaj s prilagodljivostjo programirljivih funkcij še posebej primerna za ustvarjanje kompaktnih in učinkovitih nadzornih rešitev.

Konfigurabilnost te naprave omogoča dinamično prilagajanje spreminjajočim se merskim zahtevam brez kakršnih koli sprememb strojne opreme. Ta prilagodljivost je še posebej dragocena pri aplikacijah, kjer se lahko merilni pogoji znatno spreminjajo, saj omogoča, da sistem ohrani optimalno delovanje v različnih scenarijih delovanja.

Ta zasnova, prikazana na sliki 1, je namenjena vmesniku z MCU prek I2C in jo je mogoče konceptualno razdeliti na naslednje bloke:

- Blok A: odgovoren za digitalizacijo vhodnih analognih signalov. Predvsem ojačevalnik s programirljivim ojačenjem (PGA) je mogoče rekonfigurirati prek I2C, kar omogoča individualno prilagoditev ojačenja za vsak merilni kanal glede na posebne značilnosti merjenih signalov.
- Blok B: Upravlja logiko krmiljenja ADC in skrbi za pravilen zagon ADC. SLG47011V ponuja tudi možnost kompenzacije odmika (offset) za diferencialne meritve. Ta blok skrbi za časovno usklajenost in pravilno delovanje kompenzacije odmika med merjenjem toka.



V in tokov do 4 A, če se ojačenje PGA nastavlja prek I2C glede na tok, in sicer: x32 za tokove do 1 A, x8 za tokove od 1 A do 3 A in x4 za 4 A tokove. Sicer lahko to vezje meri tokove do 1 A z ojačenjem x32. Ojačenje je mogoče zmanjšati na x16, s čimer se največji izmerjeni tok poveča na 2 A. Ker pa začetna zasnova temelji na prepisovanju ojačenja prek I2C, je pomembno, da je treba ojačenje prepisati tako za kanal 3 (ki je odgovoren za merjenje toka) kot za kanal 2, saj je odgovoren za umerjanje odmika za kanal 3. Vhodna napetost se priključi na pin +V_{BUS} in je zasnovana za napetostno območje od 4 V do 20 V. Pina 7 in 8 morata biti povezana skupaj, saj sta odgovorna za kalibracijo odmika.

Pin 16 (Sync) služi kot signalni pin, ki nadzoruje, kdaj lahko MCU dostopa do SLG47011. Komunikacija s čipom prek I2C je mogoča le, če je pin 16 na nizkem logičnem nivoju. R3 je šent upor, na katerem se meri tok.

Prebrani podatki MathCore se pretvorijo z naslednjo formulo 1:

$$P = \frac{(2298537 \cdot M \cdot 2048)}{285212672000 \cdot G_e}$$

kjer je:

- M – prebrani podatki iz MathCore
- G_e – ojačenje kanala 3

Vrednosti napetosti in toka je mogoče prebrati tudi iz bufferjev 0 in 3, pri čemer se bodo te vrednosti povprečile na enak način kot v bufferju, ki sledi MathCore. Ker pa sta za tok zaporedno povezana dva bufferja, se 16 bajtov povpreči na 14 bitov. Odčitana napetost se pretvori z naslednjo formulo 2:

$$V_{bus} = \frac{(ADC_{Vbus} / 2^N \cdot V_{ref})}{(R_5 / (R_4 + R_5))}$$

akjer:

- ADC_{Vbus} – podatki prebrani iz bufferja 1
- N – ADC resolucija

Prebran tok je pretvorjen s pomočjo sledeče formule 3:

$$I = \frac{(ADC_{SHUNT} / 2^N) \cdot V_{ref} / 2}{(R_3 / G_e)}$$

kjer:

- ADC_{SHUNT} – podatki prebrani iz bufferja 3

Funkcijski opis razvojne plošče

Praktični prikaz zmožnosti merjenja napetosti, toka in moči SLG47011V je prikazan na razvojni plošči SLG47011V Demo Board #1 [2], ki vsebuje MCU za branje in prikaz podatkov iz čipa ter potrebne komponente za natančne meritve. Tri plošče so bile testirane za natančnost merjenja napetosti in toka, rezultati pa so opisani v razdelku 3.1.

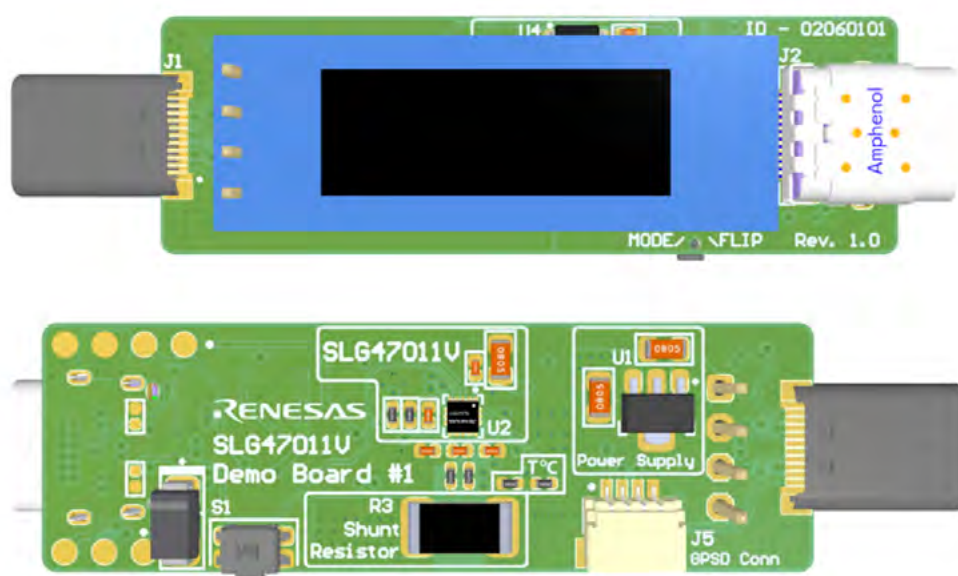
Ključne lastnosti:

- Napajanje (do 28 V, 5 A)
- Napetost, tok, moč in merjenje temperature
- Meritve v obeh smereh (vsebuje, vtičnice in vtičnice)
- 128 x 32 OLED monokromatski displej
- Poenostavljen funkcijski diagram je prikazan na Sliki 4.

Merilna točnost

Meritve toka in napetosti so opravljene na treh različnih ploščah da bi dobili statistične podatke o točnosti.

Glej tabelo 1 za podatke o meritvah napetosti in tabela 2 za podatke o meritvah toka.



Slika 3: SLG47011V demonstracijska plošča #1

Demo plošča #1	Demo plošča #2	Demo plošča #3			
Dovedena napetost [V]	Izmerjena napetost [V]	Dovedena napetost [V]	Izmerjena napetost [V]	Dovedena napetost [V]	Izmerjena napetost [V]
4.989	4.99	4.985	4.99	4.988	4.98
8.986	9.00	8.985	9.00	8.987	8.99
11.987	12.02	11.986	12.01	11.987	12.00
19.990	20.06	19.987	20.05	19.990	20.03

Tabela 1: Podatki o meritvah napetosti

Demo plošča #1	Demo plošča #2	Demo plošča #3			
Doveden tok [A]	Izmerjen tok [A]	Doveden tok [A]	Izmerjen tok [A]	Doveden tok [A]	Izmerjen tok [A]
0.1	0.098	0.100	0.098	0.100	0.099
0.3	0.302	0.300	0.302	0.300	0.302
0.5	0.503	0.500	0.504	0.500	0.499
1	1.010	1.000	1.002	1.000	1.006
3	3.039	3.000	3.018	3.000	3.030

Tabela 2: Podatki o meritvah toka

Lastnosti prilagoditev

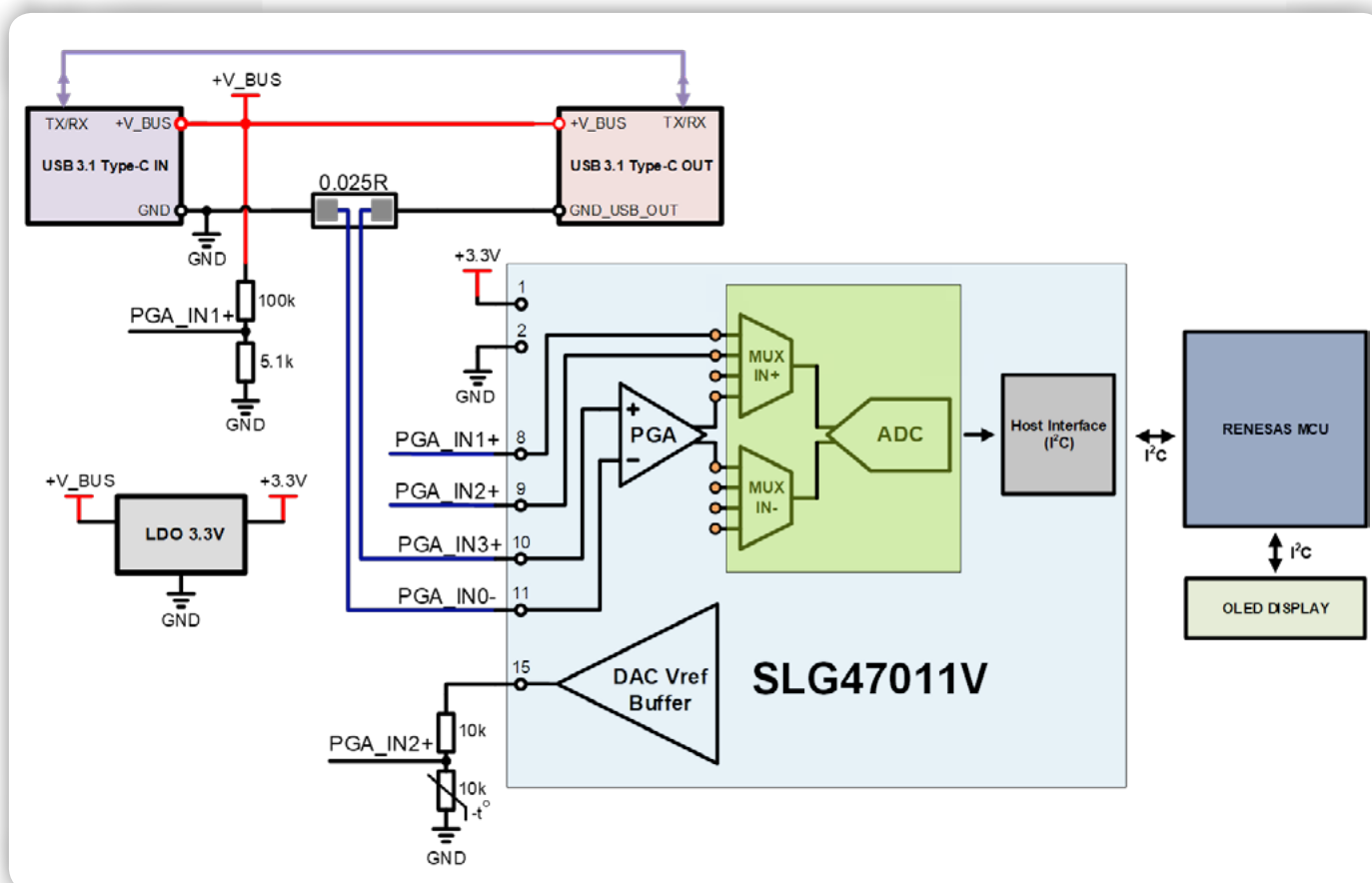
Kot smo že omenili, je SLG47011V konfiguracijski logični integrirani čip, ki za razliko od drugih čipov, ki se običajno uporabljajo v sistemih za spremljanje električnih parametrov, omogoča implementacijo naprednih funkcij, kot so med drugim nadzorna funkcija, prenapetostna zaščita in zaščita pred previsoko temperaturo. Ta izboljšana zasnova je uporabljena v aplikacijskem priročniku (AN-CM-375 Monitor napetosti, toka, moči in temperature [3]).

Ta konfiguracija ne omogoča le preprostih meritev, temveč vključuje tudi zaznavanje napak za izmerjene signale in po potrebi oddaja signal o napaki drugim napravam. Druga funkcija je možnost merjenja toka na bakrenem priključ-

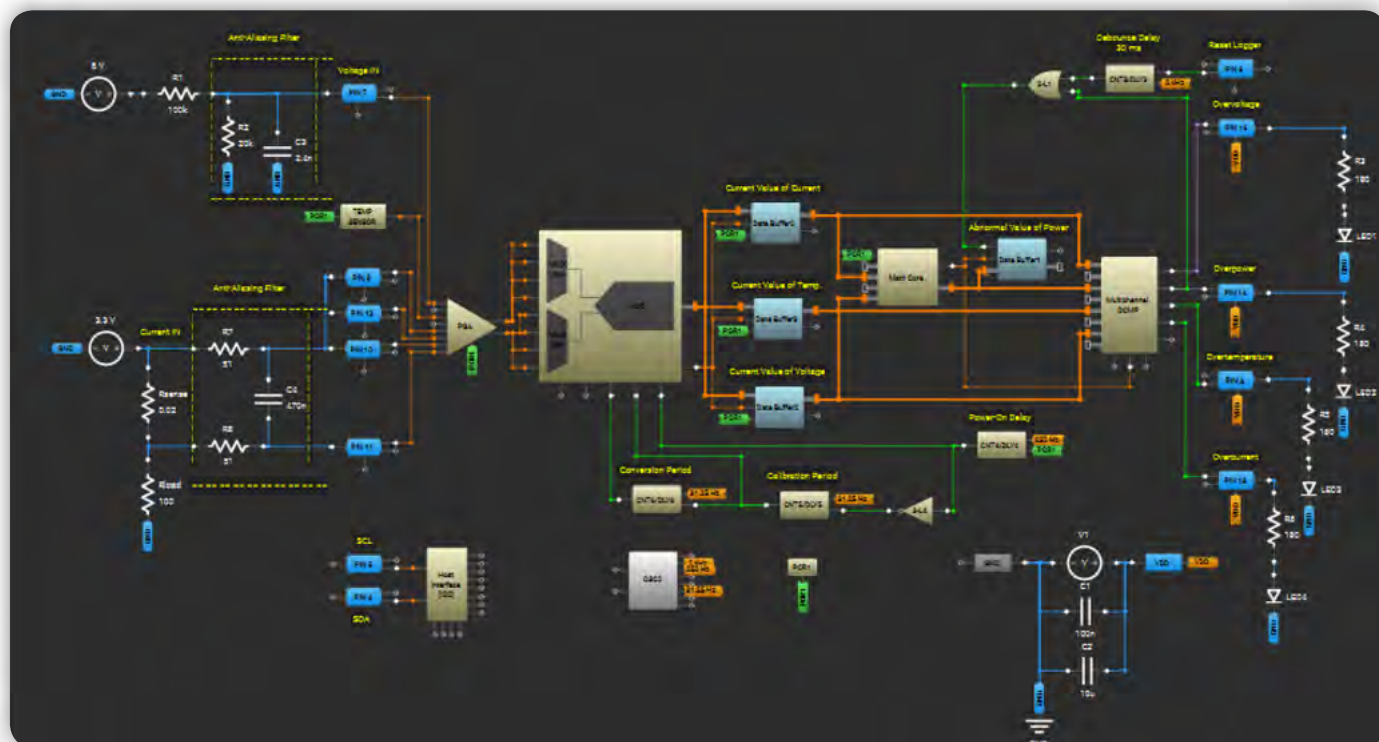
ku (glej AN-CM-394 Current Sensing with Cu Trace [4]). Poleg standardne kompenzacije odmika, ki je na voljo prek pomnilniške tabele in jedra MathCore, je mogoče izmeriti tudi tok z možnostjo kompenzacije temperaturnega drsenja.

Zaključek

SLG47011V je prilagodljiva in učinkovita rešitev za merjenje toka, napetosti in moči. Zaradi svoje nastavljive logike in funkcij, kot so kompenzacija odmika, korekcija temperaturnega drsenja in zaznavanje napak, je zanesljiva izbira za nadzorne sisteme. Možnost vgradnje dodatnih funkcij, kot so časovni števec in zaščita pred prenapetostjo in previsoko temperaturo,



Slika 4: Funkcijski blok diagram SLG47011V razvojne plošče #1 R1.0



Slika 5: Načrtovanje z OVP, OCP, in OTP lastnostmi

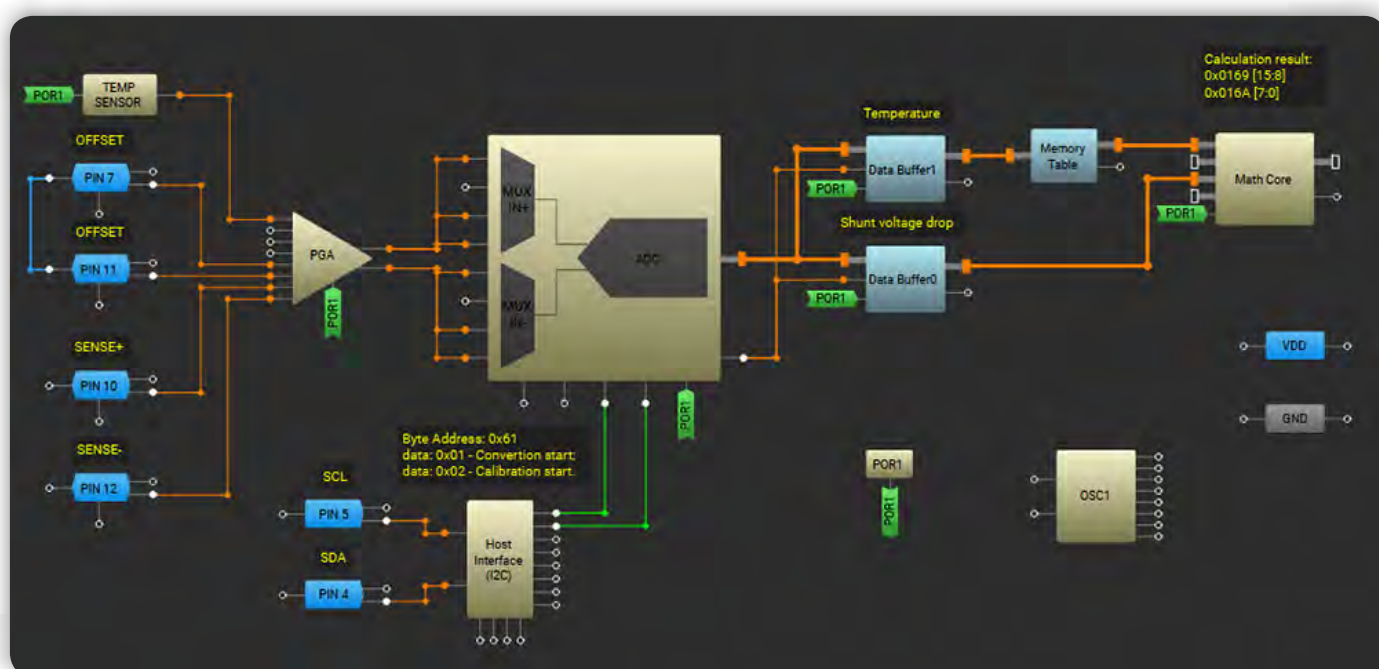
povečuje njegovo prilagodljivost. SLG47011V s svojo programirljivostjo in visoko stopnjo integracije zagotavlja praktično platformo za ustvarjanje natančnih rešitev za spremljanje v realnem času v različnih aplikacijah.

Viri:

- 1: <https://www.renesas.com/en/products/programmable-mixed-signal-asic-ip-products/greenpak-programmable-mixed-signal-products/analogpak/slg47011-greenpak-pro>

- 2: <https://www.renesas.com/en/video/slg47011-analogpak-power-meter-demo-board-lab-demonstration>
- 3: <https://www.renesas.com/en/document/apn/cm-375-voltage-current-power-and-temperature-monitor>
- 4: <https://www.renesas.com/en/document/apn/cm-394-current-sensing-cu-trace>

<https://www.renesas.com>



Slika 6: Načrtovanje s kompenzacijo za temperaturno drsenje

64-bitni mikroprocesor za množični IoT trg

Microchip Technology Inc.

Avtor: Venki Narayanan, direktor marketinga za poslovno enoto FPGA v podjetju Microchip Technology

Sodobni sistemi postajajo vse bolj kompleksni in za obdelavo delovne obremenitve potrebujejo raznolike arhitekture obdelave. Dodajanje strojnega učenja (ML) in umetne inteligence (AI) na robu, pogosto na operacijskem sistemu Linux®, povečuje kompleksnost končnega dizajna.

Aplikacije, ki so ključne za varnost, nadzor sistema in varnost, potrebujejo prožnost sistema Linux in determinizem sistemov v realnem času za nadzor strojne opreme, kar povečuje povpraševanje po večprocesnih sistemih, kjer večnitna strojna oprema (harts) omogoča sočasno izvajanje različnih delovnih obremenitev.

Arhitekture simetričnega večprocesnega delovanja (SMP) ponujajo fleksibilnost pri izvajanju bogatih operacijskih sistemov, vendar pogosto ne dosegajo deterministične zmogljivosti, ki jo zahtevajo sistemi v realnem času. Nasprotno pa asimetrično večprocesno delovanje (AMP) omogoča optimizacijo za posamezne naloge z izolacijo delovnih obremenitev med različnimi procesnimi enotami, čeprav je ta pristop lahko bolj zapleten za izvedbo. Da bi se spopadel s tem izzivom, je Microchip uporabil preizkušeno skupino RISC-V® strojne opreme (»harts« v RISC-V terminologiji) znotraj enega samega CPU coreplexa za arhitekturo čipa, ki podpira zmogljivosti AMP v širokem spektru industrijskih in AI aplikacij na robu.

MPU PIC64GX združuje procesor, združljiv z Linuxom, z več harts (hardverskih niti) v enem samem kompleksu, ki je skladen s podsistemom pomnilnika, kar omogoča mešanico deter-

minističnih sistemov v realnem času in operacijskega sistema Linux v enem samem CPU-sklopu. To omogoča delovanje AMP za glavne industrijske vizualne in Edge AI aplikacije, kar poenostavlja razvoj kode, ki lahko teče na operacijskih sistemih v realnem času, Linuxu.

V sistemih za obdelavo in nadzor v realnem času AMP razvijalcem omogoča dodelitev namenskih procesnih enot za časovno občutljive naloge, kar zagotavlja predvidljivo delovanje in ohranjanje nizke zakasnitve. Razporejanje procesov v sistemu Linux običajno ni v realnem času, z opaznimi in nepredvidljivimi zakasnitvami prekinitev. AMP omogoča delovnim obremenitvam s strogimi zahtevami v realnem času, da za kritični nadzor izvajajo RTOS, hkrati pa ohranja funkcije na ravni aplikacij, ki tečejo v sistemu Linux na drugem jedru.

Čeprav predpomnilniki izboljšujejo zmogljivost, lahko izpadi v predpomnilniku povzročijo nestabilnost izvajanja in nepredvidljive zakasnitve z nedeterminističnim obnašanjem. MPU PIC64GX to preprečuje tako, da omogoča izvajanje kontekstov v realnem času v Loosely Integrated Memory (LIM), s čimer se izogne nedeterminističnosti, povezani s predpomnilnikom. To omogoča učinkovite cevovode, zlasti za delovne obremenitve



umetne inteligence in strojnega učenja, ki zmanjšujejo čas obdelave.

Sistem temelji na 600 MHz E51 64-bitnem procesorskem jedru RV64IMAC kot sistemskem monitorju, s 16 KB pomnilnika, ki lahko služi kot dvosmerni L1 pomnilnik navodil s popravkom napak ali tesno integriran pomnilnik, 8 KB tesno integriranim pomnilnikom podatkov in enoto PMP za obdelavo aplikacij.

Srce sistema pa je jedro, sestavljeno iz štirih 64-bitnih procesorjev U54 RV64GC za obdelavo aplikacij z najvišjo delovno frekvenco 600 MHz, od katerih vsak zagotavlja zmogljivost 3,1 CoreMarks/MHz in 1,7 DMIPs/MHz. To je isti sklop, ki se uporablja v sistemu PolarFire® na čipu FPGA, kar zagotavlja zanesljiv, preizkušen večjedrni podsistem in uveljavljen ekosistem orodij. Peti procesor upravlja z nadzornimi funkcijami čipa, vendar je na voljo tudi za neposredno izvajanje delovnih obremenitev v realnem času ali na goli strojni opremi.

Podsistem pomnilnika L1 vključuje 32 KiB 8-smerni predpomnilnik ukazov ali izbirni 28 KiB tesno integriran pomnilnik in 32 KiB 8-smerni predpomnilnik podatkov. Poleg tega je na voljo enota za zaščito fizičnega pomnilnika (PMP) in enota za upravljanje pomnilnika (MMU). Podsistem pomnilnika ima več funkcij, vključno z 2 MiB pomnilnika L2 z različnimi načini dostopa, integriranim krmilnikom pomnilnika, ki podpira različne

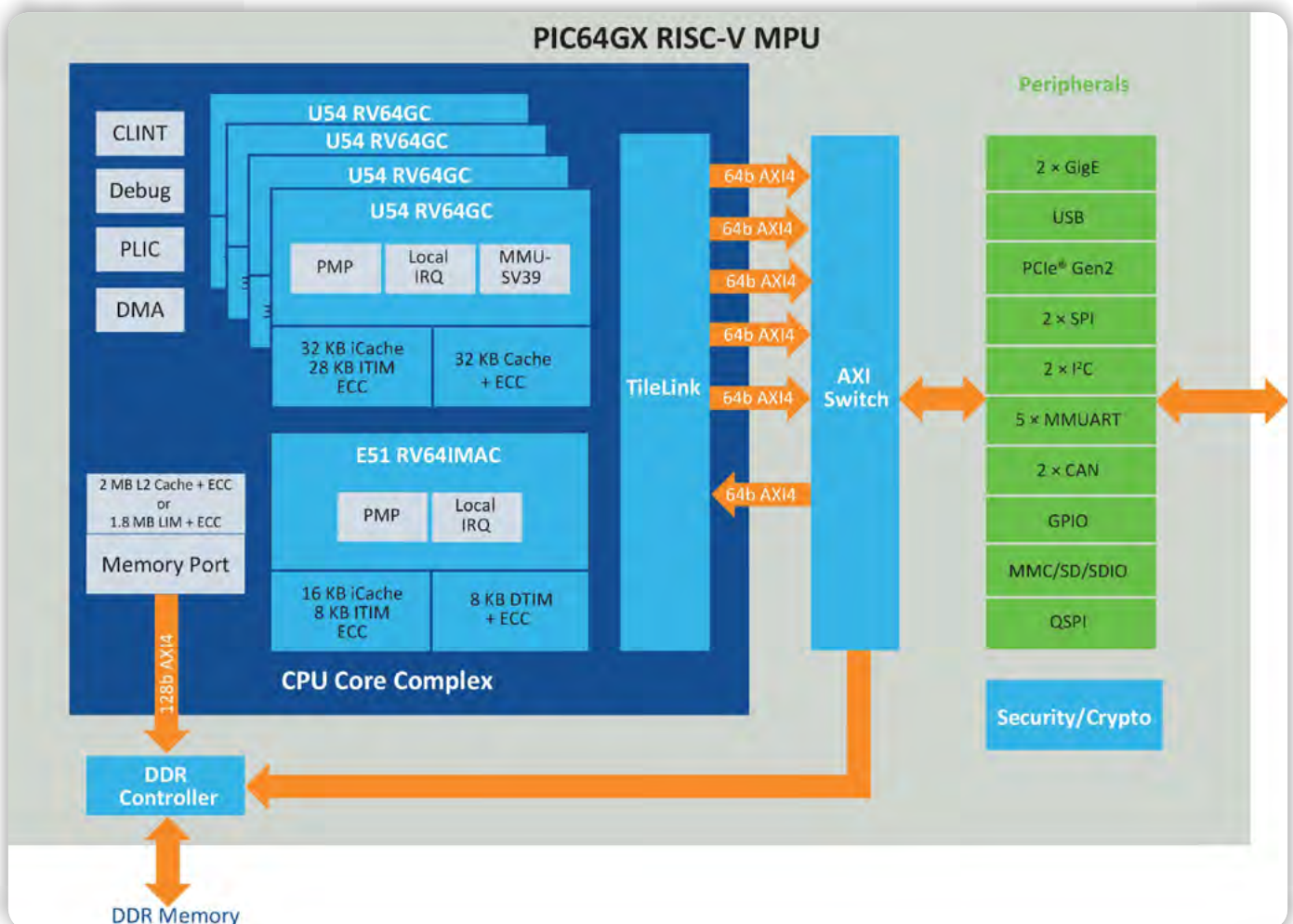
različice DDR, enoto za zaščito pomnilnika (MPU) in vgrajenim neizbrisnim pomnilnikom za varne možnosti zagona.

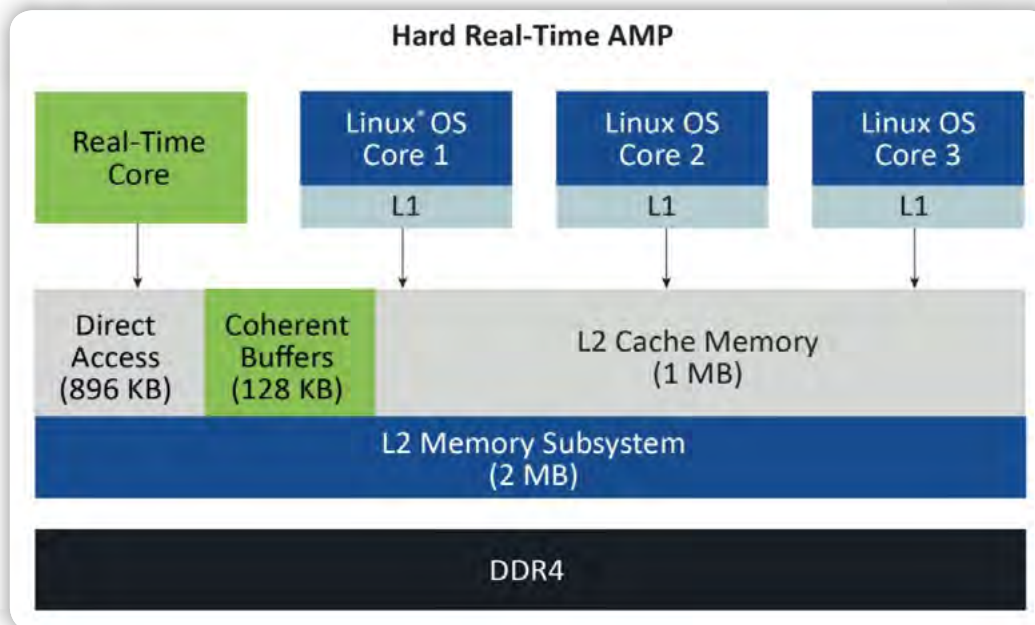
Matrica CPU-busa s koherentnim predpomnilnikom in prilagodljiv podsistem pomnilnika L2 z zmogljivostjo 2 MiB sta ključnega pomena za delovanje AMP. Pomnilnik s popravljanjem napak je mogoče konfigurirati kot 16-smerni asociativni predpomnilnik L2 z načinom Loosely Integrated Memory (LIM) za deterministični dostop in koherentnim načinom Scratchpad Memory za skupna sporočila med nitmi.

Integriran 36-bitni DDR4/LPDDR4 pomnilniški krmilnik s popravljanjem napak podpira DDR4 pri 1,6 Gbps z 8 GiB naslovnim prostorom z enoto za zaščito pomnilnika (MPU) in integriranim 128 KiB vgrajenim neizbrisnim pomnilnikom (eNVM) za zagon. To omogoča popolnoma prilagodljivo konfiguracijo pri zagonu za razdelitev v delovanje v realnem času ali Linux harts s podporo za L2 predpomnilnik.

Uporaba AMP

V RISC-V se procesne enote imenujejo strojne niti ali harts, vsaka nit v PIC64GX MPU pa predstavlja neodvisen izvedbeni kontekst, ki lahko izvaja lasten operacijski sistem ali delovno obremenitev v strojni opremi. Aplikacijski klaster quad-hart je mogoče konfigurirati za izvajanje do dveh neodvisnih programskih kontekstov. Vsak kontekst ima lahko dodeljen lasten operacijski sistem, pomnilniške regije in strojne vire. Strojna





oprema preprečuje dostop do virov drugega konteksta s strojeno ločitvijo. Kršitve lahko zazna in obravnava Hart Software Services (HSS), medtem ko je monitor hart E51 namenjen izvajanju firmware-a Hart Software Services (HSS).

Ta HSS je boot zaganjalnik brez stopnje, sistemski monitor in ponudnik storitev za izvajanje aplikacij. HSS podpira zgodnjo nastavitve sistema, usposabljanje DDR in inicializacijo/konfiguracijo strojne opreme. Večinoma deluje na E51, z majhno količino funkcionalnosti na ravni stroja, ki deluje na vsakem U54. Zagoni enega ali več kontekstov z nalaganjem uporabniške obremenitve iz zagonskega pomnilnika, ki je lahko vgrajen NVM, in zagotavlja storitve za izvajanje platforme/izvršilno okolje nadzornika (SEE) za jedra operacijskega sistema. Podpira varen zagon in je pomemben sestavni del pri zagotavljanju razdelitve/ločevanja strojne opreme za kontekste AMP.

To se uporablja za konfiguracijo kompleksa quad-hart, to je štirinitno. Kompleks se lahko na primer konfigurira tako, da na treh U54 nitih teče Linux, na preostali niti pa Zephyr® RTOS. Periferne naprave se lahko dodelijo kateremu koli od kontekstov.

Odprti standardni programski okvir, imenovan Open Asymmetric Multiprocessing (OpenAMP), zagotavlja programske komponente za razvoj programskih aplikacij za sisteme AMP. Ključni elementi za to so Remote Processor Messaging (RPMmsg) in oddaljeni procesor (remoteProc), ki se uporabljata za razdelitev delovnih obremenitev med dva AMP konteksta in lahko enostavno komunicirajo med seboj.

Nasveti za razvoj

AMP delovne obremenitve podpirajo napredne zasnove in so sestavljene iz več programskih komponent, ki delujejo skupaj. S pomočjo razdelitve strojne opreme AMP omogoča mešanim kritičnim delovnim obremenitvam, da izpolnjujejo zahteve in omejitve v realnem času.

Razvijalci se morajo osredotočiti na zemljevid pomnilnika in

nit mora imeti zadostne pomnilniške vire in minimalen prenos podatkov med njimi, da se zmanjša zakasnitev komunikacije in poveča vzporednost. HSS deluje kot sistemski monitor in poroča o napakah na vodilu, napakah ECC in usodnih izjemah, s katerimi se srečujejo U54.

Periferna oprema

Kar zadeva periferno opremo, družina večprocesorskih procesorjev PIC64GX vključuje Gigabit Ethernet MAC za zelo hitro medsebojno povezovanje, kot tudi vmesnike USB 2.0 OTG in 5.1 SD/SDIO MMC kartice. Na voljo sta dvojce CAN 2.0 vrat s petimi večnamenskimi UART-i, dvojce SPI vmesnikov in dvojce I2C vmesnikov, pa tudi izvedbeni Quad SPI Flash krmilnik skupaj z integriranim enojnim x1 ali x4 PCIe® Gen 2 Root Port.

Varnost

V sistem so vgrajene različne varnostne funkcije, ki zagotavljajo zanesljivo zaščito pred grožnjami. Vgrajena dvojna funkcija Physically Unclonable Function (PUF) zagotavlja osnovo za zupanje v šifrirne ključke, s 56 KiB varnega neizbrisnega pomnilnika (sNVM) in 128 KiB vgrajenega neizbrisnega pomnilnika (eNVM) na čipu. Oblika ima vgrajene tudi detektorje nedovoljenega poseganja in protiukrepe, preverjanje integritete za pomnilniške bloke sNVM in eNVM ter odpornost proti napadom z diferencialno analizo moči (DPA), ki se lahko uporabijo za zajemanje ključev.

Možnosti uporabe

MPU PIC64GX so namenjeni vgrajenim računalnikom z eno ploščo, krmiljenju motorjev, računalništvu v realnem času, vizualnim in AI/ML aplikacijam. Uporabljajo se lahko na primer za združevanje senzorjev in AI sklepanje z izvajanjem operacijskega sistema v realnem času v enem kontekstu.

Senzorje je mogoče enostavno priključiti na MPU PIC64GX z uporabo vmesniških perifernih naprav, kot sta SPI in I2C.

Operacijski sistem lahko nato v realnem času obdeluje podatke senzorjev, komunikacijski bloki, kot sta UART ali CAN, pa se lahko uporabijo za prenos podatkov ali povzetkov podatkov, kot je potrebno, na podlagi računalništva na robu.

Za ugnездene naloge računalniškega vida lahko ločen Linux kontekst omogoča identifikacijo objektov, klasifikacijo in pretakanje videa prek vmesnikov, kot je Ethernet, vse na istem čipu z uporabo zmogljivosti AMP. To omogoča manjšo in stroškovno učinkovitejšo zasnovo v industrijskih ali medicinskih aplikacijah.

Orodja

Uporaba AMP v industrijskih aplikacijah AI je vse bolj zapletena, zato ima PIC64GX MPU orodje z naborom sistemov za Linux in odprtokodni RTOS, VxWorks in druge ponudnike za razvoj varnostno kritičnih sistemov. MPLAB® Extensions omogoča konfiguracijo in olajša migracijo iz drugih Microchip procesorjev, vključno s Hart Software Services (HSS), ki zagotavlja izvirno kodo za HSS zero stage bootloader in sistemski monitor.

V ekosistemu Zephyr RTOS in paketu Yocto Project® Linux board support package (BSP) je na voljo podpora za upstream. Sistem za gradnjo Linuxa, ki temelji na Buildroot, uporablja jedro Linux4Microchip, od različice 2024.10 pa je na voljo tudi podpora za Ubuntu® Linux. To vključuje vse gonilnike, vključno z obrobniimi napravami, potrebnimi za razvoj. Za orodja in sis-

teme obiščite repozitorij GitHub <https://github.com/pic64gx>. Skupina je del uveljavljenega ekosistema Mi-V, ki vključuje podporo orodij Lauterbach in Ashling. Sistem vključuje funkcije za odpravljanje napak JTAG z desetimi prožilci strojne opreme na procesor, ki jih je mogoče konfigurirati kot prekinitvene točke ali točke opazovanja in števce učinkovitosti.

Zaključek

MPU PIC64GX so bili posebej zasnovani za implementacijo AMP v ugnездenih inteligentnih aplikacijah na robu, ki zahtevajo mešano kritičnost. Robusten, preizkušen sklop štirih 64-bitnih RISC-V jeder znotraj enega samega coreplexa se lahko varno konfigurira ob zagonu, da poleg operacijskega sistema Linux izvaja tudi operacijski sistem v realnem času. To omogoča zlasti poenostavljeno obdelavo slik z umetno inteligenco v realnem času. Z zrelo in dobro podprto verigo orodij PIC64GX MPU omogoča razvijalcem ugnездenih sistemov, da samozavestno razvijajo kompleksne aplikacije v industrijskih, AI/ML in domenah v realnem času, s čimer poenostavljajo razvoj in pospešujejo čas uvedbe na trg.

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>



Cenovno ugoden mikrokontroler z visoko varnostjo: AVR® SD

ASIL C in SIL 2 združljiv

Doseganje visokih ravni varnostne celovitosti (safety integrity levels - SIL) za varnostno kritične funkcije v avtomobilskih in industrijskih aplikacijah je zapleteno ter zahteva strokovno znanje in stroge postopke. Inženirji za funkcionalno varnost se soočajo s pritiskom, da morajo zmanjšati stroške načrtovanja, da bi ostali konkurenčni. Izbira pravega mikrokontrolerja je ključnega pomena za izpolnjevanje mednarodnih standardov funkcionalne varnosti in optimizacijo stroškov brez ogrožanja varnosti. Da bi to dosegli, smo napovedali družino AVR® SD, ki je skladna z ISO 26262 (ASIL C) in IEC 61508 (SIL 2). Idealna je za varnostne funkcije, kot je spremljanje temperaturnih, tokovnih ali napetostnih skokov, in poenostavlja zasnove z razbremenitvijo varnostno kritičnih funkcij s centralnega procesorja. Z vgrajenimi strojnimi varnostnimi funkcijami (dve jedri v lockstepu, ECC na pomnilniku, namenski krmilnik napak) zazna napake v 1 milisekundi in vključuje celoten razvojni ekosistem z združljivo programsko opremo, varnostno dokumentacijo in certificiranim prevajalnikom.



microchip.com/avr-sd



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.
MEC2611A-SLO-05-25

Natančno merjenje razdalje z Bluetooth

RUTRONIK GmbH

Avtorja: Chetan Joshi, vodja produktnega menedžmenta pri Panasonic Industry Europe GmbH in Torsten Killinger, korporativni produktni menedžer za brezžične tehnologije pri Rutronik

Bluetooth 6.0 uvaja Channel Sounding. Ta tehnologija omogoča natančno merjenje razdalje z Bluetooth Low Energy, kar odpira nove možnosti za pozicioniranje, varnost in interakcijo – celo na področjih, kjer je prej prevladoval ultraširokopasovni signal.

Channel Sounding razširja BLE

Lokalizacija naprav je postala nepogrešljiva v mnogih aplikacijah. GPS in mobilna omrežja zagotavljajo natančne podatke na prostem, vendar niso zadostni v zaprtih prostorih ali kadar so potrebni podatki z natančnostjo pod enim metrom. Natančnost je mogoče izboljšati s pomočjo mobilnih omrežij, vendar so zaradi dodatnih stroškov in porabe takšne rešitve nepraktične. Vedno več aplikacij se zdaj osredotoča na naprave kratkega dosega, tj. sledenje objektov v lokalnih omrežjih na kratkih razdaljah za ustvarjanje lokalnih podatkov o položaju. Prav tu se različne standarde in lastniške tehnologije trudijo uveljaviti. Na tej točki pride v igro Bluetooth s Channel Sounding.

Bluetooth je uveljavljena tehnologija, integrirana v številna področja sodobnega življenja. Bluetooth Low Energy (BLE) že leta služi kot gonilna sila komunikacij kratkega dosega in podpira energetsko učinkovit prenos podatkov med milijoni naprav. Od uvedbe so rešitve za lokalizacijo BLE uporabljale indikator moči sprejetega signala (RSSI) za oceno razdalj med napravami. RSSI je primeren za grobo zaznavanje bližine, na primer za ugotavljanje, ali je naprava v bližini. Vendar ni primeren za natančnejše meritve. Okoljske spremenljivke, motnje in odboji po več poteh naredijo RSSI za nezanesljivo merilo razdalje. Pod-

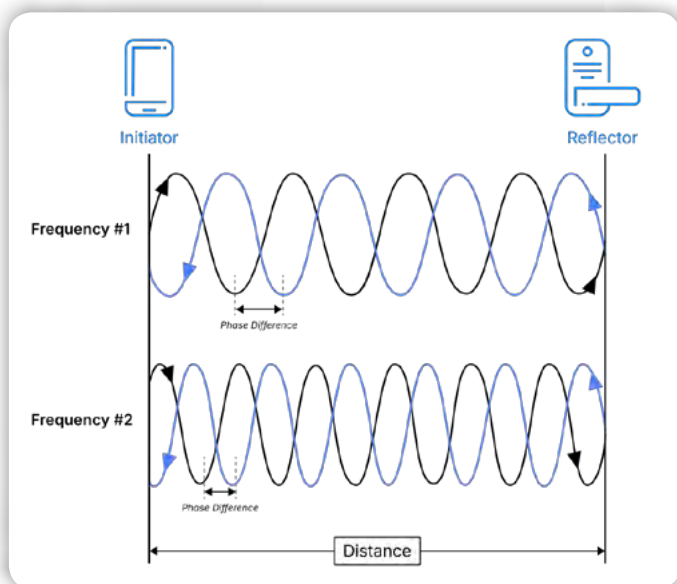
jetja, ki so prispevala k Bluetooth Real-Time Location Services (RTLS), so to zgodaj prepoznala, kar je pripeljalo do uvedbe funkcije »Direction Finding« (DF) v Bluetooth 5.0. Danes služi kot hrbtnica za številne pametne sisteme RTLS, ki temeljijo na Bluetooth. Zaradi omejitev pristopov, ki temeljijo na RSSI, je Bluetooth neprimeren za industrijske aplikacije RTLS. Do sedaj so pri teh aplikacijah prevladovala rešitve posebnega ultraširokopasovnega (UWB) signala. Čeprav UWB sistemi zagotavljajo podatke o razdalji v centimetrskem obsegu, zahtevajo večji razvojni napor na področju RF in se soočajo z dodatnimi regulativnimi zahtevami. Za mnoge aplikacije, kjer je dovolj natančnost pod enim metrom, so sistemi UWB preveč zapleteni ali predragi. Channel Sounding v Bluetooth 6.0 zapolnjuje to vrzel. Zagotavlja ustrezno natančnost za številne aplikacije brez obsežnega integracijskega napora, ki ga zahteva UWB.

Channel Sounding na podlagi BLE omogoča zanesljivo in natančno merjenje razdalje s stroškovno učinkovito in enostavno razvito strojno opremo. Medtem ko so prejšnje generacije Bluetooth uporabljale vrednosti RSSI za grobo oceno razdalje med dvema napravama, Channel Sounding zdaj omogoča neposredno karakterizacijo radijskega kanala.

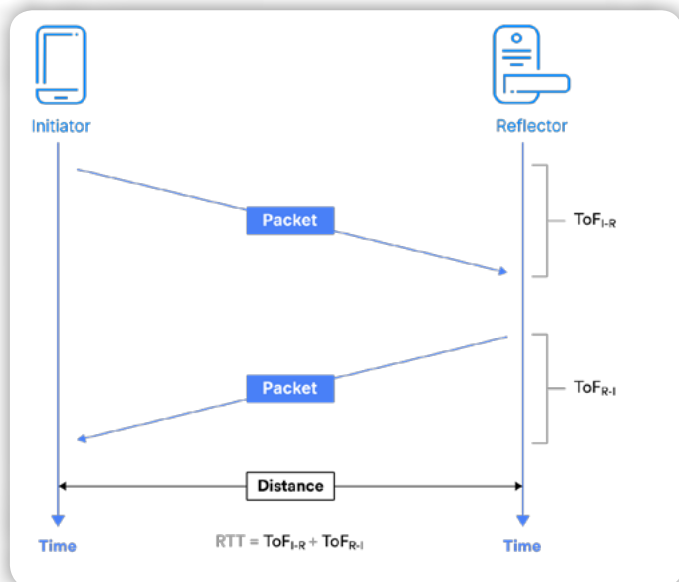
Kako deluje Channel Sounding?

Channel Sounding v osnovi temelji na času in fazi. Meritve na podlagi faze (PBR) in časa povratka (RTT) se lahko uporabijo za določitev natančnih razdalj med dvema napravama. Pri PBR naprave izmenjujejo signale prek več frekvenc in primerjajo nastale fazne premike. To omogoča natančen izračun razdalje (slika 1). RTT deluje podobno kot radar: naprava pošlje paket, prejemnik odgovori, razlika v času povratka pa da razdaljo (slika 2). S kombinacijo obeh metod Bluetooth doseže raven natančnosti, ki je bila z RSSI nedosegljiva. Odločilni dejavnik pri tem ni le natančnost, ampak tudi dejstvo, da ta nadaljnji razvoj temelji na isti tehnologiji BLE, ki je postala temelj interneta stvari (IoT).

Čeprav PBR in RTT delujeta zanesljivo v večini realnih scenarijev, potrebujejo dodatno podporo za ublažitev učinkov, kot so širjenje po več poteh, motnje ali napadi, na primer relejski napadi. Bluetooth 6.0 zato vključuje dodatne varnostne mehanizme, ki dopolnjujejo Channel Sounding. Signali se lahko naključno razporedijo, šifrirajo in preverijo, da se zagotovi, da določene razdalje niso manipulirane. Poleg tega lahko naprave uporabljajo več anten, da zmanjšajo napake, ki jih povzročajo odboji, s prostorsko raznolikostjo. Ta kombinacija merjenja



Slika 1: Načelo merjenja razdalje na podlagi faze (PBR): S primerjavo faznega premika pri različnih frekvencah je mogoče izračunati razdaljo med dvema napravama. (Vir: Bluetooth SIG)



Slika 2: Načelo časa povratka (RTT): Razdalja se določi z razliko v času med pošiljanjem in sprejemanjem podatkovnih paketov. (Vir: Bluetooth SiG)

časa, primerjave faz in kriptografske zaščite naredi Channel Sounding praktično orodje za realne aplikacije.

Strojna oprema za Channel Sounding

Eden od primerov implementacije je nova družina modulov PAN-B611 podjetja Panasonic. Zagotavlja funkcionalnost Channel Sounding v kompaktnem, vnaprej certificiranem ohišju. Temelji na nRF54L15 od Nordic Semiconductor, enem od prvih Bluetooth SoC, ki podpira natančno merjenje razdalje in kotov. Čip vključuje radijski podsistem za analizo faz in povratnih poti, zmogljiv procesor Cortex-M33 in mehanizme kriptografske zaščite. Ločen koprocesor RISC-V prevzame časovno kritične naloge. Poleg merjenja razdalje podpora za več anten omogoča tudi pozicioniranje na podlagi kota in s tem podrobnejše zaznavanje v dveh in treh dimenzijah. PAN-B611 ima vse priključke nRF54L15 na hibridni površini z obrobjenimi robovi in LGA blazinicami. Modul meri le 10,35 x 9,6 x 1,9 mm in je primeren za zasnove z omejenim prostorom. Različice z integriranimi čip antenami so primerne za kompaktne konstrukcije, medtem ko modeli z zunanji antenami omogočajo tudi konfiguracije z večjim številom an-



Slika 3: Modul PAN-B611 z vgrajeno anteno (vir: Panasonic:)

ten. Vsi priključki nRF54L15 so usmerjeni na module PAN-B611-1x, da se na primer PAN-B611-1B lahko uporabi za konfiguracijo Channel Sounding z več antenami, kjer antensko stikalo upravlja z do štirimi GPIO-ji. V mnogih aplikacijah pa je za grobo oceno razdalje dovolj uporaba integrirane antene v PAN-B611-1C. S tem se odpravlja potreba po prilagoditvah antene po meri stranke ali dodatnih odobritvah in skrajšajo se razvojni cikli.

Za aplikacije, ki zahtevajo veliko pomnilnika, Panasonic ponuja družino modulov PAN-B611 z izbirnim in kompaktnim 4 MB čipom Flash pomnilnika, ne da bi spremenil obliko. Dodatni pomnilnik omogoča shranjevanje merilnih podatkov za nadaljnjo obdelavo, npr. za kriptografske procese ali algoritme strojnega učenja na robni napravi. To pomaga tudi pri izvajanju rutinskih postopkov, ki niso časovno kritični, neposredno iz pomnilnika (izvajanje na mestu, XiP), kot tudi pri upravljanju večjih paketov strojne programske opreme in posodobitvah prek zraka (OTA). Slika 3 prikazuje modul PAN-B611 z integrirano anteno. Modularni pristop olajšuje integracijo v obstoječe zasnove in skrajša čas razvoja. Razvijalci se lahko osredotočijo na logiko aplikacije, medtem ko se certifikacija in zasnova RF obravnava na ravni modula.

Od sledenja sredstev do razširjene resničnosti (AR)

Informacije o lokaciji ustvarjajo dodano vrednost na mnogih področjih življenja. Možne aplikacije so prav tako raznolike. V zdravstvu ali logistiki lahko stroškovno učinkovita natančnost pod metrom znatno pripomore k povečanju učinkovitosti. Naprave je mogoče takoj najti, zaloge samodejno prilagoditi in procese optimizirati brez človeških napak. V potrošniških aplikacijah bodo pametni telefoni s Channel Sounding v prihodnosti lahko varneje komunicirali s pametnimi ključavnicami ali vozili, saj bo preverjena dejanska fizična bližina. V sistemih AR in VR natančno pozicioniranje izboljša sinhronizacijo med digitalnim in fizičnim okoljem. Scenariji, ki temeljijo na natančnih podatkih o lokaciji vsakega člana družine, se lahko uporabijo tudi v pametnih domovih, na primer za nadzor osvetlitve in klimatizacije v posameznih sobah.

Eden od možnih primerov je pametna ključavnica, ki uporablja Channel Sounding za preverjanje razdalje in hkrati podpira protokol pametnega doma, kot je Matter. To omogoča preverjanje dejanske bližine ključa Bluetooth ali pametnega telefona, hkrati pa omogoča integracijo v interoperabilen pametni dom. Izbirni 4 MB Flash pomnilnik PAN-B611 ponuja dovolj prostora za večje pakete firmware z protokolnimi skladi, kriptografskimi knjižnicami in funkcijami OTA.

Povzetek

Channel Sounding je opsijska funkcija Bluetooth 6.0, vendar bo glede na naraščajočo priljubljenost novih naprav verjetno postala standardna. Označuje prehod od verjetnostnega k determinističnemu merjenju razdalje in Bluetooth dvigne na povsem novo raven: od preprostega komunikacijskega vmesnika do platforme za prostorsko zaznavanje.

<https://www.rutronik.com>



STA516BE - 500 W FFX digitalni močnostni ojačevalnik

STMicroelectronics

The STA516BE je monoliten ojačevalnik konfiguriran kot štiri polmostične stopnje v multipower BCD tehnologiji.

Ojačevalnik je mogoče uporabljati kot dvojni mostič ali ga prekonfigurirati s priključitvijo konektorja CONFIG na konektorje VDD, kot enojni mostič z zmogljivostjo dvojnega toka ali kot polovični mostič (binarni način) z zmogljivostjo polovičnega toka.

Stroškovno učinkovit avdio sistem z visoko vernostjo (HiFi) je mogoče zasnovati z uporabo ST čipov, vključno z modulatorjem (npr. STA309A ali STA321) in STA516BE. Ta sistem zahteva le preprost pasivni LC demodulacijski filter, da zagotovi visoko vernost, zelo učinkovito avdio ojačenje z dokazano skladnostjo z EMI. Učinkovitost tega digitalnega ojačevalnika je večja od 90 % na 8 Ω zvočnikih, kar omogoča uporabo manjših napajalnikov in hladilnikov.

STA516BE ima inovativen integriran sistem zaščite, ki ga ščiti pred različnimi napakami, ki bi ga lahko poškodovale.

Lastnosti

Izhodna moč pri napajalni napetosti 56 V:

- 2 x 250 W pri 10 % THD + N v 6 Ω BTL
- 2 x 200 W pri 10 % THD + N v 8 Ω BTL
- 4 x 130 W pri 10 % THD + N v 3 Ω SE
- 4 x 100 W pri 10 % THD + N v 4 Ω SE
- 1 x 480 W pri 10 % THD + N v 3 Ω PBTL
- 1 x 380 W pri 10 % THD + N v 2 Ω PBTL

Izhodna moč pri napajalni napetosti 52 V:

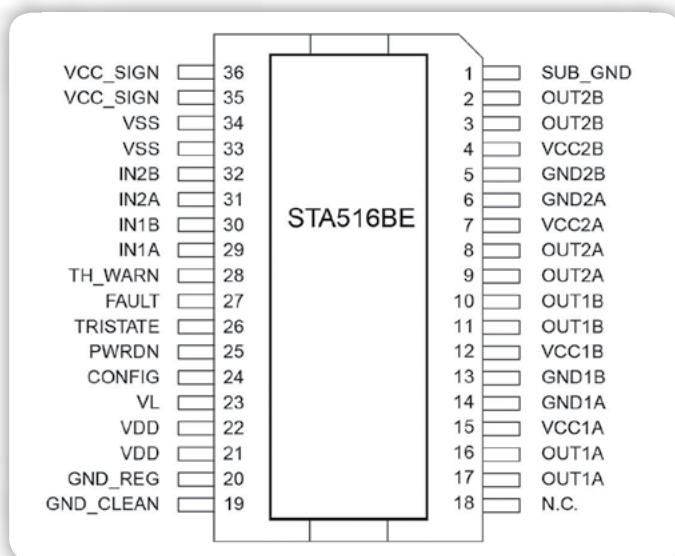
- 2 x 200 W pri 10 % THD + N v 6 Ω BTL
- 4 x 100 W pri 10 % THD + N v 3 Ω SE
- 1 x 400 W pri 10 % THD + N v 2 Ω PBTL

Ostale lastnosti:

- < 0,1 % THD + N pri 1 W
- PSO-36 termično izboljšano ohišje
- Minimalno popačenje širine impulza na vhodu/izhodu
- Visoko učinkovita močnostna stopnja (> 90 %) z 190 m Ω Rdson
- CMOS združljivi logični vhodi
- Integrirani samodejni varovalni vezji, vključno z zaščito pred pregrevanjem, prenizko napetostjo, previsoko napetostjo, preobremenitvijo in kratkim stikom
- Skladnost z EMI pri uporabi s priporočenim sistemskim dizajnom
- Avtomatski način obnove po napakah

STA516BE je zelo zmogljiv integriran stereo digitalni ojačevalnik druge generacije z izboljšanim zaščitnim sistemom. Zmore poganjati 6 W mostično vezano breme (BTL) do 250 W na kanal

z zelo nizko stopnjo šuma na izhodu, nizkim THD+N in nizko porabo energije v mirovanju. STA516BE je na voljo v ohišju PowerSO-36 s hladilnim pad-om na vrhu ohišja. Ohišje vsebuje hladilni pad, ki se nahaja na zgornji strani ohišja za zanesljivo toplotno povezavo s hladilnim telesom.

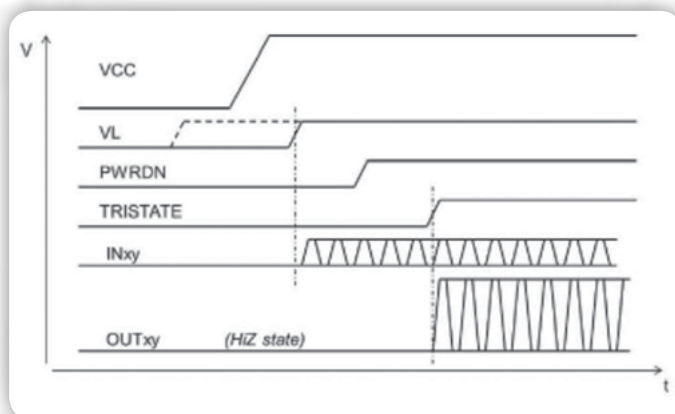


Slika 1: Spisek priključkov STA516BE

Najvišja napajalna napetost na priključkih 4, 7, 12 in 15 znaša 65 V, najvišja temperatura polprevodnika pa 150 °C.

Da bi zagotovili pravilno delovanje in zanesljivost, je treba upoštevati priporočeno zaporedje vklopa, kot je navedeno spodaj:

- V tej fazi priključite VCC in VL v poljubnem vrstnem redu, pri čemer ohranite PWRDN na nizki ravni.
- Povečajte PWRDN z nizke na visoko raven, pri čemer

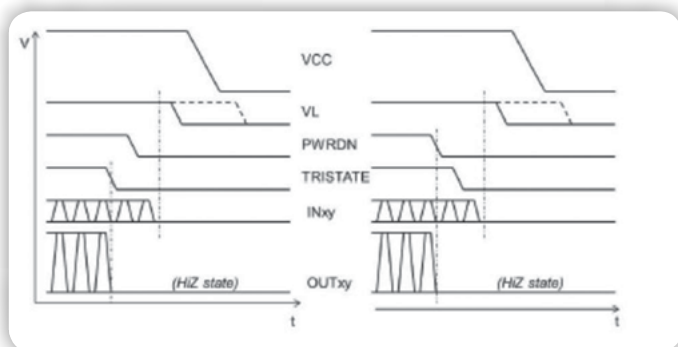


Slika 2: Sekvenca signalov za varen vklop

ohranite TRISTATE na nizki ravni (dokler VDD in VSS nista stabilna).

- Povečajte TRISTATE z nizke na visoko raven. Vedno ohranjajte PWM vhod $IN_{xy} < VL$.

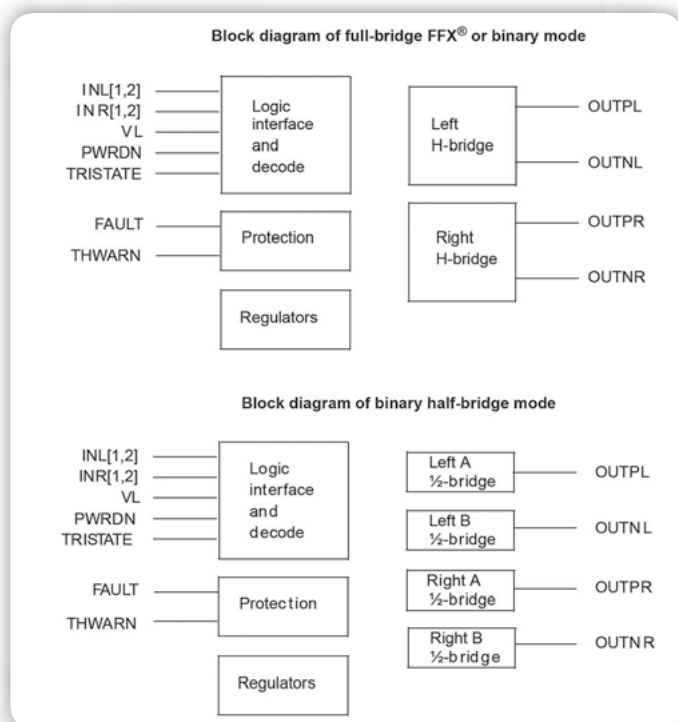
VCC je treba vklopiti pred VL. S tem se prepreči неконтролиран tok skozi notranjo zaščitno diodo, povezano med VL (logično napajanje) in VCC (visoko napajanje), kar bi lahko povzročilo poškodbo čipa.



Slika 3: Sekvenca varnega izklopa

PWRDN je treba sprostiti po vklopu VL. Nato je mogoče poslati vhodni signal v napajalni stopnji.

STA516BE pretvarja ternarne, fazno zamaknjene ali binarno krmiljene PWM signale v avdio močnostne signale na breme. Vključuje logični vmesnik, integrirane gonilnike mostiča, visoko učinkovite MOSFET izhode ter termično in kratkostično zaščitno vezje. V diferencialnem načinu (ternarni, fazni premik ali binarni diferencialni) se dva logična signala na kanal uporabljata za krmiljenje zelo hitrih MOSFET



Slika 4: Blok shema STA516BE v konfiguraciji polni mostič (zgoraj) in polmostič (spodaj)

stikal za povezavo obremenitve zvočnika z vhodnim napajanjem ali ozemljitvijo v mostični konfiguraciji, v skladu z delovanjem dušenega ternarnega modulacijskega signala. V binarnem načinu sta podprta tako polni most kot polovični most. STA516BE vključuje zaščito pred prenapetostjo in toplotno zaščito ter blokado podnapetosti z avtomatskim obnovitvijo. Na voljo je tudi toplotno opozorilo.

STA516BE vključuje zaščitno vezje za tokovne in toplotne preobremenitve. Toplotni opozorilni priključek (THWARN, priključek 28, MOSFET z odprtim virom) se aktivira, ko temperatura IC preseže 130 °C, tik pred toplotnim izklopom. Ko je zaznana napaka, notranji signal napake takoj onemogoči izhodne močnostne MOSFET-e in oba H-mostova postavi v stanje visoke impedance. Hkrati se vklopi odprti ponor MOSFET priključka FAULT (pin 27). Po aktiviranju napake sta možna dva načina delovanja.

Način izklopa: če sta priključka FAULT (z uporabo pull-up) in TRISTATE ločena, aktivirana napaka onemogoči delovanje čipa in signalizira nizko napetost na izhodu priključka FAULT.

- Čip je mogoče ponovno nastaviti na normalno delovanje s preklopom priključka TRISTATE iz visoke na nizko napetost in nazaj na visoko napetost z uporabo zunanjega logičnega signala.

Način samodejnega obnovitve: To je prikazano v spodnjih aplikacijskih vezjih, kjer sta priključka FAULT in TRISTATE povezana s časovno konstantnim vezjem (R59 in C58).

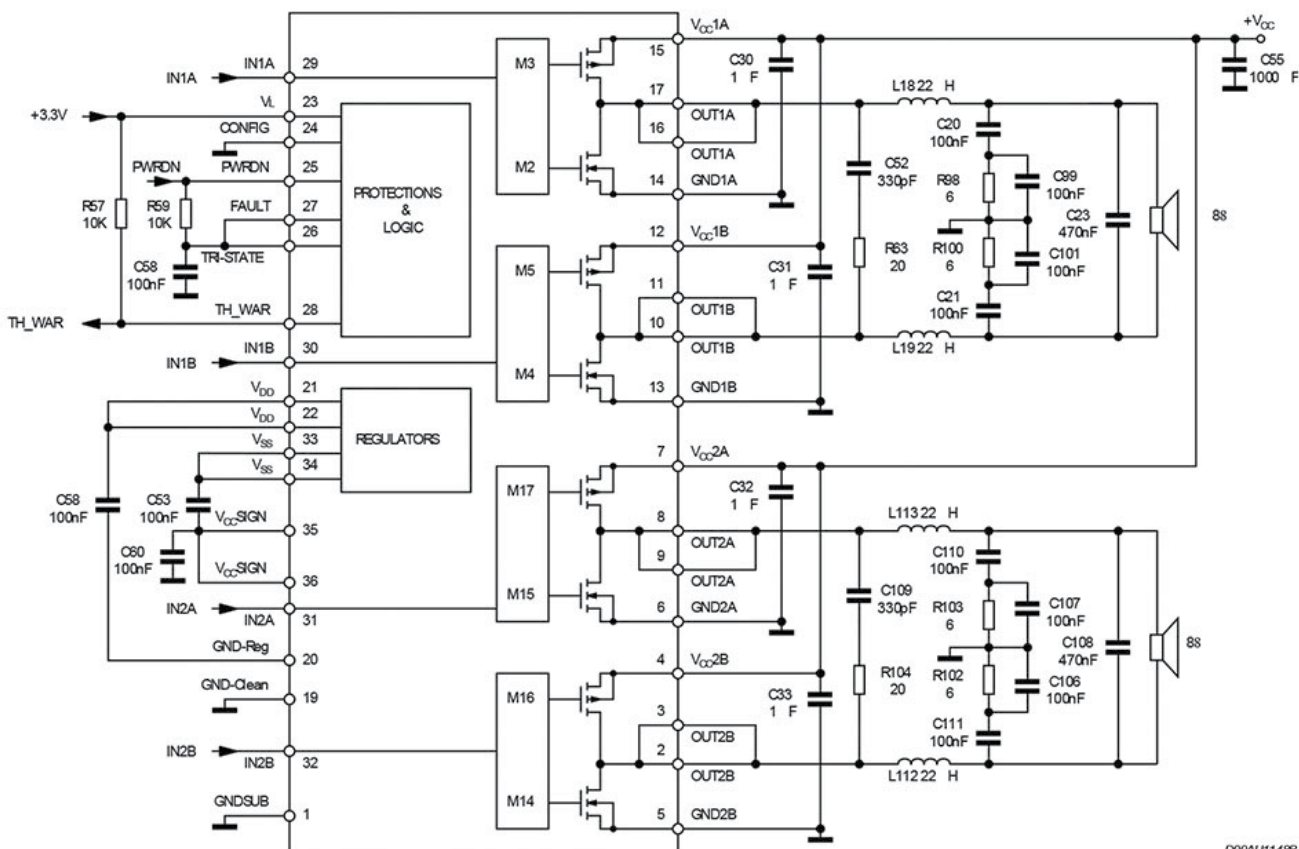
- Aktivirana napaka prisili ponastavitev priključka TRISTATE, kar povzroči obnovo normalnega delovanja po zamiku, ki ga določa časovna konstanta vezja.
- Če napaka ostane, se delovanje vezja ponovi, dokler napaka ni odpravljena.
- Povečanje časovne konstante vezja povzroči daljši interval obnovitve. Pri celotni zasnovi sistema je treba paziti, da se v normalnem delovanju ne presežejo zaščitni pragi.

Izhodna moč

Izhodni in napajalni priključki STA516BE so podvojeni, da zagotavljajo nizko impedanco za izhodne tranzistorje vezane v mostič. Za pravilno delovanje morajo biti priključeni vsi podvojeni napajalni, ozemljitveni in izhodni priključki. Povezava PWRDN ali TRISTATE se uporablja za nastavitev vseh močnostnih MOSFET-ov v stanje visoke impedance med vklopom, dokler se logično napajanje VL ne stabilizira.

Vzporedna vezava izhoda / delovanje z visokim tokom

Pri uporabi izhoda v načinu FFX je mogoče izhode STA516BE povezati vzporedno, da se poveča zmogljivost izhodnega toka za breme. V tej konfiguraciji lahko STA516BE zagotovi do 240 W pri bremenu 3 Ω. Ta način delovanja se omogoči s priključitvijo priključka CONFIG (pin 24) na priključek VDD. Vhodi so združeni tako, da $IN1A = IN1B$, $IN2A = IN2B$ in podobno izhodi $OUT1A = OUT1B$, $OUT2A = OUT2B$, kot je prikazano na sliki 8. Tipično vezje za avdio aplikacije (dvojni BTL).



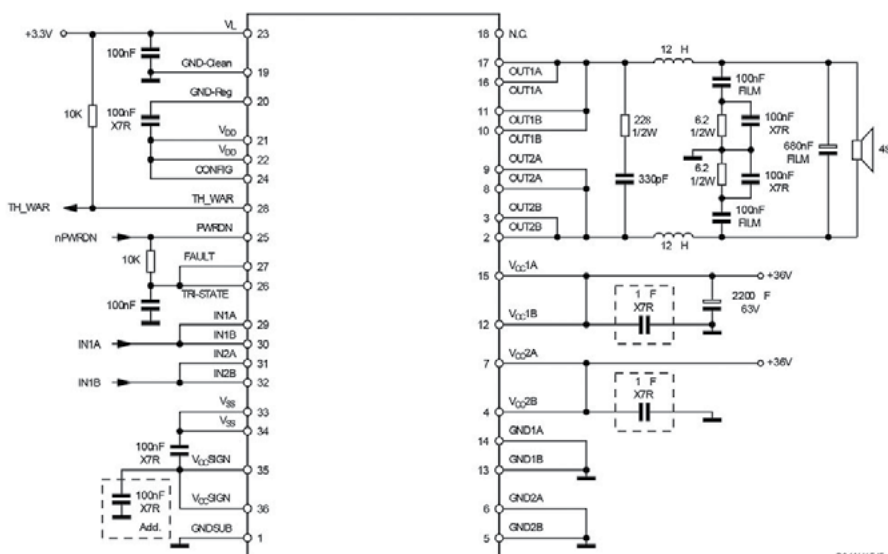
Slika 5: Tipično vezje za avdio aplikacije (dvojni BTL)

Na močnostnih izhodih STA516BE se uporablja pasivni filter drugega reda za rekonstrukcijo analognega avdio signala. Na zmogljivost sistema lahko znatno vpliva zasnova izhodnega filtra in izbira pasivnih komponent. Oblika filtra za obremenitve 6 ali 8 Ω je prikazana v aplikacijskem vezju na sliki 5. Tipično avdio aplikacijsko vezje (dvojni BTL) in za obremenitve 3 ali 4 Ω na sliki 6. Tipična konfiguracija Mono-BTL (PBTL) je prikazana na sliki 7. Tipična konfiguracija štirih polovičnih mostov (Quad Single Ended).

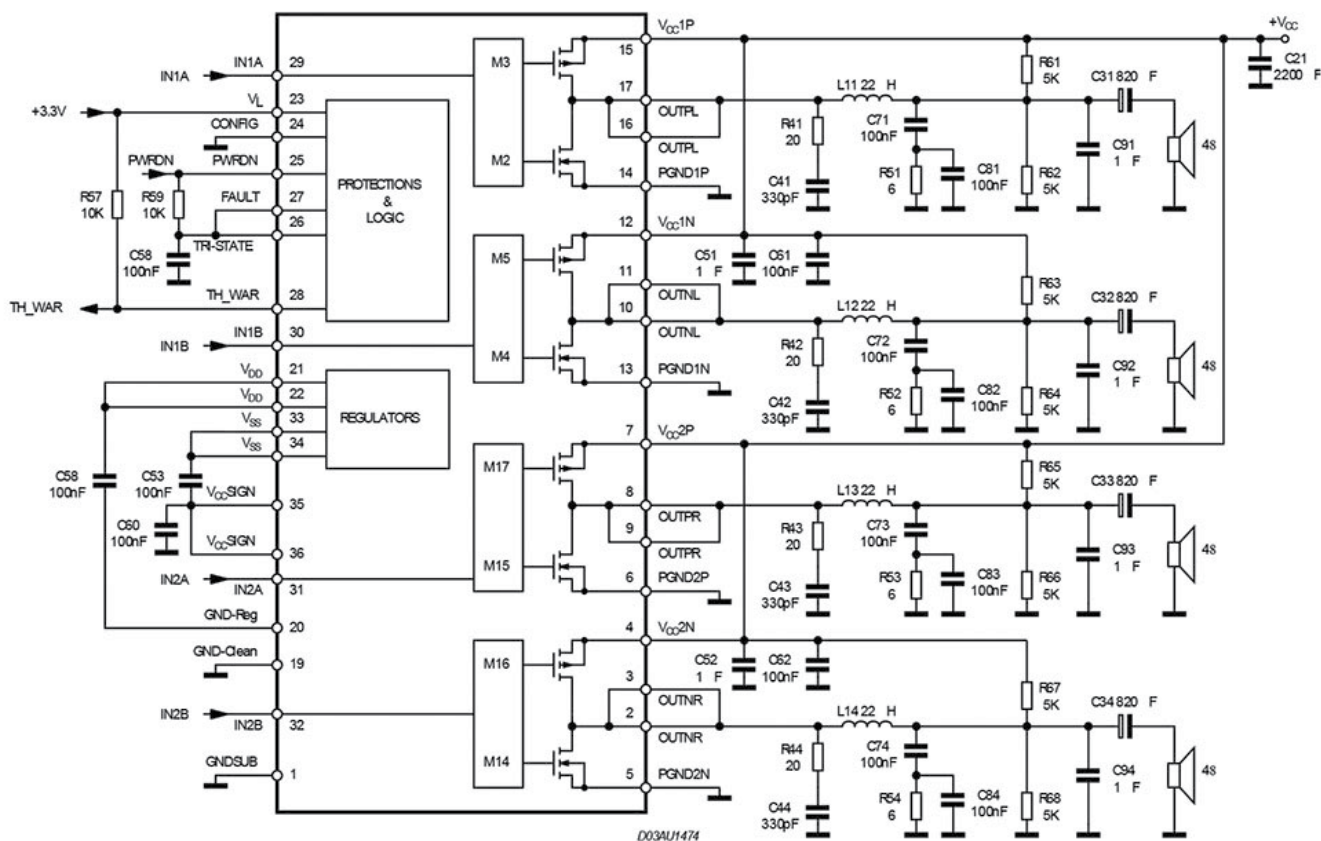
Slika 5. Tipično avdio aplikacijsko vezje (dvojni BTL) prikazuje stereo-BTL konfiguracijo, ki lahko zagotovi 210 W na kanal pri 6 Ω obremenitvi pri 10 % THD z VCC = 52 V. Ta rezultat je bil dosežen z uporabo razvojne plošče STA309A+STA516B.

Slika 6. Tipična konfiguracija Mono-BTL (PBTL) spodaj prikazuje konfiguracijo z enim BTL, ki lahko zagotovi 400 W pri bremenu 3 Ω in pri 10 % THD z VCC = 52 V. STA516BE lahko v konfiguraciji z enim BTL poganja tudi 2 Ω zvočnike in zagotavlja do 280 W na kanal pri 10 % THD z VCC = 37 V.

Slika 7 je tipična konfiguracija štirih polmostov (Quad Single Ended) prikazuje konfiguracijo quad-SE, ki lahko zagotovi 110 W pri bremenu 3 Ω in pri 10 % THD z VCC = 54 V. STA516BE lahko poganja tudi 2 Ω zvočnike v konfiguraciji quad-SE, da



Slika 6: Tipično avdio vezje z vezavo dvojni BTL



Slika 7: Tipična konfiguracija štirih polmostov (Quad Single Ended)

zagotovi do 80 W na kanal pri 10 % THD z VCC = 38 V.

Vse slike in sheme <https://www.st.com>

Vsi rezultati so bili pridobljeni z uporabo razvojne plošče STA309A+STA516B. Upoštevajte, da je za napajanje STA516B potreben PWM modulator kot gonilnik.

Povzeto po:

- <https://www.st.com/en/audio-ics/sta516be.html#overview>

Več informacij o tem zanimivem čipu najdete na: <https://www.st.com>

<https://www.st.com>



KNJIGA ELEKTRONIKA ZA ZAČETNIKE



Oglejte si
VSEBINO!



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

Blokirni kondenzatorji (1. del)

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

Avtor: Izr. prof. dr. Marko Jankovec

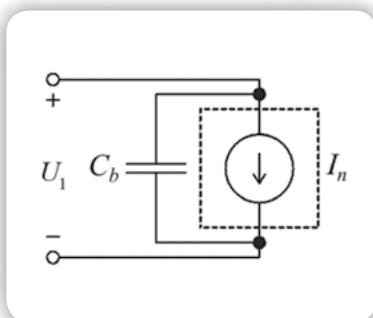
E-mail: marko.jankovec@fe.uni-lj.si

V tem prispevku se bomo lotili ene izmed osnovnih tehnik načrtovanja vezij in sicer blokirnih kondenzatorjev, ki poleg stabilizacije napajalne napetosti komponent v vezju močno vplivajo tudi na elektromagnetno skladnost vezja.

Kaj sploh je tehnika blokiranja? V bistvu je to dodajanje enega ali več kondenzatorjev med napajanje in maso k elementom na tiskanem vezju, ki za svoje delovanje potrebujejo visokofrekvenčne napajalne tokove. Vloga teh kondenzatorjev je dvojna:

- Zmanjšujejo površine zank visokofrekvenčnih tokokrogov, ki bi sicer tekli po celotni dolžini poti od napajalnika do komponente in tako neposredno zmanjšujejo tokovno generirane diferencialnemotnje (glej prispevek v SE 342) in
- skrbijo za stabilno napajalno napetost komponent.

Slika 1 prikazuje osnovni princip delovanja blokirnega kondenzatorja C_b , ki ga postavimo med napajanje in maso čim bližje elementu, katerega napajalni tok I_n je vir motnje.

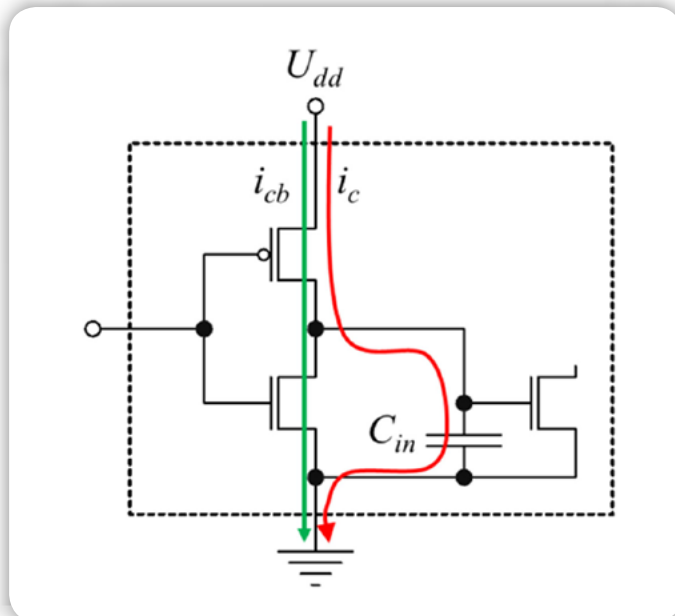


Slika 1: Blokirni kondenzator C_b pri komponenti, ki iz napajanja vleče visokofrekvenčni tok I_n .

A najprej se vprašajmo, katere komponente sploh potrebujejo stabilizacijo napajanja in kakšna je narava njihovih napajalnih tokov? Na splošno poznamo pasivne (upori, kondenzatorji, ...) in aktivne komponente, ki pa se najdejo v diskretni (diode, tranzistorji) ali integrirani obliki (čipi). Čipe pa najbolj na grobo delimo na analogne in digitalne. Vsa vezja v osnovi za svoje delovanje zahtevajo bolj ali manj stabilno napajalno napetost. Pri analognih vezjih je frekvenčna vsebina napajalnega toka v skladu s signali v vezju, medtem kot je napajalni tok digitalnih vezij posledica preklapljanja množice tranzistorjev, ki sestavljajo logične sklope vezja. Še posebej to velja za digitalne čipe, ki vsebujejo na tisoče, milijone ali celo milijarde majhnih tranzistorjev, kot so FPGA, mikroprocesorji, komunikacijski vmesniki, itd. Njihova frekvenčna vsebina se razteza v širokem frekvenčnem področju, ki presega najvišjo frekvenco morebitne ure digitalnega vezja.

Posamezni tranzistorji ob preklapih polnijo in praznijo kapacitivnosti sosednjih tranzistorjev, kamor so povezani (rdeča puščica na sliki 2). Poleg tega pa lahko v času preklopa steče zelo na kratko tok prek obeh tranzistorjev (zelena puščica na sliki 2.)

Poglejmo si, kakšne napajalne tokovne sunke lahko sploh pričakujemo. Privzemimo nek fiktivni primer čipa, ki teče na frekvenci 100 MHz na napajalni napetosti 3,3 V in se omejimo



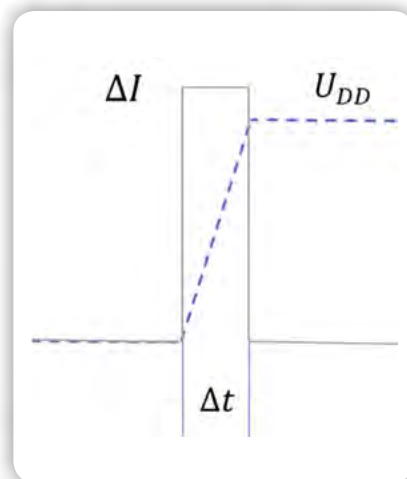
Slika 2: Ob preklapih digitalna vezja za polnjenje vhodnih kapacitivnosti sosednjih vrat C_{in} povzročajo visokofrekvenčne tokovne špice v napajanju.

zgolj na tok polnjenja kondenzatorjev. V enem samem preklupu, ki npr. traja $\Delta t = 3,3 \text{ ns}$ se mora tako za $\Delta U = 3,3 \text{ V}$ napolniti na milijone vrat MOSFET-ov s skupno kapacitivnostjo npr. $C = 1 \text{ nF}$, kar nam da tokovne sunke F1.

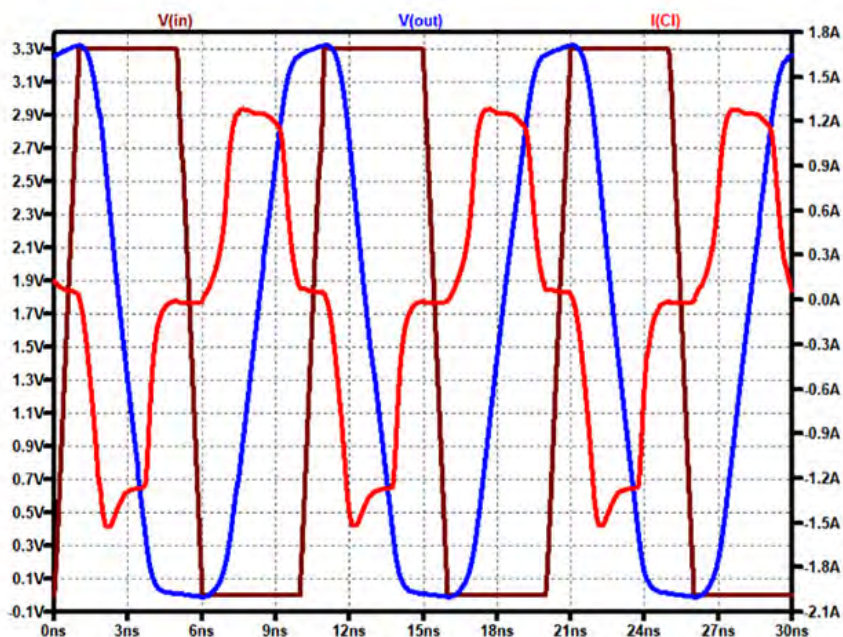
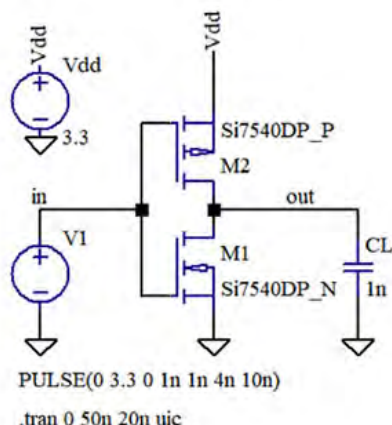
$$\Delta I = C \cdot \frac{\Delta U}{\Delta t} = 10^{-9} \text{ F} \cdot \frac{3,3 \text{ V}}{3,3 \cdot 10^{-9} \text{ s}} = 1 \text{ A}$$

Pri tem smo naredili nekaj predpostavk, kot npr. ta, da je strmina poteka napetosti na kondenzatorju konstantna znotraj časa Δt , kot kaže slika 3. A podobno nam pokažejo tudi rezultati LTspice simulacije na sliki 4.

Seveda nas sedaj zanima, kolikšna je minimalna vrednost blokirnega kondenzatorja C_{min} , ki bo pri



Slika 3: Potek napetosti na kondenzatorjih v času preklopa



Slika 4: LTspice simulacija inverterja iz fiktivnega primera in oblika vhodne (rjava) in izhodne (modra) napetosti ter napajalnega toka (rdeča).

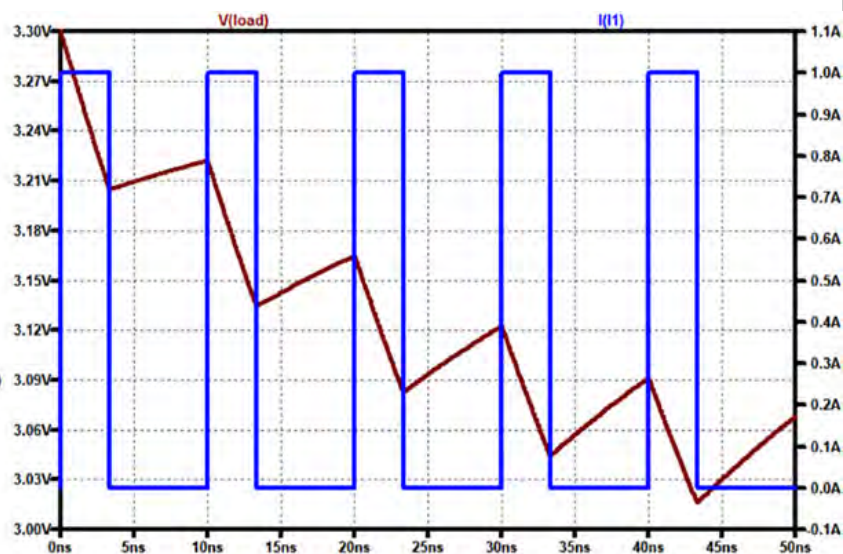
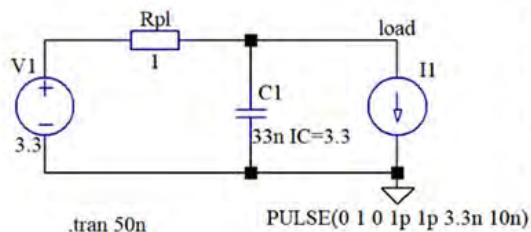
takih tokovnih sunkih lahko zagotavljal stabilno napajanje. Pri tem privzemimo, da kondenzator znotraj časa Δt dovaja s konstantnimi tokovnimi impulzi ΔI ves potreben naboj čipu in da je dovoljen padec napetosti na blokirnem kondenzatorju znotraj enega cikla $\Delta U_{max} = 100\text{mV}$, F2.

$$C_{min} = \frac{\Delta Q}{\Delta U_{max}} = \frac{\Delta I \Delta t}{\Delta U_{max}} = \frac{1\text{A} \cdot 33\text{ns}}{100\text{mV}} = 33\text{nF}$$

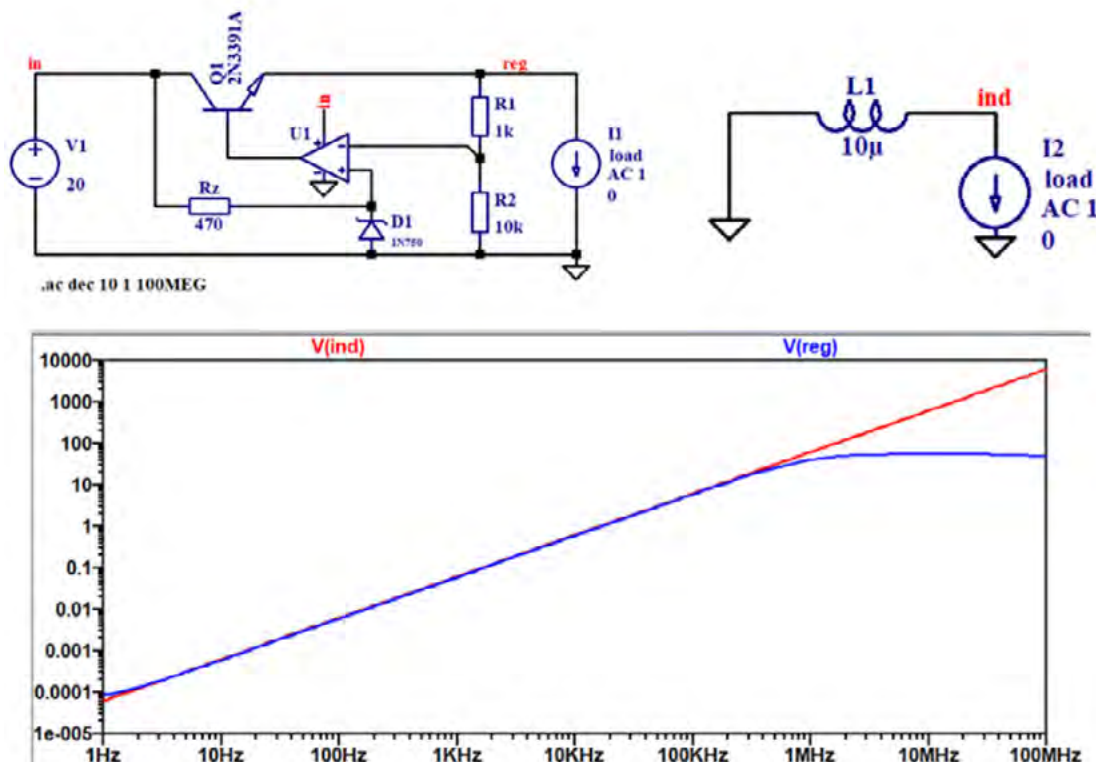
LT spice simulacija na sliki 5 tega fiktivnega primera kaže

podobne rezultate, kjer ob vsakem tokovnem impulzu pade napetost na blokirnem kondenzatorju za približno 100 mV. Vendar pa smo v sami enačbi zanemarili polnjenje kondenzatorja, kar pa smo lahko v sami simulaciji brez težav dodali in sicer se blokirni kondenzator s strani napajalnika polni prek upornosti povezovalne linije, kar se vidi kot povečanje napajalne napetosti v času, ko tok ne teče.

Seveda bi si lahko upornost izmislil ravno takšno, da bi se kondenzator vmes med pulzoma ravno napolnil na izhodiščno vrednost in bi bil problem napajalne napetosti rešen, a prav



Slika 5: LTspice simulacija blokiranja napajanja iz fiktivnega primera in oblika napajalne napetosti (rjava) in toka (modra).

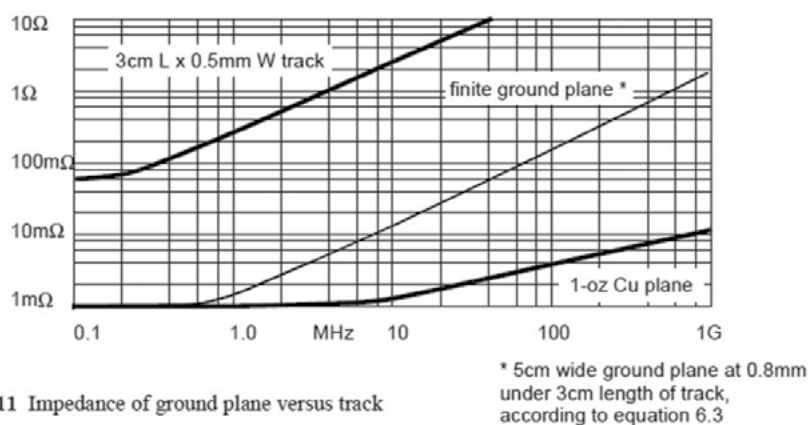


Slika 6: LTspice simulacija enostavnega linearnega regulatorja (zgoraj levo), njegov nadomestni model s tuljavo (zgoraj desno) in spodaj potek impedance obeh modelov.

gotovo bi taka rešitev ostala zgolj na teoretični ravni, v praksi pa se niti ne bi obdržala. Kaj se torej dogaja v praksi? V modeliranju našega fiktivnega primera nismo upoštevali impedance vira napajalne napetosti.

Kakšna pa je pričakovana impedanca napajanja v vezjih? V vezjih za generacijo napajalne napetosti običajno nimamo na voljo kar cele množice raznih baterij, temveč uporabljamo napetostne regulatorje, ki iz enega napajalnega vira generirajo želene napetosti. Vzemimo najbolj enostaven primer napetostnega regulatorja, ki je prikazan na sliki 6 levo. Deluje tako, da napetost izhoda prek povratne vezave primerja z referenco in s tem signalom krmili močnostni tranzistor. Ko se napajalni tok poveča, napetost rahlo pade, kar prek negativne povratne vezave odpre tranzistor. Pri nizkih frekvencah ta povratna vezava deluje dovolj hitro, da uspe stabilizirati izhodno napetost. Ko pa se frekvenca napajalnega toka poveča, pa povratna vezava pa začne fazno zaostajati, kar posledično povzroči povečano izmenično komponento izhodne napetosti. Če pogledamo posledično impedanco, vidimo, da ta s frekvenco raste, kar pomeni, da ima induktivni značaj in se lepo prilega impedanci tuljave z induktivnostjo 10 µH (slika 6 desno).

Napetostni regulatorji v vezjih se torej obnašajo kot zaporedna vezana induktivnost, pri čemer ji dodamo še upornost in induktivnost povezave na tiskanem vezju.



Slika 7: Impedanca linije ali bakrenih površin dveh različnih velikosti izraža upornost in induktivnost (povzeto iz WILLIAMS, T. (2001). EMC for Product Designers (3rd ed.))

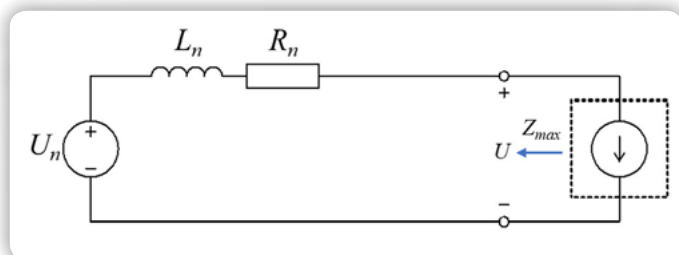
Slika 7 prikazuje potek impedance linije dolžine 3 cm in širine 0,5 mm v primerjavi s 5x5 cm veliko površino mase in neskončno površino mase. Vsi trije primeri kažejo uporovni značaj pri nizkih frekvencah, kjer pa hitro z višanjem frekvence prevlada induktivni značaj. Omenjena linija ustreza vrednosti nekje 6 nH/cm, medtem ko imajo velike površine mase impedanco za več razredov velikosti nižje. Impedanco napajalnih virov v vezjih torej modeliramo kot zaporedno vezane upornost in induktivnost vira in povezave na tiskanem vezju, kot kaže slika 8. Kako pa upoštevati to impedanco napetostnega vira pri dimenzioniranju blokirnega kondenzatorja?

V osnovi želimo zagotoviti impedanco dovolj nizko v dovolj širokem frekvenčnem področju, kar dosežemo z blokirnimi

kondenzatorjem, kateremu impedanca pada z višanjem frekvence. Kolikšna pa naj bi bila maksimalna impedanca napajalnega vezja, pri katerem bi čip še nemoteno delal? Približno jo lahko določimo tako, da delimo maksimalno dovoljeno nihanje napetost z amplitudo tokovnih sunkov, ki jih v napajalno povzroča čip F3.

$$Z_{max} = \frac{\Delta U_{max}}{\Delta I_{max}} = \frac{100mV}{1A} = 100m\Omega$$

Za konec tega prispevka določimo vrednost blokirnega kondenzatorja z upoštevanjem impedanca napajanja. Privzemimo spet fiktivni primer, da imamo idealni napetostni vir in povezavo na tiskanem vezju z induktivnostjo 100 nH in upornostjo



Slika 8: Model impedance napajalnega vezja, kamor je priključen čip

10 mΩ. Taka linija doseže mejo maksimalne impedance že pri frekvenci ω_p F4.

$$\omega_p L_n = Z_{max} \rightarrow \omega_p = \frac{Z_{max}}{L_n} \rightarrow f_p = \frac{0,1\Omega}{2\pi 10^{-7}H} = 159kHz$$

In npr. pri tisti frekvenci si želimo, da bi impedanca blokirnega kondenzatorja že prevladala in jo znižala. Torej izberemo kapacitivnost tako, da bo pri frekvenci ω_p impedanca kondenzatorja tudi enaka Z_{max} F5.

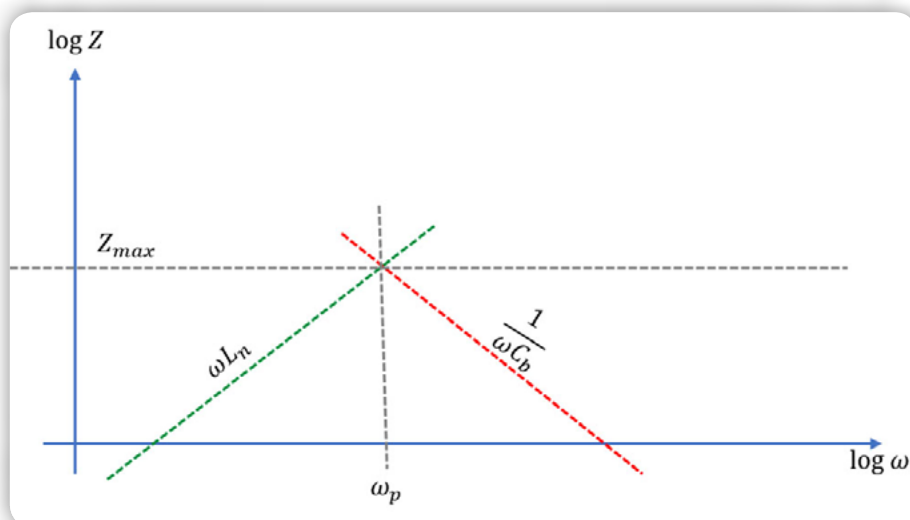
$$\frac{1}{\omega_p C_p} = Z_{max} \rightarrow C_p = \frac{1}{\omega_p Z_{max}}$$

Če obe enačbi združimo, dobimo izraz za kapacitivnost blokirnega kondenzatorja F6.

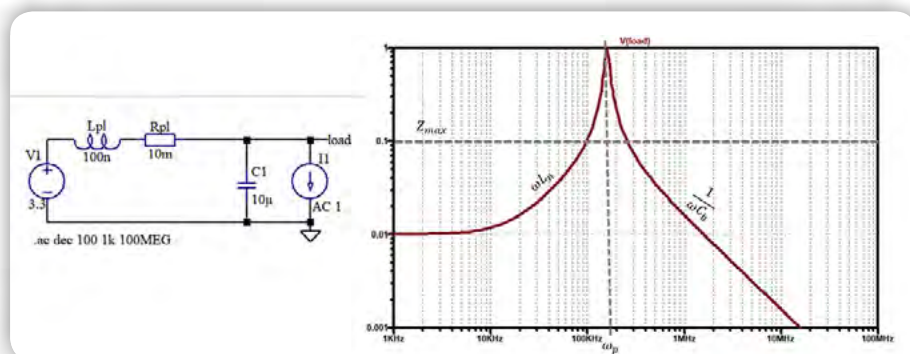
$$C_p = \frac{1}{\frac{Z_{max}}{L_n} Z_{max}} = \frac{L_n}{Z_{max}^2}$$

V našem primeru dobimo F7.

$$C_p = \frac{L_n}{Z_{max}^2} = \frac{10^{-7}H}{(0,1\Omega)^2} = 10\mu F$$



Slika 9: Gradnja impedance napajanja z dodanim blokirnim kondenzatorjem.



Slika 10: Simulacija impedance napajanja z dodanim blokirnim kondenzatorjem.

Celoten potek impedance je prikazan na sliki 9. Pri nizkih frekvencah impedanca raste zaradi induktivnega značaja, pri frekvencah nad ω_p pa prevlada impedanca blokirnega kondenzatorja. Kako pa se ti dve impedanci seštejeta v resonanci? Tukaj pa je odvisno od kvalitete nihajnega kroga, ki ga sestavljata induktivnost napajalne povezave in kapacitivnost blokirnega kondenzatorja, kajti pri frekvenci ω_p imamo ob izbranih vrednostih induktivnosti in kapacitivnosti resonanco paralelnega nihajnega kroga F8.

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

Kako bi izgledala, si pogledjmo kar v LTspice simulaciji na sliki 10. Vidimo, da ob dodatku idealnega blokirnega kondenzatorja vzporedno s induktivnostjo napajanja z zelo nizko serijsko upornostjo nastane kvaliteten paralelni nihajni krog z zelo izrazito paralelno resonanco, ki izdatno presega zadano maksimalno vrednost impedance napajanja.

Kaj to pomeni v praksi in kako se tega problema lotimo, pa v prispevku v naslednji reviji.

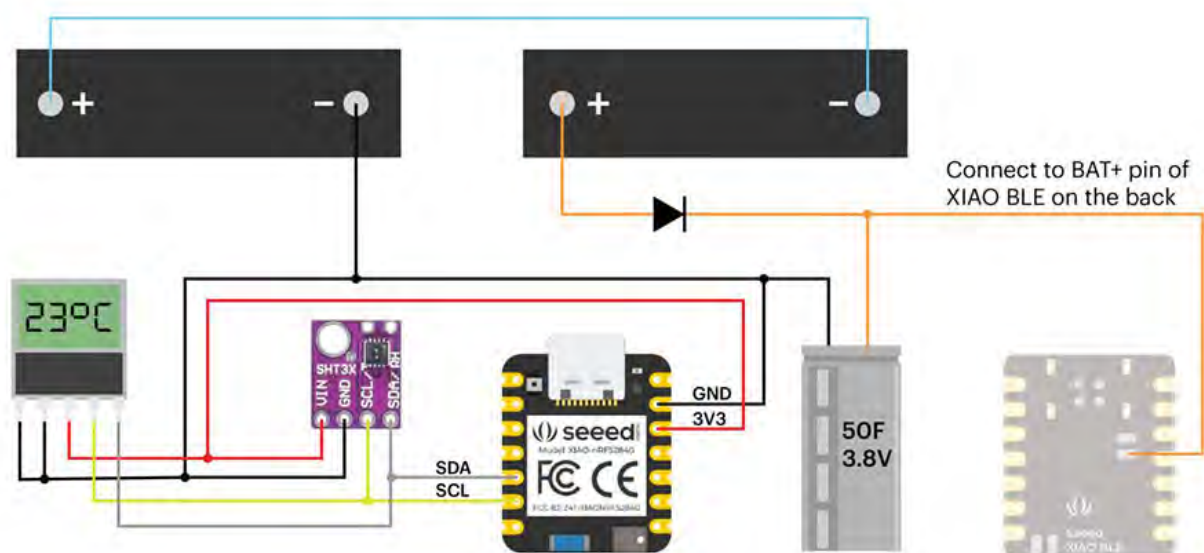
<https://fe.uni-lj.si>



BLE satelit

Avtor: Mohit Bhoite

V preteklosti sem že izdelal »satelite« za spremljanje temperature na sončno energijo z ATtiny mikrokontrolerji [1], vendar sem želel izdelati satelit z vgrajenim radijem.



Slika 1: Električna shema vezja

Ko sem naletel na razvojno ploščo XIAO nRF52840 [2] podjetja Seeed Studio, sem vedel, da sem našel idealnega kandidata. Ima celo vgrajen LDO in polnilnik baterij! Ta plošča je zgrajena okoli SoC nRF52840 podjetja Nordic Semi, ki ga dobro poznam, saj ga uporablja vsa strojna oprema Particle Gen3 [3].

Kaj potrebujemo

- Razvojna plošča XIAO nRF52840 podjetja Seeed Studio. Za to sestavo ne potrebujete dražje različice »BLE Sense«.
- Hibridni superkondenzator Eaton 50F, 3,8 V [4]
- 2 sončni celici SM141K04LV [5]
- LCD modul [6]
- 0,5 mm² bakrena žica
- Plošča za senzor SHT31 [7]
- Dioda 1N4148 ali katerakoli majhna usmerniška dioda

Električna shema

Električna shema je enostavna in jo vidite na sliki 1.

LCD zaslon

Ta majhen LCD modul sem našel, ko sem iskal majhne LCD zaslone z vgrajenimi I2C krmilniki. Te zaslone je presenetljivo težko najti! Tisti, ki jih najdeš, so ponavadi preveliki, majhni pa nimajo vgrajenega krmilnika. Ta je torej edinstvena najdba!

Ima vgrajen LCD krmilnik PCF8576C, ki komunicira prek I2C. Več o njem lahko najdeš tukaj [8].



Slika 2: I2C LCD zaslon

Senzor

Naredil sem majhno razširitevno ploščo za senzor temperature in vlažnosti SHT31. Za ta senzor lahko uporabite druge serijske razvojne plošče, kot je prikazano zgoraj, ali pa uporabite povsem drug senzor, na primer BME280.



Slika 3: SHT31 senzor

Napajanje

XIAO ima vgrajen polnilnik baterij (BQ25101), katerega kontakti so izpostavljeni na spodnji strani plošče. Superkondenzator sem preprosto priključil na te kontakte. Sončne celice so priključene v serijo in kondenzator polnijo neposredno prek diode za zaščito pred obratno polariteto. Uporabil sem 1N4148, vendar lahko tukaj uporabite katero koli majhno signalno diodo. Če te sončne celice niso na voljo, jih lahko nadomestite z drugimi, ki so v istem napetostnem območju. Lahko jih povežete v serijo ali vzporedno, da dobite skupno napetost, ki je blizu maksimalni napetosti superkondenzatorja.



Slika 4: Komponente napajanja vezja

Če se poglobite, boste opazili, da vsaka sončna celica proizvaja maksimalno približno 2,23 V. Torej bi dve celici v seriji proizvedli 4,46 V, kar je za superkondenzator nekoliko previsoka napetost. Tu se zanašamo na padec napetosti diode v seriji, ki je približno 0,6 V. Superkondenzator tako prejme le približno 3,86 V. Po mojih opazovanjih ta napetost nikoli ni dosegla tako visoke vrednosti. To očitno ni najbolj učinkovit način polnjenja superkondenzatorja. Padec napetosti diode se spreminja s tokom in temperaturo. Idealno bi bilo za polnjenje superkondenzatorja uporabiti napravo za pridobivanje energije ali MPPT krmilnik, vendar za naše namene in cilje dioda zadostuje. V prihodnjih revizijah nameravam uporabiti ploščo za zajemanje energije, da bo celoten sistem učinkovitejši in varnejši. Morda bom uporabil sončni zbiralnik AEM10941 [8] od E-peas ali SPV1050 [9] od ST Micro.

Upoštevajte, da čeprav je superkondenzator priključen na baterijski priključek XIAO, ga ne smete uporabljati za polnjenje

kondenzatorja, saj bi bila napetost previsoka. Polnilnik baterije je nastavljen na polnjenje pri 4,2 V, vendar je največja napetost za superkondenzator 3,8 V. Izpostavljanje višji napetosti ga bo uničilo.

Previdnost

Z superkondenzatorjem morate biti previdni, saj lahko v primeru kratkega stika sprostijo do 9 amperov. To pomeni, da se lahko grdo opečete ali v najslabšem primeru pride do termičnega bega. Napetost je sicer varna za dotik in delo z njo, in zanesljivo vas ne bo stresla.

Programska oprema

Firmware je modificirana različica primera BLE beacon od Adafruit [10]. V bistvu napolnimo BLE beacon z meritvami temperature in vlažnosti. Na ta način satelit nikoli ne potrebuje »povezave« z gostiteljsko napravo, ampak preprosto prenaša signal, ki je na voljo vsem napravam, ki ga sprejemajo. Naprava porabi povprečno 100 uA toka. Menim, da obstaja možnost za nadaljnjo optimizacijo, vendar se s tem še nisem podrobneje ukvarjal.

Celotna izvorna koda za ta projekt je na voljo na strani GitHub projekta [11].

Na spletni strani Seeed Studio [12] si preberite, kako nastaviti Arduino IDE za delo z XIAO.

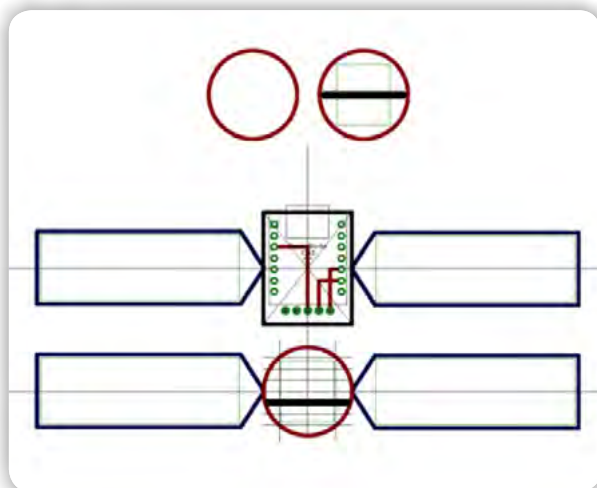
Izdelava

Kot vedno začnem izdelavo tako, da najprej sestavim celotno vezje na testni plošči. Ko vse deluje pravilno in sem optimiziral porabo energije, preidem na naslednji korak, to je dejansko izdelavo.



Slika 5: Testna plošča

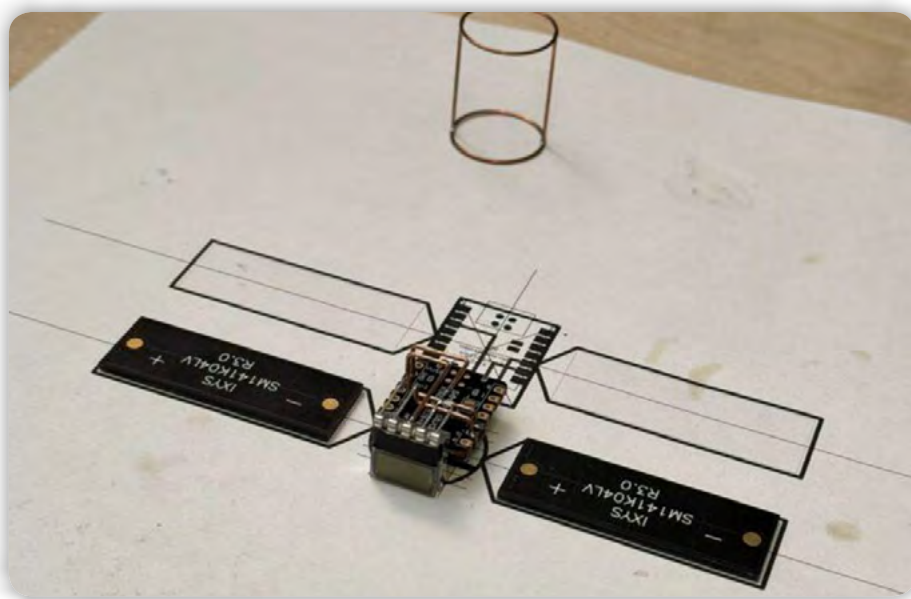
Okrvir je izdelan iz 0,5 mm² bakrene žice, vendar lahko uporabite tudi medenino. Posnel sem kratek video o tem, kako



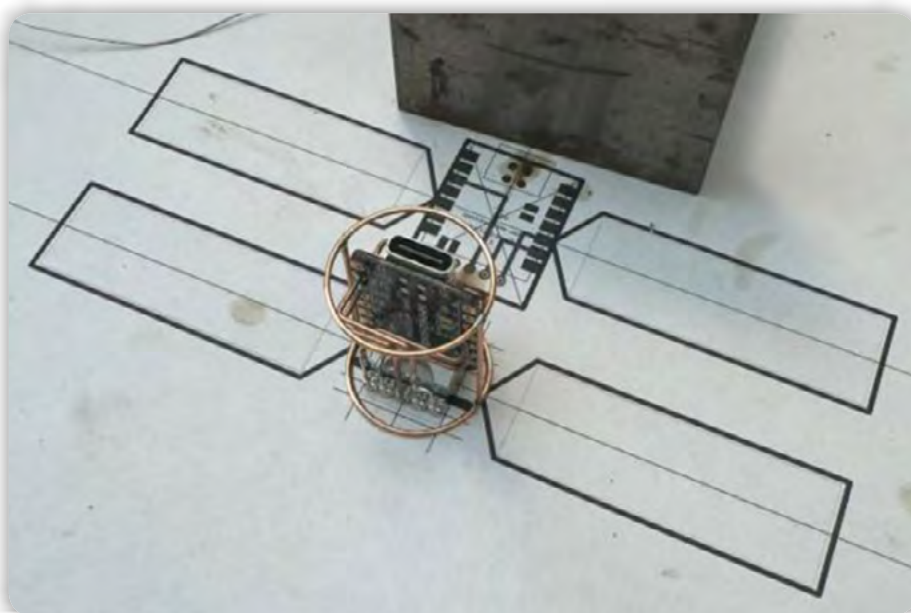
Slika 6: Predlog vezave bakrenih žic

lahko medenino ali bakreno žico spremenite v ravno palico. Za lažjo izdelavo sem z Autodesk Eagle oblikoval predlogo v merilu 1:1. Za upogibanje palic uporabljam klešče z ravnimi konicami, za rezanje na želeno dolžino pa diagonalne škarje. Okvir je povezan z mrežo GND, zato je usmerjanje veliko lažje. Za vodenje celotne izdelave sem uporabil šablono, natisnjeno na papir. PDF-različico šablone lahko prenesete tukaj [13].

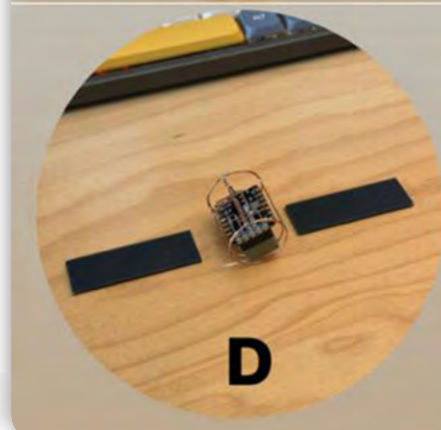
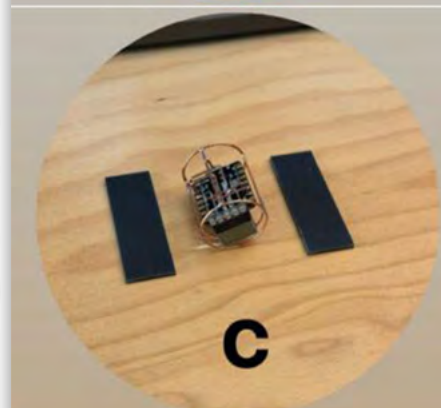
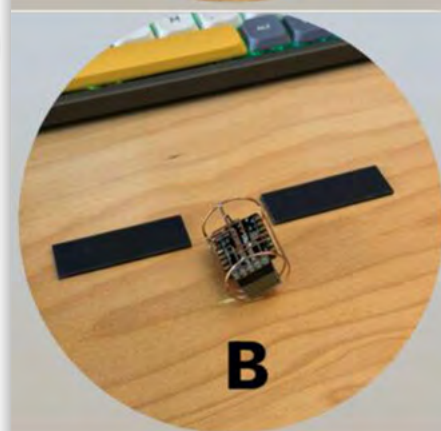
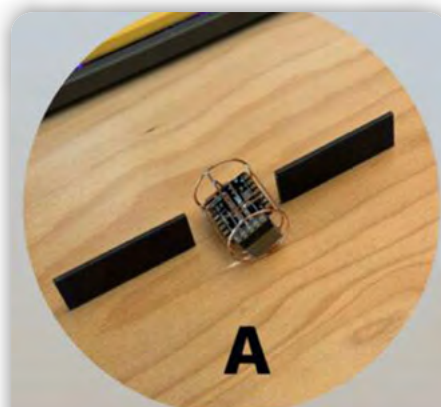
To je bilo prvič, da sem v svoji konstrukciji poskusil uporabiti krožne upogibe. Izkazalo se je, da je bilo veliko lažje, kot sem mislil



Slika 7: Spajkanje bakrenih žic



Slika 8: Sestavljanje



Slika 9: Možnosti postavljanja sončnih celic



Slika 10: Spajkanje krmilnega modula

(brez besedne igre). Bakreno žico sem nekajkrat ovil okoli baterije 18650 in jo nato razrezal na več obročev. (Preden spajkate konce obročev, se prepričajte, da so obroči ploski.) Obroč sem poravnal s ploskim kvadratom in spajkal rebra. To sem ponovil na drugi strani, da sem oblikoval majhno cevasto strukturo. To postane glavni del satelita.

Če imate težave pri spajkanju na baker, ga predhodno poskusite polirati z jekleno volno, da odstranite morebitno oksidacijo površine. Na spoj nanosite zadostno količino fluksa, da se spajka dobro navlaži. Spajkalnik nastavim na približno 380 °C. Baker je zelo dober prevodnik toplote, zato morate biti pri spajkanju hitri, sicer se bodo sosednji spoji začeli taliti.

Preizkusil sem nekaj razporeditev sončnih celic in se na koncu odločil za možnost B. Odločil sem se, da ne bom dodajal dodatnih okvirjev okoli sončnih celic, da bo izgled bolj čist. Lahko poskusite eno od drugih možnosti ali pa nekaj povsem drugečnega!

Hitri preizkus delovanja, preden sem nadaljeval s spajkanjem sončnih celic in superkondenzatorja.

Okoli pozitivnega pola superkondenzatorja sem dodal toplotno skrčljivo božirko, da bi preprečil možnost naključnega kratkega stika med spajkanjem. Dodal sem tudi 0,1 uF blokirni



Slika 11: Hitri preizkus delovanja

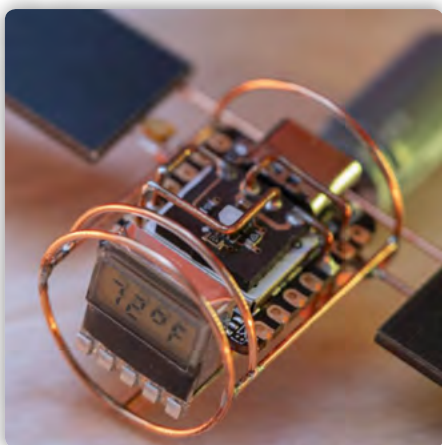
kondenzator (rumena komponenta na fotografiji) med pozitivnim polom sončnega panela in GND za dodatno strukturno podporo.

Viri:

- 1: <https://www.bhoite.com/sculptures/satellite-2202/>
- 2: https://wiki.seeedstudio.com/XIAO_BLE/
- 3: <https://www.particle.io/>
- 4: <https://www.digikey.com/en/products/detail/eaton-electronics-division/HSL1020-3R8506-R/12179232>
- 5: <https://www.digikey.com/en/products/detail/anysolar-ltd/SM141K04LV/9990461>
- 6: <https://www.ebay.com/itm/284843842249>
- 7: <https://amzn.to/3ROGlnI>
- 8: <https://e-peas.com/product/aem10941/>
- 9: <https://www.st.com/en/power-management/spv1050.html>
- 10: <https://learn.adafruit.com/introducing-the-adafruit-nrf52840-feather/advertising-beacon>
- 11: <https://github.com/mohitbhoite/ble-satellite/tree/main>
- 12: https://wiki.seeedstudio.com/XIAO_BLE/#software-setup
- 13: <https://www.bhoite.com/wp-content/uploads/2023/01/satellite-xiao-ble.pdf>

Povzeto po:

- » <https://bhoite.com/sculptures/ble-satellite>



Slika 12: Sestavljen modul brez zaščitne božirke



Slika 13: Pogled na sestavljen modul



Slika 14: Sestavljen modul

Raspberry Pi 500+ za razvijalce in domačo pisarno

Avtor: dr. Simon Vavpotič

e-mail: simon.vavpotic@gmail.com

Plus ni kar tako, saj Raspberry Pi 500+ v marsičem preseže vse predhodnike. Odličen je tudi za številne domače projekte, saj nima le 40-polne razširitvene vtičnice, ampak lahko nanj namestimo številna razvojna okolja za programiranje in razvoj (domače) elektronike.

Najprej opazimo v primerjavi z Raspberry Pi 500 razkošno barvno osvetljeno tipkovnico na klik, ki je nima niti večina klasičnih PC-jev. Čeprav bi kdo pomislil, da je uporabna samo za igranje računalniških iger, pride še kako prav tudi v slabo osvetljenih prostorih (npr. na terenu). Ohišje računalnika vseeno ni dosti večje, kot predhodnikovo, le nekoliko daljše je. Za lažje pisanje daljših besedil je nekaj dodatnih tipk na desnem robu tipkovnice. Glave večine tipk lahko izmenjujemo s priloženim orodjem, saj so vse, razen peščice kontrolnih tipk (Return, Ctrl, Alt, Alt Gr, Shift itn.), enake oblike. Tako po potrebi v trenutku zamenjamo glavi tipk Z in Y, kar bi si pogosto želeli tudi pri klasičnem PC.

Razlogov, zakaj je Raspberry Pi okvirno ceno za petstotico (brez trgovske marže in ostalih stroškov) postavil na 120 USD, ceno za petstotico s plusom pa kar na 200 USD, je več: dvakrat večji RAM s 16 GB, ki spodoben celo za nov klasični PC, barvno osvetljena tipkovnica na klik in serijsko vgrajeni pogon SSD z 256 GB.

Razdiranje ohišja in dograjevanje zdaj dovoljeno!

Raspberry Pi 500+ smemo v primerjavi z njegovim predhodnikom tudi odpreti in preurediti njegovo notranjost, pri čemer si lahko pomagamo s priloženim plastičnim dletom, ki ga dobimo v s QR-kodo zapečateni beli papirni vrečki, skupaj z orodjem za snemanje glav tipk. Koda vsebuje naslov spletne strani, s katere lahko prenesemo navodila za razdiranje ohišja in menjanje glav tipk.



Slika 1: Raspberry Pi 500+ (zgoraj) in Raspberry Pi 500 (spodaj)

Razdiranje ohišja je v primerjavi z Raspberry Pi 500 skoraj smešno enostavno in hitro, saj najprej spodnje strani odvijemo iz kovinskih navojev (ki omogočajo skoraj poljubno-kratno razdiranje), nato pa ločimo tipkovnico od spodnjega dela računalnika in odklopimo trakasti kabel tipkovnice. Podrobnosti si lahko ogledate v videu: <https://youtube.com/watch?v=vahMdhXR5>.



Baterija za uro realnega časa

Čeprav je že v Raspberry Pi 500 (brez plusa) mogoče vgraditi baterijo za uro realnega časa, s tem skoraj zagotovo izgubimo jamstvo, saj se spajkanju ne moremo izogniti. Podrobnosti nameščanja baterije CR2032 si lahko ogledate v videu: <https://youtube.com/watch?v=o8OjwexNiWE>, lahko pa namesto tega vgradite tudi (originalno) polnilno baterijo: <https://youtube.com/watch?v=6Pet4aM-vi9M>.



Po drugi strani, je vgradnja polnilne baterije v Raspberry Pi 500+ prav tako enostavna kot v Raspberry Pi 5, saj ima ta prispajkan ustrezen konektor in miniaturni 75-ohmski upor, ki pri petstotici manjkata. Po razdiranju ohišja tako originalno polnilno baterijo zgolj priklopimo in zanjo poiščemo ustrezen prostor tako, da se izognemo vgrajenemu SSD.

NVMe SSD in druge vgradne PCIe naprave

Ko smo že pri SSD, povejmo še, da je mogoče namesto originalnega vgraditi tudi veliko zmogljivejšega s kapaciteto nekaj TB, kar je povsem primerljivo s klasičnimi PC. V vgrajeni priključek PCIe M.2 lahko namesto SSD vtaknemo tudi drugo združljivo napravo PCIe, denimo pretvornik na priključek PCIe x16, v kakršnega lahko vtaknemo sodobno grafično kartico.

Vendar odsvetujem, saj je za Raspberry Pi programska podpora za različne grafične kartice Intelja, NVIDIA in AMD šele v nastajanju, zato je malo verjetno, da bomo z izplemom zadovoljni. Zmogljivo grafično kartico si je bolje omisliti za klasični PC. Povejmo še, da lahko prek ustreznega vmesnika iz USB 3.0 na PCIe M.2 še vseeno povežemo tudi pogon SSD, četudi smo notranji PCIe M.2 priključek porabili za kaj drugega. Bo pa v tem primeru prenos podatkov malo manj kot dvakrat počasnejši (okoli 500 MB/s namesto okoli 983 MB/s).

Razvojna programska oprema in domača pisarna

Zato na Raspberry Pi 500+ brez težav namestimo tudi programske pakete za dizajniranje in načrtovanje tiskanih vezij kot sta KiCAD in FreeCAD pa tudi okolja za razvoj programske opreme, kot so popularni Visual Studio Code, Arduino IDE 2, Thonny, ESP IDF, ... Programiranje enostavnih naprav, kot so ESP32 in Arduino moduli in razvojne plošče lahko izvedemo neposredno prek 40-polne razširitvene vtičnice, pri čemer ne potrebujemo vmesnika.

Računalnik je obenem dovolj hiter tudi za udobno uporabo zastojne pisarne LibreOffice, ki je večinoma združljiva tudi z Microsoft Office 365 in 2024. Vsebuje enakovredne aplikacije, denimo Writer, ki nadomešča Word, Calc, ki nadomešča Excel in Impress, ki nadomešča Power Point.

Med razvojno programsko opremo lahko štejemo tudi posnemovalnik priljubljenega klobuka Sense Hat s številnimi senzorji, ki ga lahko poslej preizkušamo tudi v navidezni obliki iz programskega okolja Thonny s programskim jezikom Python 3.

Posnemanje operacijskih sistemov

Sorazmerno velik pomnilnik omogoča celo namestitve QEMU okolja, ki omogoča ne le poganjanje navideznih računalnikov, ampak tudi posnemanje drugih računalniških arhitektur, kot sta x64 in x86. Na osnovi QEMU deluje tudi v nadaljevanju omenjeni BVM, ki poenostavlja zaganjanje zadnji različic Windows in drugih operacijskih sistemov.

Navidezne računalnike lahko v QEMU upravljamo prek grafične konzole, ali pa namestimo nadgradnjo, Virtual Machine Manager, s katero lahko parametre delovanja nastavljamo oknih. Več si lahko ogledate v videu: <https://youtu.be/4603ZRIURuU>. Omenimo le še to, da lahko s pomočjo posnemanja brez težav poganjamo prastari Windows XP, ki ni bil nikoli preveden za arhitekturo ARM64, medtem ko na primer Windows 10 za x64 deluje prepočasi.

Po drugi strani, lahko brez posnemanja v novjšem BVM virtualizacijskem okolju spodobno hitro poganjamo tudi Windows 10 in 11 za ARM64 (<https://youtu.be/dqQYE0PnV8>). Lahko pa se namesto tega odločimo za bistveno hitrejšo možnost, njihovo neposredno namestitev na vgrajeni SSD brez razdiranja ohišja, kar si lahko ogledate v naslednjem videu: <https://youtu.be/atFFduSagUg>.

Raspberry Pi OS Trixie

Toda Windows ni edini operacijski sistem, ki bi se ga splačalo posnemati v računalniku s 16 GB RAM. Pred meseci je moja pozornost pritegnil Debian Linux 13 Trixie, ki je šele z oktobrom končno dobil uradno Raspberry Pi-jevo različico, imenovano Raspberry Pi OS Trixie. Da bi ga lahko preizkusil že prej, sicer z originalnim namizjem, sem zvito uporabil BVM virtualizacijsko okolje, tako da se je namesto zadnje produkcijske različice



Slika 2: Barvna tipkovnica

Windows (iz uupdump.net) v navidezni računalnik naložil Debian Linux 13 Trixie kar pod takrat še aktualnim Raspberry Pi OS 12 Bookworm. Zanimivo je, da so pri Raspberry Pi opustili nekatere lastnosti, kot so delno prosojna okna, zaznati pa je bilo tudi veliko novosti, kot je možnosti poganjanja veliko novejše različice zastojne pisarne LibreOffice 25 namesto LibreOffice 7, ki jo lahko poganjamo pod Bookwormom (<https://youtu.be/9rQVHHXaql0>).



Delo z več monitorji je pod Trixijem končno postalo enostavno. Drugi monitor Trixie samodejno zazna in namizje razširi nanj, medtem ko je bilo potrebno Bookworm ponovno zagnati. Trixie ima obenem boljšo podporo za USB naprave. Denimo 4K kamera, ki se je prej lahko predstavila le kot podatkovni pogon, s katerega smo lahko prenesli datoteke s posnetimi videi, v Trixie-ju lahko (tako kot v Windows 11) deluje tudi kot spletna kamera (<https://youtu.be/IClbhVYw46U>).



Doma izdelani dodatki

Če bi mislili, da za v ohišje tipkovnice zaprti Raspberry Pi 500+ ni mogoče izdelati dodatkov, bi se motili. Idej je toliko, da v kratkem sestavku ne bi mogli omeniti vseh tudi, če bi hoteli. Zato omenjamo le najbolj praktične.

Ethernet vmesnik

52Pi U5000 klobuk (stane okoli 40 USD) za Raspberry Pi 5 omogoča dodatna 2,5 GHz Ethernet priključka in ter pretvorbo priključka FFC v M.2, s katerim lahko povežemo SSD pogon, vendar moramo za to žrtvovati oba priključka USB 3.0, ki ju s klobukom z zadnje strani povežemo s priloženo prevezavo.



Slika 3: Menjava glav tipk

Vse skupaj je nekoliko nepraktično, vendar natančna analiza klobuka razkrije, da ga sestavljata neodvisna RTLjeva komunikacijska čipa, ki se napajata vsak iz svojega priključka USB, kar je podobno kot če bi imeli dva USB 3.0 vezana na 2,5 GHz Ethernet obeska. Tudi nekateri obeski uporabljajo isti čip.

52Pi U5000 lahko po navodilih proizvajalca uporabljamo le poveznjenega na Raspberry Pi 5, a se je izkazalo, da ga je mogoče uporabljati tudi kot dva obeska iz USB 3.0 (ali USB 2.0) na 2.5 GBps Ethernet s skoraj katerimkoli računalnikom (klasični PC, Orange Pi 5 Max, MuseBook, Raspberry Pi 500(+)... (https://youtube.com/watch?v=xk71szNDWok).

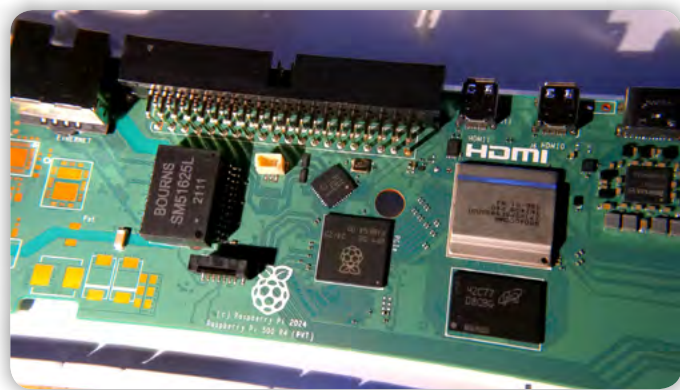
Skratka, zelo uporaben dodatek, še posebej, ko poganjamo Windows 11, ki zaenkrat ne omogoča uporabo v Raspberry Pi 500+ vgrajenega Ethernet krmilnika. Klobuk je tako namesto na Raspberry Pi 5 končal v svojo črni škatlici, ki je z Ethernet kablom prek USB kabla 2.0 ali 3.0 povezan z računalnikom. Ne deluje le priključek M.2 za SSD ali drugo PCIe kartico, ki ga na tak način ni mogoče povezati z računalnikom.

Kabel za napajanje prek 40-polne razširitveni vtičnice

Naslednji, v celoti doma narejen dodatek, je kabel za napajanje prek 40-polnega razširitvenega konektorja, ki pride prav še posebej takrat, ko želimo tudi USB-C vtičnico uporabiti za komunikacijo z drugimi računalniki in računalniškimi napravami (https://youtube.com/watch?v=u3Y71KSS8u8). Ker je USB-C vtičnica namenjena predvsem napajanju, podpira samo standard USB 2.0, prek katerega ob zagonu računalnika iz napajalnika pridobi podatek o tokovni zmogljivosti. Če Raspberry Pi 500+ napajamo iz drugega vira, lahko priključek namesto tega uporabimo za komunikacijo.

V nasprotju z ostalimi štirimi priključki USB (2x USB 2.0 in 2x USB 3.) tipa USB-A, ki lahko delujejo le kot gospodarji vodila, lahko pri USB-C programsko izberemo tudi način delovanja kot USB naprava.

Slednje omogoča na primer neposreden prenos datotek prek



Slika 4: Pogled v notranjost Raspberry Pi 500+ razkrije povsem enako tiskano vezje z drugačno postavitvijo električnih elementov kot pri Raspberry Pi 500.

USB kabla, kot to počnemo s pametnimi telefoni, pa tudi deljenje internetne povezave s pomočjo vrvičenja (angl. tethering). Prek USB-C priključka se lahko Raspberry Pi 500+ prelevi v katerokoli USB napravo, tudi v tipkovnico, kar zna biti še posebej zanimivo pri igranju računalniških iger na klasičnih PC (https://youtube.com/watch?v=tiaPeqvTCys).

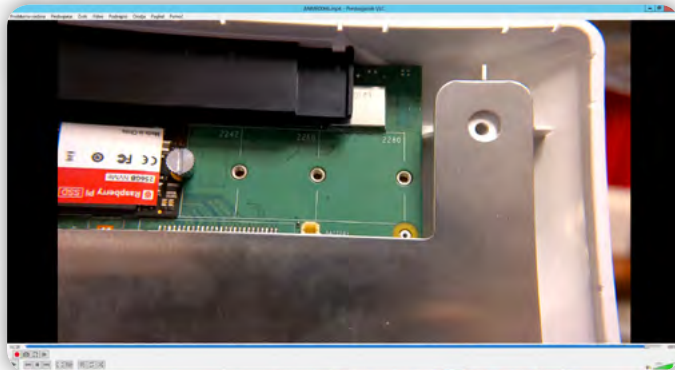
Zvok

Raspberry Pi 500+, prav tako kot njegov predhodnik brez plusa, nima vgrajenega zvočnega čipa z analognimi avdio vhodom/izhodom. Zvok lahko predvaja v monitor (s priključkom HDMI) preko vgrajenih zvočnikov, ali pa preko z njim povezane zvočkovne Bluetooth naprave, kot sta brezžični Bluetooth zvočnik in Bluetooth slušalke.

Kadar vseeno potrebujemo tudi povezavo z analognim mikrofonom ali ojačevalnikom zvoka, si lahko za nekaj evrov omislamo USB zvočno kartico. Priporočam enostavnejšo z enim mono ali stereo zvočnim vhodom in enim stereo zvočnim izhodom, saj ta za svoje delovanje ne potrebuje gonilnikov. Povezati je mogoče tudi več zvočnih kartic in jih z orodjem, kot je Voicemeeter povezati v zmogljivejši navidežno zvočno kartico (https://youtu.be/HIBTf9IAeyw).

Kako se obnese?

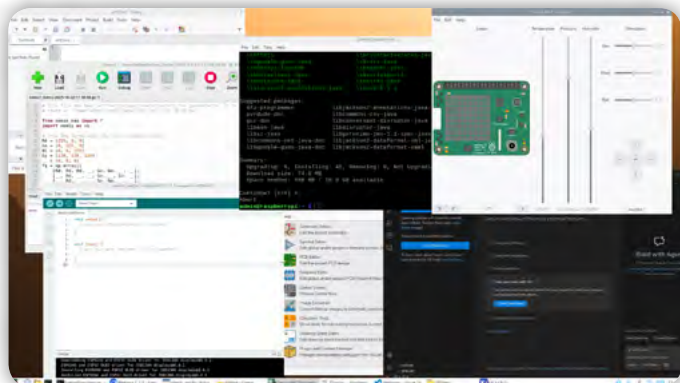
Raspberry Pi 500+ je zmogljivejši od številnih starejših klasičnih PC, v katerih še domujejo diski. Je hiter in odziven pri urejanju in prevajanju programske kode, še posebej za mikrokontrolerje z arhitekturo ARM. Espressif Systemsovo IDF razvojno okolje za programiranje ESP32 modulov je že prevedeno za arhitekturo ARM64, zato deluje prav tako hitro, kot bi na kašnem klasičnem PC. Podobno velja za Visual Studio Code in Arduino IDE 1.x.x in 2.x.x (https://youtu.be/xDgw-NDdktU).



Slika 5: Vgrajeni SSD z 256 GB in beli priključek za polnilno baterijo.

Prednost Raspberry Pi 500+ za razvijalce strojne opreme se kaže predvsem v 40-polnem razširitvenem priključku, s katerim lahko neposredno povežemo vsakovrstno strojno opremo. Za slednje pri klasičnem PC potrebujemo poseben vmesnik, od katerih večino povežemo prek vodila USB 2.0. Večino uporabimo tudi z Raspberry Pi 500+, če nam to bolj ustreza od neposredne povezave z razširitveno vtičnico.

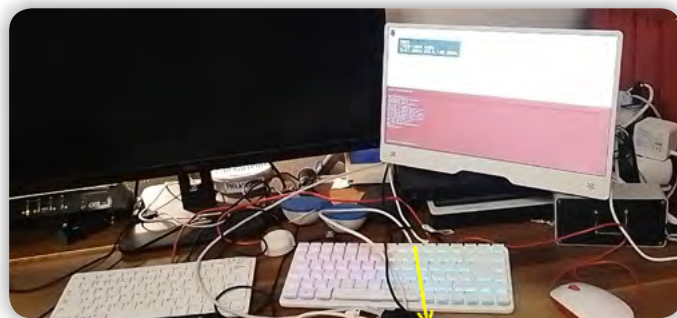
Kljub temu, da sistem v enem čipu, BCM2712, originalno tik-taka pri 2,4 GHz, grafično jedro pa pri 800 MHz, Raspberry Pi 500+ ne potrebuje ventilatorja, saj se hladi prek velike aluminijaste plošče pod tipkovnico, kar je veliko boljše rešitev kot pri veliki procesorski obremenitvi glasen ventilator na hladilnih rebrih hladilnika za Raspberry Pi 5.



Slika 6: Izbor popularnih programerskih in načrtovalskih orodij, ki jih lahko namestimo na Raspberry Pi 500+, a še zdaleč ne vseh.

Bomo dobili tudi Raspberry Pi 500++?

Če Raspberry Pi 500+ v celoti razdremo, opazimo da je tiskano vezje enako kot pri njegovem predhodniku, vendar manjkajo



Slika 7: Raspberry Pi 500+ in vsa periferija, med katero so Raspberry Pi monitor, Raspberry Pi tipkovnica, Raspberry Pi miška, USB zvočna kartica z zvočnikoma, ...

električni elementi sklopa za napajanje iz Ethernet vtičnice, ki ga proizvajalec verjetno ni implementiral predvsem zato, da okvirna cena računalnika ne bi presegla 200 USD.

Po drugi strani, sta v celoti implementirana priključek PCIe M.2 za vgradni SSD, ki ga pri petstotici pogrešamo, in priključek za baterijo ure realnega časa. Dograditev M.2 ali napajanje prek Etherneta bi lahko izvedli le v dobro opremljenem elektrotehničnem laboratoriju, a bi pred tem iz že izdelanih napajanih vezij, ki jih lahko kupimo za Raspberry Pi 5 v obliki klobukov, uganiti manjkajoče elemente.

Sam sem se lotil le vgradnje baterij za uro realnega časa, ki v Raspberry Pi 500 in Raspberry Pi 500+ še danes dobro delujeta...

<https://pcusbprojects.com>

BIOLOGIJA

ASTRONOMIJA

AUTOMOBILIZEM

RAČUNALNIŠTVO

+ mnoge druge tehnološke in naravoslovne tematike!

življenje in tehnika

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

Naročam revijo ŽIVLJENJE IN TEHNIKA

Letna naročnina: 62 €
 Letna naročnina za upokoјence/študente: 55 €
 Polletna naročnina: 32 €
 Polletna naročnina za upokoјence/študente: 28 €

Za uveljavitev popusta nam na e-naslov ali po pošti pošljite kopijo upokoјenske kartice ali potrdila o vpisu.

*Ime in priimek: _____
 *Ulica in hišna št.: _____
 *Poštna št.: _____ *Kraj: _____
 *Telefon: _____ E-pošta: _____
 *Datum: _____ *Podpis: _____

*Izberite knjižno darilo:
☐ Poker ☐ Ledena doba aktivnosti ☐ Iznajdbe in izumi - komunikacije

OB SKLENITVI NAROČNINE
 GRATIS UVOD REVJE
 + KNJIGA PO IZBIRI*

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

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

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

Tehniška založba Slovenije
 p.p. 541
 1001 Ljubljana

www.tzs.si
narocila@tzs.si

MODRA ŠTEVILKA
 080 17 90

NAROČITE SE NA Monitor!

NOVI NAROČNIKI
DOBIJO DARILO*:



BREŽŽIČNA
MIŠKA
**CANYON
MW-19**

ALI

SLUŠALKE
**CANYON
HSC-1**



POSEBNA PONUDBA VELJA DO 27. JANUARJA 2026.

Kako do naročnine?
Obiščite (www.monitor.si/naroci),
pišite (narocnine@monitor.si)
ali pokličite na telefon 01/230-6530.

Monitor: zabavna elektronika / računalništvo / nove tehnologije

* Popusti veljajo za fizične osebe. Cena tiskane revije Monitor v prodaji na drobno znaša 5,99 €, kar vključuje DDV. Na leto izide 11 števil Monitorja ter dve tematski številki. Letne naročnine za fizične osebe v tej naročniški akciji znašajo:
TISKANI Monitor: 13 izvodov (redna cena: 77,87 €) - 20 % popusta za fizične osebe: **62,30 €** (+/po želji 22,80 € z dodatkom za spletni dostop)
DIGITALNI Monitor: 13 izvodov (redna cena: 65,00 €) - 20 % popusta za fizične osebe: **52,00 €** *

Monitor
www.monitor.si

Darili je prispevalo podjetje Notesniki.si.

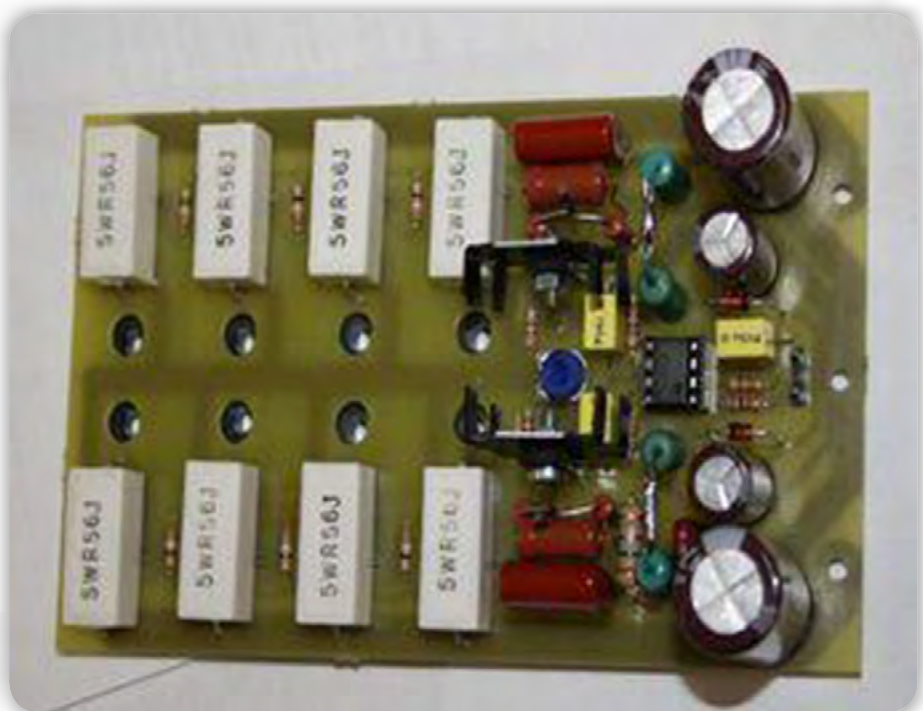
IRFP240 IRFP9240 MOSFET 400W ojačevalnik

Kljub navidezni preprostosti je ta ojačevalnik pokazal odlične parametre, zaradi česar ga lahko brez težav uvrstimo med Hi-Fi opremo.

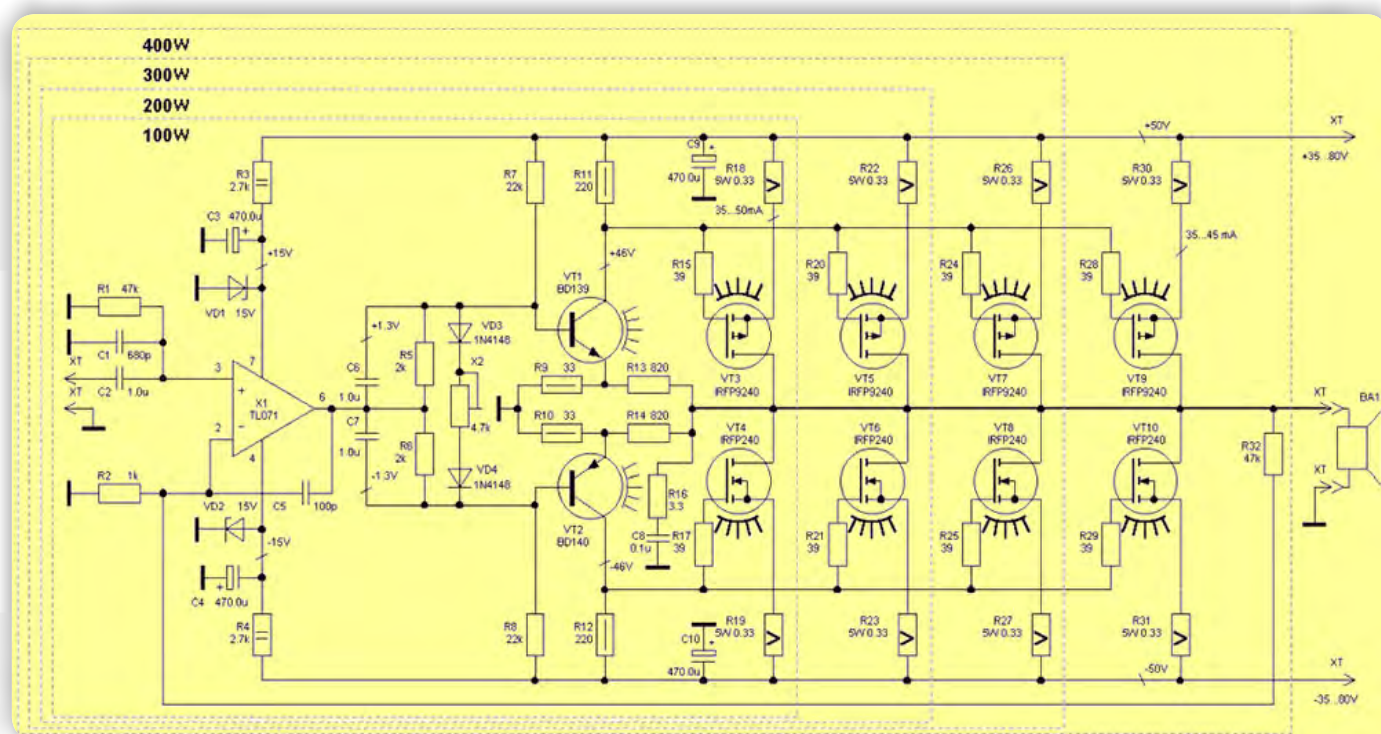
Ojačevalnik ki ima zelo prijeten zvok, je bil patentiran v osemdesetih letih. Od takrat se je osnova elementov precej spremenila in omogočila poenostavitev vezja, pri čemer je bila ohranjena sama ideja in dosežene najboljše lastnosti brez ogrožanja zanesljivosti.

Vezje celotne serije teh ojačevalnikov je skoraj enako, razlikujejo se le v številu izhodnih tranzistorjev – v različici MOSFET-100W se uporablja en par, v različici MOSFET-400W pa 4 pari.

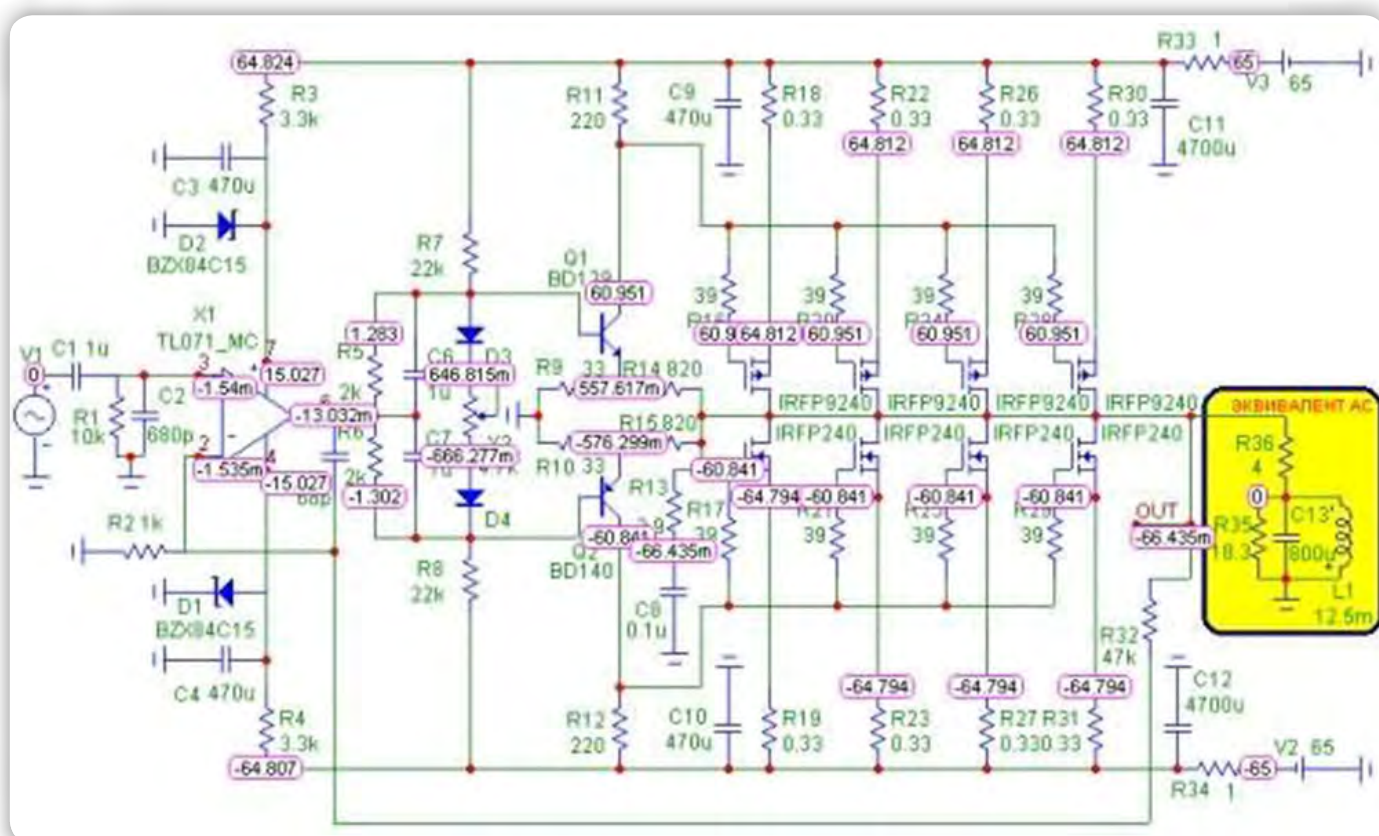
Vezje ima vhodni napetostni ojačevalnik, izdelan z operacijskim ojačevalnikom TL071, in dvofazni push-pull močnostni ojačevalnik. Vezje izhodne stopnje je konstruirano tako, da gre v resnici za dva neodvisna ojačevalnika – za pozitivno polvalovno komponento zvočnega signala (VT1 – gonilnik, VT3, VT5, VT7, VT9 – izhodni tranzistorji) in za negativno polvalovno komponento



Slika 1: Fotografija ojačevalnika



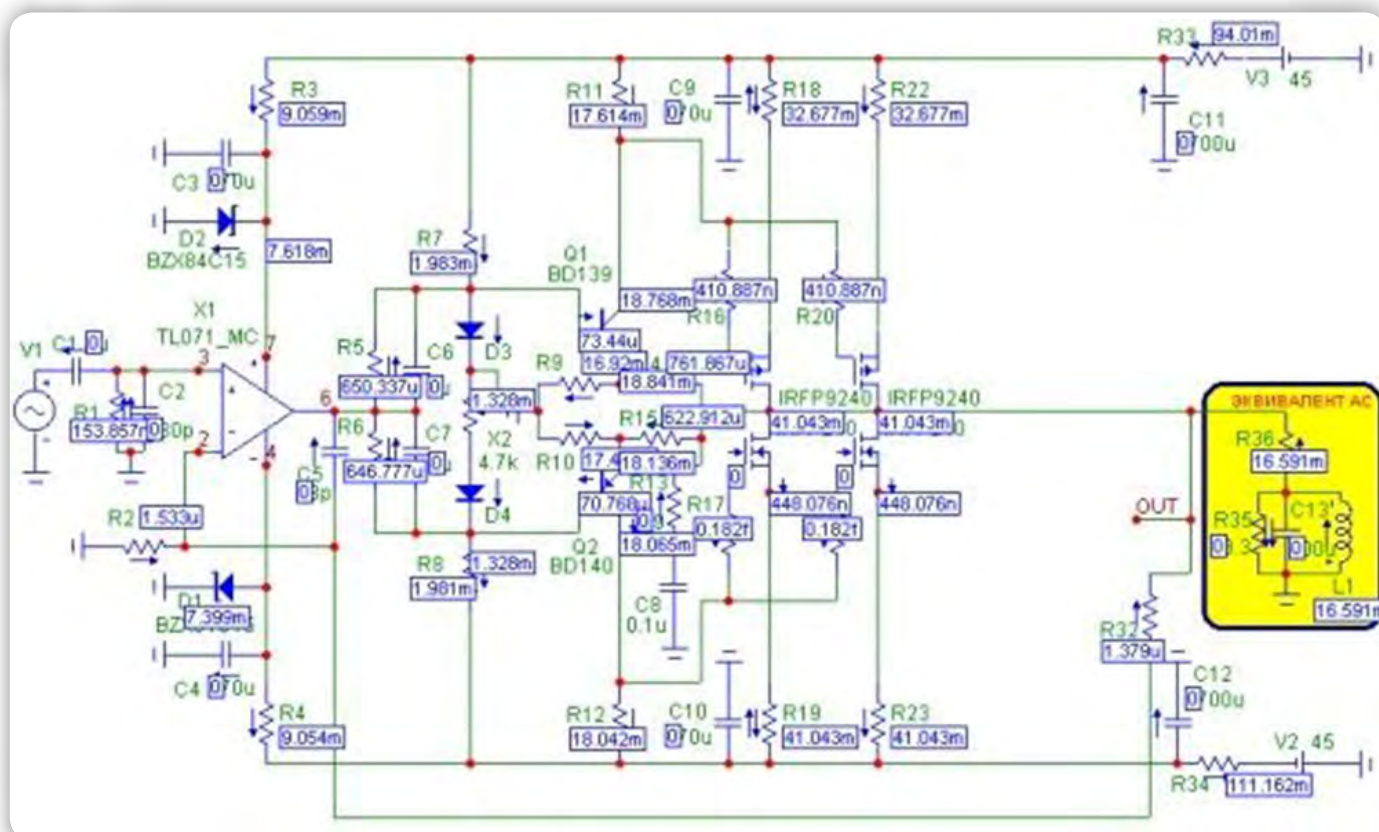
Slika 2: Električna shema ojačevalnika



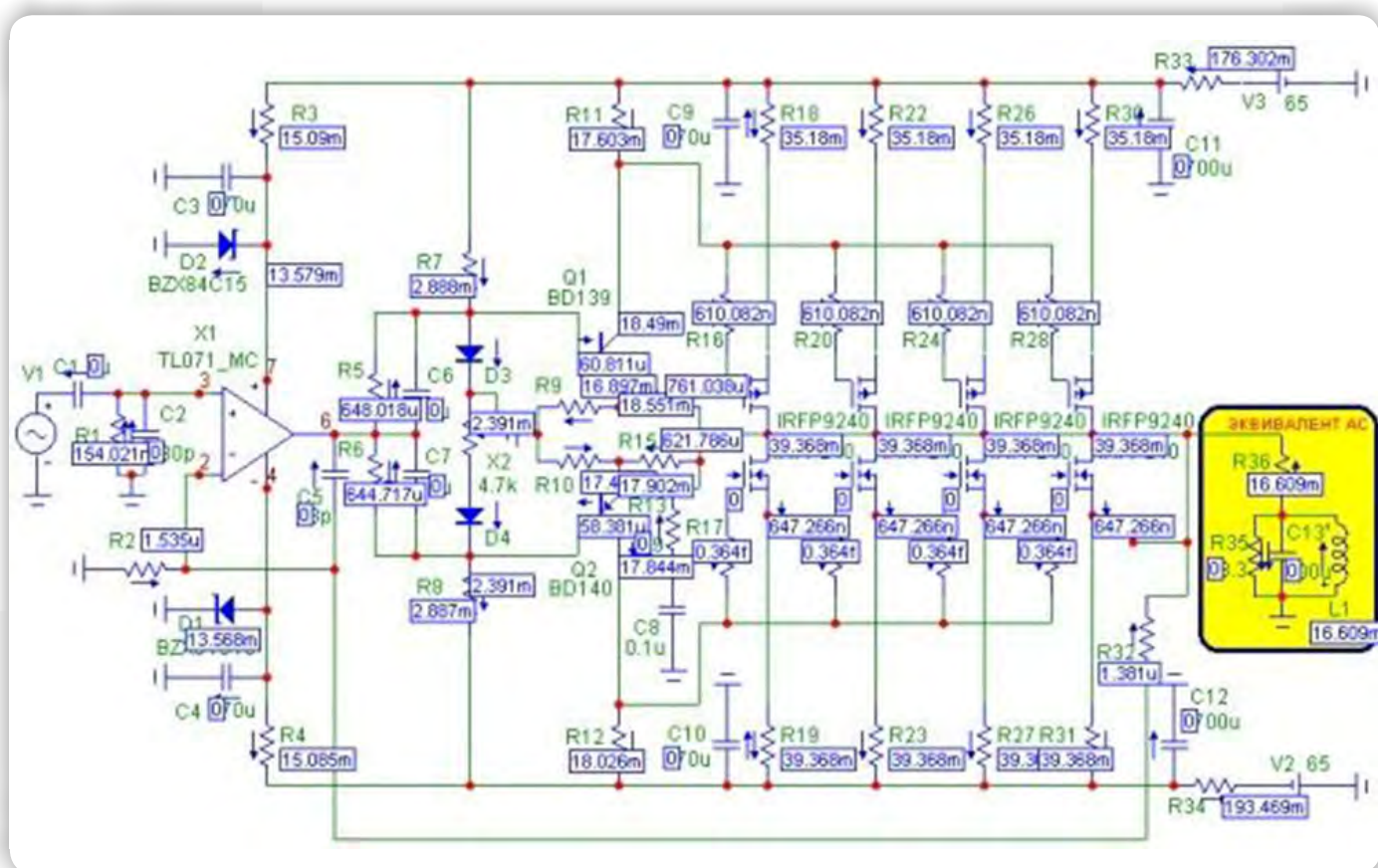
Slika 5: Napetosti na 400 W ojačevalniku

Na slikah 4 in 5 so prikazane napetosti na shemi za različno 200 W ojačevalnika z napajalno napetostjo ± 45 V in dvema paroma izhodnih tranzistorjev ter 400 W ojačevalnika z

napajalno napetostjo ± 65 V. Obe različici sta obremenjeni z ekvivalentom zvočnika (rumeni pravokotnik). Morda je vredno omeniti, da je model uporabil tranzistorje IRF640-IRF9640,



Slika 6: Tokovi v 200 W ojačevalniku



Slika 7: Tokovi v 400 W ojačevalniku

ki so ekvivalenti IRFP240-IRFP9240, vendar z manjšo izgubo moči zaradi toplote na siliciju, saj imajo ohišje TO-220 v primerjavi z TO-247. Kljub temu so IRF640-IRF9640 v simulatorju popolnoma opravili naloge, ki so jim bile dodeljene, in se lahko uporabljajo tudi v ojačevalniku kot izhodni tranzistorji.

Vendar pa pri uporabi TO-220 ohišij ne smemo pozabiti, da disipirana moč enega TO-220 ohišja ne sme presegati 60 W, za razliko od ohišja TO-247, ki lahko doseže do 100 do 120 W. Z drugimi besedami, pri uporabi IRF640-IRF9640 kot izhodnih tranzistorjev ni priporočljivo, da ojačevalnik s štirimi pari oddaja več kot 240 vatov. Sliki 6 in 7 prikazujeta tokove, ki tečejo skozi vsak element ojačevalnika v stanju pripravljenosti (brez vhodnega signala).

Mirovni tok izhodne stopnje naj bo nastavljen med 30 in 40 mA – to je povsem dovolj za popolno izginotje popačenj in tehnološko rezervo za povečanje napajalne napetosti. To je vredno posebej omeniti: ta ojačevalnik nima nobenih verig za stabilizacijo toka, zato se ob spremembi napajalne napetosti spremeni tudi načini delovanja končne stopnje – s povečanjem napajanja se poveča mirovni tok, z zmanjšanjem pa se zmanjša.

To ni pomembno, če se napetost omrežja spreminja v okviru 5 % ali če se za ojačevalnik uporablja stabilizirano napajanje, vendar če se napetost omrežja zmanjša za 10 %, kar se na obrobju pogosto zgodi, je že zagotovljeno, da se bo na izhodu ojačevalnika pojavil korak, če pa se poveča za 10 %, bo mirovni tok že 0,45 A, in moč, dodeljena vsakemu tranzistorju (pri

napajanju $\pm 65\text{ V} + 10\%$ in štirih parih močnih tranzistorjev), bo približno 30 W, kar bo na koncu povzročilo generiranje toplote približno 200 W!

Zato priporočamo, da ojačevalnik uporabljate kot širokopasovni ojačevalnik z zelo kakovostno napajalno napetostjo ali kot ojačevalnik za nizkotonski zvočnik in nastavite mirovni tok med 15 in 20 mA. Z zmanjšanjem napajanja se pojavi »stopnička«. S povečanjem mirovnega toka pa bo ostala v dovoljenem obsegu in tako močnega segrevanja hladilnika ne bo.

Kot termostabilizacijska elementa se uporabljata diodi VD3 in VD4, ki se lahko namestita tako na hladilnik, lahko pa tudi ostaneta na tiskanem vezju. Takojšnje segrevanje se tako ali tako ne pojavi, zato je hitrost segrevanja plošče, nameščene nad hladilnikom, povsem zadostna.

Posodobitev: Bralec iz Indije je izdelal vezje z močjo 200 W in 4 MOSFET-i, vendar ni delovalo. Dejal je, da je delovalo brezhibno, ko je namesto TL071 namestil operacijski ojačevalnik LM741. Operacijski ojačevalnik TL071 naj ne bi imel enake karakteristike kot LM741, vendar sem vam to vseeno želel sporočiti.

Povzeto po:

- <https://320volt.com/en/irfp240-irfp9240-mosfet-400w-amplifier-circuit/>

<https://svet-el.si>





DAN NAJBOLJŠE PRAKSE

Podatkovno vodena prihodnost industrije

29. januar 2026

Gospodarska zbornica Slovenije

Vabimo vas na tradicionalno strokovno konferenco
Dan najboljše prakse, ki bo v ospredje postavila:

- napredne analitične metode za optimizacijo procesov,
- pametno planiranje v sodobni proizvodnji,
- uporabo digitalnega dvojčka za nadzor in upravljanje,
- integrirane pristope k celoviti optimizaciji proizvodnje.

**Konferenca je namenjena vsem, ki sodelujete pri nenehnem
izboljševanju, digitalizaciji, razvoju in uvajanju naprednih
tehnologij v proizvodna okolja.**

Program in prijava:



dan-najboljse-prakse.gzs.si



programming has never been easier

Smo uradni zastopnik za ELNEC v Sloveniji!

BeeProg3



70-0074



BeeProg2



BeeProg2C



70-0036



BeeProg204P



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