

SE
274

REVILJA ZA ELEKTRONIKO, AVTOMATIKO, RAČUNALNIŠTVO IN TELEKOMUNIKACIJE

svet ELEKTRONIKE

14. maj 2019

DRŽAVNO ŠTUDENSKO,
DIJAŠKO IN OSNOVNOŠOLSKO
TEKMOVANJE V KONSTRUKCIJI IN
VOŽNJI Z MOBILNIMI ROBOTI



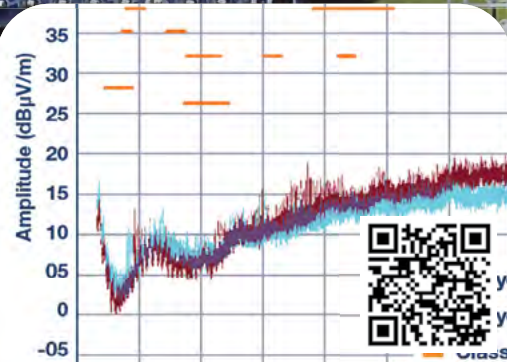
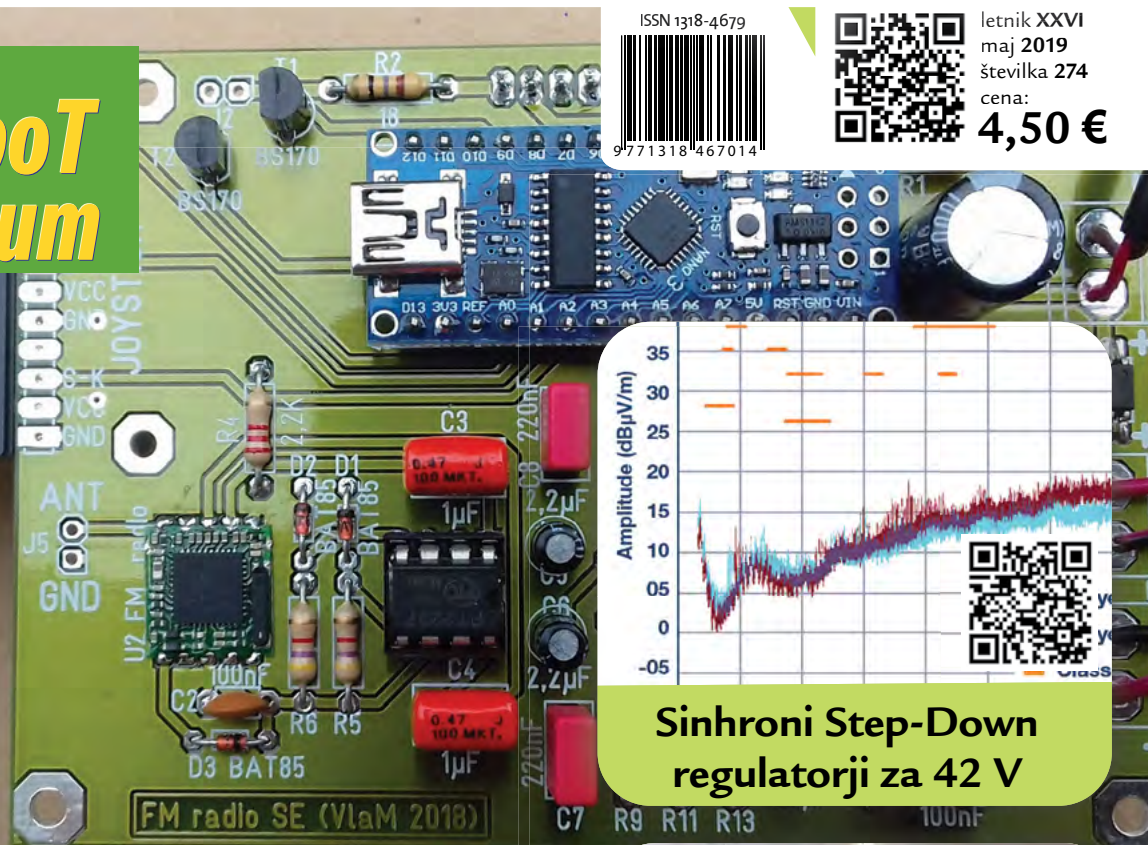
2019 **RoboT
ROBObum**

ISSN 1318-4679



letnik XXVI
maj 2019
števila 274
cena:

4,50 €



**Sinhroni Step-Down
regulatorji za 42 V**



Napravimo FM radio

**Predstavljamo tehnologijo resonatorja
z množičnim akustičnim valom**

**Visoko integriran prehod
pohitri širitev LoRa naprav**

**Osnove logaritmičnega ojačevalnika
in signali visokega dinamičnega**

**Testni IoT sistem v oblaku
za študente telekomunikacij**



**Izdelajmo Arduino
robotsko roko**

2. konferenca

za informacijsko-komunikacijsko tehnologijo, elektroniko in mehatroniko

Rogla, hotel Planja

30. – 31. maj 2019

<https://iktem.si>



Spoštovani!

Vabimo vas na strokovno konferenco IKTEM, konferenco za IKT, elektroniko in mehatroniko. Konferenca IKTEM je nastala na pobudo strokovnjakov iz omenjenih področij zato, da bi enkrat na leto na strokovnih predavanjih in praktičnih delavnicah spoznali in preizkusili najnovejše proizvode in tehnologije.

Ciljna publika so strokovnjaki iz razvoja in proizvodnje, ki pri svojem delu potrebujejo informacije o novih proizvodih in tehnologijah, ki so na voljo.

Združili smo tri področja, področje informacijske in komunikacijske tehnologije (IKT) z elektroniko in mehatroniko, saj se ta tri področja vedno bolj prekrivajo in dopolnjujejo.

Teme IKTEM konference so:

- Varnostne rešitve v IKT
- IoT proizvodi in rešitve
- Načrtovanje in modeliranje 3D objektov s CAD-CAM orodji
- Meritve s sodobnimi merilnimi instrumenti in metodami
- CAD-CAM orodja za področje elektronike in mehatronike
- Primeri dobre prakse iz področij IKT, elektronike in mehatronike

IKTEM konferenca traja 2 dni in je razdeljena na:

1. dan: strokovna predavanja
2. dan: praktične delavnice in demonstracije delovanja

Srebrni sponzorji



ROHDE & SCHWARZ



RUTRONIK
ELECTRONICS WORLDWIDE



Bronasti sponzorji



Build a Smarter World

Partnerji konference





Jurij Mikeln

Spet pomlad

Seveda dragi bralci, zdaj je že po celotni državi nastopila pomlad – razen na najvišjih gorah. Tam se pomlad še ni povsem razmahnila, saj marsikje še leži sneg. No, seveda snega ne bo na Rogli konec maja, ko bomo organizirali IKTEM - konferenco za IKT, elektroniko in mehatroniko. Če kakor koli delujete na omenjenih področjih skoraj morate biti prisotni, saj je to edini podoben dogodek za to stroko v Sloveniji!

konferenca
**IKT
EM**

REVILJA ZA ELEKTRONIKO, AVTOMATIKO, RAČUNALNIŠTVO IN TELEKOMUNIKACIJE

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

Glavni in odgovorni urednik:
JURIJ MIKELN, dipl.inž.
Tel.: 01 528 56 88
E-pošta: stik@svet-el.si

Tehnični urednik:
Samo Gregorčič
E-pošta: dtp@svet-el.si

Prodajni servis, naročnine:
Samo Gregorčič, Suzana Haclar
E-pošta: prodaja04@svet-el.si

Razvoj:
Bojan Kovač
E-pošta: bojan@svet-el.si

Marketing:
Tel/Fax: 01 528 56 88 in
GSM: 031 872 580
E-pošta: stik@svet-el.si

Prototipna tiskana vezja: Luznar d.o.o., Kranj
Antivirusni program: PANDA security

Založnik in računalniški prelom:
AX ELEKTRONIKA d.o.o.
Špruha 33, 1236 Trzin

Direktor:
JURIJ MIKELN, dipl.inž.

Tisk:
EVROGRAFIS d.o.o.
Naklada do: 1.500 izvodov
ISSN 1318 4679

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

Cena za posamezni izvod je 4,50 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. V skladu s 25. členom 7. odstavka Zakona o davku na dodano vrednost se za revijo Svet elektronike plačuje in obračunava 9,5% DDV.

Izid publikacije finančno podprla Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS iz sredstev državnega proračuna iz naslova razpisa za sofinanciranje domačih poljudnoznanstvenih periodičnih publikacij.

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

Na IKTEM konferenci boste lahko slišali izjemno zanimiva predavanja. Na zanimivih praktičnih delavnicah boste lahko spoznali:

- Bluetooth Low Energy (BLE) tehnologije
- NB IoT proizvode in rešitve
- Industrijsko tiskanje 3D objektov
- Meritve s sodobnimi merilnimi instrumenti in metodami za IoT naprave in bazne postaje
- CAD-CAM orodja za področje elektronike in mehatronike



Skratka dovolj zanimivih tem za prijetno druženje s strokovnjaki. In še več: po prvem dnevu predavanj smo predvideli tekmovanje iz poletnega sankanja. Običajno poletna sankališča nimajo merilnika časa. Ker smo (seveda) elektroniki, smo razvili sistem za merjenje časa spusta po poletnem sankališču. Ta sistem bo meril čas spusta po sankališču tistih udeležencev IKTEM, ki se bodo potegovali za nagrado za najboljšega: Vikend paket za dve osebi v hotelu Rogla, ki med drugim vključuje uporabo savne in hotelskega bazena.

Poleg tega, da pridete na konferenco pa vas vabim, da vzamete v roko najnovejši izvod revije Svet elektronike, ki tudi vsebuje obilo zanimivih člankov. Če vas zanimajo roboti, si preberite članek o robotski roki, ki si jo boste lahko natisnili s 3D tiskalnikom in z nekaj elektronike bo vaša roka oživila podobno, kot robot na našem razstavnem prostoru na sejmu IFAM.

Za tiste, ki vas zanima bolj elektronika in komponente smo pripravili zanimiv članek o logaritmičnih ojačevalnikih. Tisti pa, ki vas zanimajo samogradnje, si boste lahko prebrali kako narediti čisto pravi FM radijski sprejemnik! Avtor Vlado je svoj prvi radijski sprejemnik naredil pred 40 leti, ko je uporabil takrat najbolj sodobna integrirana vezja. Vlado ni napisal, da je (gotovo) imel težave z nabavo teh nekaj integriranih vezij. Tudi ni napisal, da jih je (verjetno) kupil v Nemčiji in da so bili tudi (seveda) presneto dragi. Danes je situacija popolnoma drugačna, saj dobimo najnovejše komponente v praktično enem ali dveh dneh po cenah, ki so več kot sprejemljive glede na funkcijo, ki jo opravlja ta komponenta ali integrirano vezje. Torej - Vlado je v svojem sprejemniku uporabil modul za FM sprejemnik, mu dodal Arduino Nano, LCD in NF ojačevalnik ter vse skupaj dal v simpatično ohišje. Prava samogradnja za poletne večere, ki prihajajo.

Naj ob koncu tega uvodnika še enkrat povabim na IKTEM konferenco na Roglo – pridite tudi vi!

Jure

Lep pozdrav!
Jure

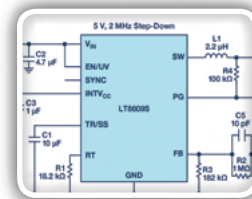
KAZALO

	UVODNIK
3	Spet pomlad
	NOVICE
5	Predstavljamo tehnologijo resonatorja z množičnim akustičnim valom (BAW) podjetja TI http://www.ti.com
6	Visoko integriran prehod pohitri širitev LoRa naprav www.production.electronicsspecifier.com
	PREDSTAVLJAMO
7	Sinhroni Step-Down regulatorji za 42 V, 2 A/3 A Avtor: Dong Wang www.analog.com
10	Vzdrževanje z napovedovanjem Avtor: Stephan Menze www.rutronik.com
13	Osnove logaritmičnega ojačevalnika in signali visokega dinamičnega obsega Avtor: Rich Miron www.digikey.com
18	Dnevi Industrijske Robotike 2019 http://www.robotlab.si
22	Testni IoT sistem v oblaku za študente telekomunikacij Avtorja: Grega Močnik in Danilo Zimšek https://svet-el.si
26	Registri v obstojnem pomnilniku Avtor: Bryce Morgan www.microchip.com
30	SIEMENS S7-1500R - redundantni in S7-1500H - visoko dobavljiv Informacije: Andrej Lazovič www.siemens.si
	PROGRAMIRANJE
33	Pametni mikrokontrolerji z arhitekturo ARM (1) Avtor: dr. Simon Vavpotič https://svet-el.si
41	Napravimo FM radio: Bascom-AVR knjižnice za Arduino module (15) Avtor: mag. Vladimir Mitrović https://svet-el.si
	SAMOGRADNJA
49	Izdelajmo Arduino robotsko roko z brezžičnim upravljanjem prek pametnega telefona Prevod: Bojan Kovač https://svet-el.si
	STIK
58	Info in naročanje https://svet-el.si

Sinhroni Step-Down regulatorji za 42 V, 2 A/3 A

Sinhroni Step-Down regulatorji za 42 V, 2 A/3 A vršnih vrednosti, z 2,5 μ A mirovnega toka in izjemno nizkimi EMI emisijami. LT8609, LT8609A, LT8609B, in LT8609S so sinhroni monolitni step-down regulatorji, ki jih odlikuje široko področje vhodne napetosti od 3 V...

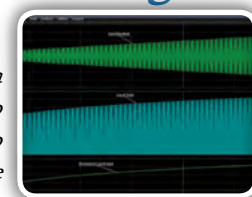
Stran: 07



Osnove logaritmičnega ojačevalnika in signali visokega dinamičnega obsega

Signali visokega dinamičnega obsega razvijalcem običajno povzročajo velike težave. Kako lahko signale, katerih amplitude presegajo 100 decibelov (dB), uporabimo za linearne ojačevalnike ali analogno-digitalne pretvornike (ADC) s tipičnimi dinamičnimi ...

Stran: 13



Napravimo FM radio: Bascom-AVR knjižnice za Arduino module (15)

Ste že kdaj poizkusili napraviti radijski sprejemnik? Jaz sem ga že pred 40 leti, in to je bila sijajna izkušnja (slika 69). To je bil pravi superhet, s najboljšimi čipi, ki so se takrat lahko dobili na trgu, in dobro mi je služil polnih deset let v mojem prvem avtomobilu. Od takrat ...

Stran: 41



Izdelajmo Arduino robotsko roko z brezžičnim upravljanjem prek pametnega telefona

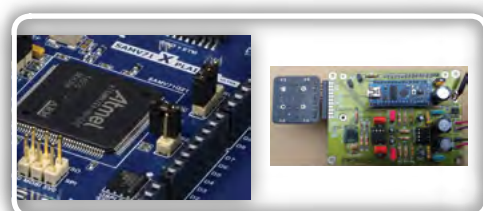
V tem članku sem pripravil podrobna navodila, kako narediti Arduino robotsko roko, ki jo potem lahko brezžično upravljate s pomočjo Android aplikacije za pametni telefon. Prikazan bo celoten proces gradnje, od oblikovanja in 3D tiskanja robotskih delov, povezovanja elektronskih ...

Stran: 49



ADD PROS	05	STROMBOLI D.O.O.	45
ALKATRON	51	TZS	48
DIGY-KEY	60	VENTIL	17
MIEL	09	UM FERI - ROBOT	01
SIEMENS	29		

OGLAŠEVALCI



Naslovnica: www.microchip.com in <https://svet-el.si>

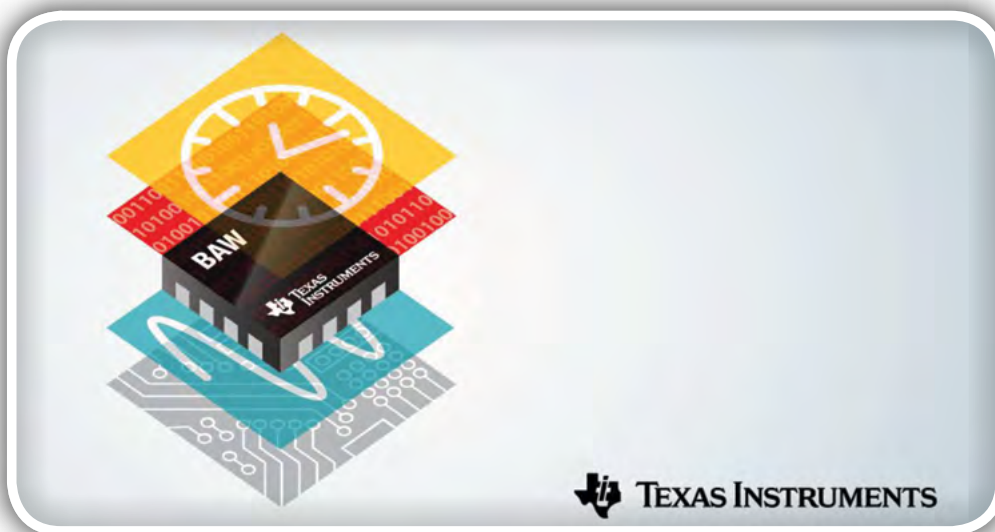
Predstavljamo tehnologijo resonatorja z množičnim akustičnim valom (BAW) podjetja TI

Texas Instruments

Prebojna resonatorska tehnologija podjetja TI utira pot stabilni, varni in visoko zmogljivi komunikacijski infrastrukturi in povezljivosti. Oblikovalci lahko izkoristijo inovativne čipe s tehnologijo BAW za zmanjšanje BOM, izboljšajo zmogljivost omrežja in povečajo odpornost na vibracije in udarce v industrijskih in telekomunikacijskih aplikacijah naslednje generacije.

Kaj je tehnologija TI za množično akustično valovanje (BAW)?

BAW je mikrozonsatorska tehnologija, ki omogoča integracijo visoko natančnih in ultravisokih virov taktov z nizkim potresavanjem neposredno v ohišje, ki vsebuje druga vezja. Tehnologija BAW je manj zapletena kot zunanji kvarčni kristali - zagotavlja čistejše žične in brezžične signale prek omrežij. Omogoča večjo kakovost komunikacij in večjo učinkovitost na različnih področjih, od brezžične potrošniške elektronike do vrhunskih industrijskih sistemov.



razvoja. Poleg tega obstaja več možnosti oblikovanja in prilagodljivosti v širšem obsegu aplikacij in okolij. Več informacij je na voljo pri podjetju TI.

Kakšne so prednosti tehnologije TI BAW?

Tehnologijo BAW podjetja TI podpira prvi mikrokontroler na svetu, ki deluje brez kristala in prva sinhronizacijska ura omrežja z resonatorjem BAW. S poenostavljenimi modeli, integriranimi v en sam čip, vam tehnologija BAW omogoča, da zmanjšate celotno površino izdelka in stroške

Povzeto po:

- <https://training.ti.com/introducing-tis-bulk-acoustic-wave-baw-resonator-technology?HQS=epd-mcu-simp-baw-exah-tr-ElectronicSpecifier-www&DCM=yes&dclid=CMXbyljajuECFcs64AodijEOVQ>

<http://www.ti.com>

ADDProS
Accepting Challenges. Providing Solutions.

**NATIONAL
INSTRUMENTS™**
AUTHORIZED DISTRIBUTOR

ADD ProS d.o.o. • +386 3 4250 800 • info@add-pros.com • www.add-pros.com

Visoko integriran prehod pohitri širitev LoRa naprav

Electronic Specifier Ltd.

Podjetje Murata je najavilo LBAA0ZZ1QM (US) in LBAA0ZZ1TY (EU) LoRa Pico prehod (gateway) v 14-pin modulu s kovinskim oklopom.

Modul podpira 8 kanalov in je na voljo v dveh variantah bodisi za Evropo ali ZDA. Ultra kompakten modul ima dimenzije 55 x 21 x 3,4 mm.

Zasnovan kot modul z nizko ceno, ki omogoča hitro zagotavljanje nizkih hitrosti prenosa LoRa podatkov, modul obsega transiver koncentrator Semtech SX1308, ki lahko upravlja pakete iz številnih oddaljenih disperziranih končnih točk, dva visoko integrirana RF-vhodna Semtech SX1257 I / Q transiverja in STMicroelectronics STM32F401 ARM Cortex M4 mikrokontroler. Vhodni VF modul podjetja Skyworks vsebuje prilagoditev antene, sprejemnik, predojačevalnik in funkcijo oddajnika.

Mikrokontroler gosti paketno posredovanje, komunikacijo s krmilnikom aplikacijskega gostitelja in funkcije za upravljanje porabe modula. Paketni posrednik obravnava dvosmerno komunikacijo paketov med končno točko in omrežnim strežnikom, medtem ko gonilnik gostitelja določi navidezno vrata USB CDC za komunikacijo s prehodom procesorja aplikacij.

Druga možnost je, da UART vrata modula uporabimo za komunikacijo s gostiteljem prehoda. Vgrajena programska oprema mikrokontrolerja skrbi tudi za upravljanje porabe energije, zlasti kadar uporabljate vrata USB, tako da omejite porabo električne energije do največ 500mA.

Omrežje LoRa zagotavlja nizko cenovno komunikacijsko infrastrukturo na dolge razdalje za komunikacijo s tisočimi končnimi točkami. Primeri uvajanja vključujejo odčitavanje merilnikov porabe, pametno kmetijstvo in industrijske aplikacije IoT. Zagotavljanje zanesljive komunikacije v metropolitanskih ali podeželskih območjih je bistvenega pomena in modul, kot je Muratin LBAA0ZZ1, igra vlogo pri vzdrževanju omrežnih povezav.

"Ta modul je pomemben korak, pripravljen za pospešitev rasti LoRaWAN primerov uporabe, ki zahtevajo široko uporabo pikocelic, kot so pametne aplikacije za pametne zgradbe," je dejal predsednik uprave Actility Oliver Hersent. "Sodelujemo z Murato, da zagotovimo skladnost z našo tržno vodilno platformo za upravljanje omrežja ThingPark IoT, tako da lahko naše stranke izkoristijo najbolj stroškovno učinkovite pikocelične prehode. To bo



še posebej pomembno za integratorje podjetja ThingPark Enterprise, ki ciljajo na gradbene in v tovarniške rešitve. "

Wienke Giezeman, ustanovitelj in izvršni direktor The Things Network, je komentiral: "Murata zelo dobro razume prihodnost LoRaWAN, saj omogoča preprost način za vsak usmerjevalnik, set top box in izdelovalce baznih postaj, da v svojih izdelkih na zelo enostaven način ponudijo LoRaWAN. Z veseljem smo sodelovali z njimi, da bi ponudili popolno rešitev na trgu. "

Domenico Arpaia, direktor podjetja OrbiWise, je dodal: "S svojim novim modulom LoRa Pico Gateway serije LBAA0ZZ1 Murata zelo poenostavi razvoj novih prehodov LoRaWAN, kar je ključni prispevek k našemu ekosistemu, saj se LoRaWAN razširja v najbolj raznolikih aplikacijah.

"Dolgo smo sodelovali z ekipo Murata: OrbiWAN, naš nosilec LoRaWAN Network Server že podpira

vse komercialne LoRaWAN portale, sedaj pa tudi z novim prehodom, modulom podjetja Murata. Prepričani smo, da bodo novi Muratini moduli z njihovo usposobljenostjo in viri ter lastno pomočjo hitro postali rešitev za številne nove prehode na hitro rastočem trgu LoRa. "

Povzeto po:

- <https://www.electronicsspecifier.com/communications/highly-integrated-gateway-module-speeds-lora-deployments>

www.production.electronicsspecifier.com



Sinhroni Step-Down regulatorji za 42 V, 2 A/3 A

Analog Devices, Inc.
Avtor: Dong Wang

Sinhroni Step-Down regulatorji za 42 V, 2 A/3 A vršnih vrednosti, z 2,5 μ A mirovnega toka in izjemno nizkimi EMI emisijami.

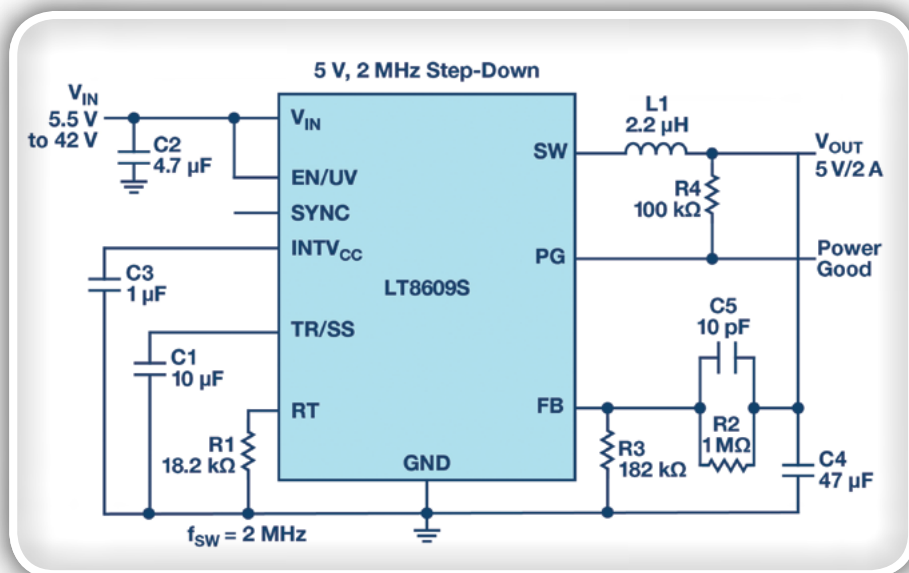
LT8609, LT8609A, LT8609B, in LT8609Sso sinhroni monolitni step-down regulatorji, ki jih odlikuje široko področje vhodne napetosti od 3 V do 42 V. Ta družina vezij je optimirana za aplikacije, ki zahtevajo nizek EMI, visoko učinkovitost in fizično majhnost – primerno za zahtevne aplikacije v avtomobilski, proizvodni, računalniški in komunikacijski industriji. Vsi regulatorji v tej seriji so optimirani za aplikacije, ki zahtevajo nizek EMI, visoko učinkovitost in fizično majhnost. Vsi regulatorji v tej družini zmorejo stalno 2A in 3A (< 1 sekundo) trenutno obremenitev. Te lastnosti so razvidne v sliki 2.

LT8609, LT8609A in LT8609S imajo 2,5 μ A ultra-nizek mirovni tok - pomembno za baterijsko napajane sisteme. Z integriranim zgornjim in spodnjim N MOSFET-om, imajo regulatorji izjemno učinkovitost pri nizkih obremenitvah. LT8609B deluje samo v načinu izpuščanja impulzov z večjim mirovnim tokom kot druge naprave in nudi nižje valovitost med nizko obremenitvijo.

Vse te naprave lahko prenesejo CISPR regulacijo CISPR 25 razreda 5, ki je najstrožji EMI standard za avtomobilsko opremo. Poleg tega imajo LT8609, LT8609A in LT8609S funkcijo razširjenega spektra za zmanjšanje EMI konic. LT8609S ima najbolj impresivno EMI zmogljivost v tej družini, ki temelji na lastni tehnologiji Silent Switcher® 2, opisani spodaj.

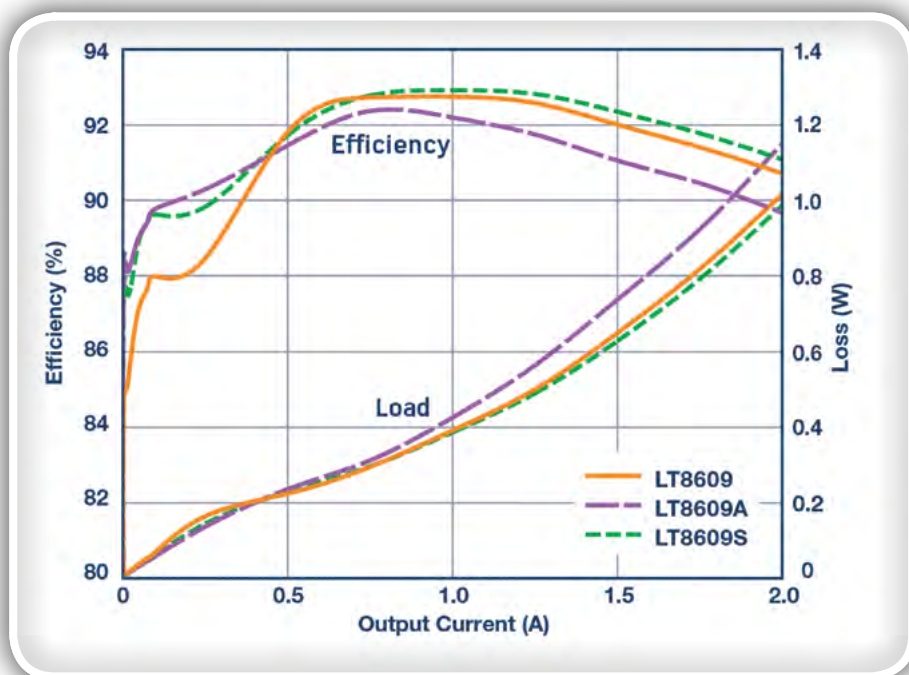
Vhodna napetost od 5,5 V do 42 V, nizek EMI, visoka učinkovitost pri 5 V, 2 A napajanju

Na sliki 1. vidimo regulator za vhodno napetost od 5,5 V do 42 V in izhodno napetost 5 V / 2 A. Ta rešitev ima 16-



Slika 1: Sinhroni step-down pretvornik LT8609S 12 V do 5 V z ultranizkimi EMI emisijami

pin regulator LT8609S z 2 MHz stikalno frekvenco. Za celotno rešitev je potrebnih le nekaj komponent, vključno s tuljavo L1 in nekaj pasivnimi komponentami. Slika 2. kaže, da lahko ta rešitev doseže največ 92,9% učinkovitost.



Slika 2: Učinkovitost glede na tok bremena za pretvornik 12 VIN do 5 VOUT na osnovi LT8609 / LT8609A / LT8609S

Komponenta	Ohišje	Lastnosti	Način delovanja
LT8609	10-pin MSE	Visoka učinkovitost	Burst Mode način, pulse-skipping način, način razširjenega spektra, sync način
LT8609A	10-pin MSE	Optimiziran tako za učinkovitost in EMI performanse	Burst Mode način, pulse-skipping način, način razširjenega spektra, sync način
LT8609B	10-pin MSE	Visoka učinkovitost	Pulse-skipping način
LT8609S	16-pin LQFN	Tehnologija Silent Switcher 2 je vgrajena z najboljšo učinkovitostjo in EMI performansami	Burst način delovanja, pulse-skipping način, način razširjenega spektra, sync način

Burst Mode način delovanja za izboljšan izkoristek pri nizkem bremenu

Med obratovanjem pri nizkih obremenitvah in v stanju pripravljenosti brez obremenitve so za aplikacije, ki jih poganja baterija, pomembni visok izkoristek in nizek mirovni tok. LT8609, LT8609A in LT8609S imajo nizek 2,5 μ A mirovni tok v načinu Burst Mode®. Med nizkimi obremenitvami in pogoji brez obremenitve se preklopna frekvenca postopoma zmanjšuje, kar močno zmanjšuje izgubo moči in ohranja relativno nizko izhodno napetost. Slika 2 prikazuje, da je izkoristek pri nizkih obremenitvah nad 85%, medtem ko se izguba moči pri minimalnih obremenitvah približuje nič.

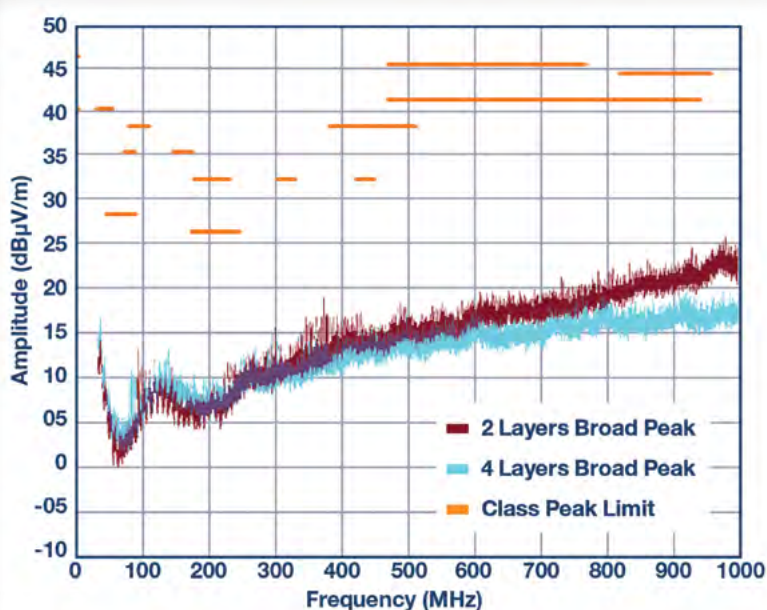
Visoka stikalna frekvenca z ultranizkimi EMI emisijami in izboljšano toplotno učinkovitostjo

EMI skladnost je v številnih okoljih zaskrbljujoča, vključno z avtomobilskimi sistemi. Z integriranimi MOSFET-i, naprednimi procesnimi tehnologijami in delovanjem do 2,2 MHz, lahko vse naprave v tej družini dosežejo fizično majhnost rešitve ob izpolnjevanju najstrožjih EMI standardov. Delovanje s frekvenco razširjenega spektra, ki zmanjšuje EMI vrhove, je na voljo v vseh modelih, razen pri modelu LT8609B. Poleg tega LT8609S vključuje tehnologijo Silent Switcher 2. Silent Switcher 2 vezje ima vgrajeno vročo zanko in kondenzatorje v topli zanki?? Kondenzatorji omogočajo, da je EMI zmogljivost neobčutljiva za postavitev elementov in število slojev na tiskanem vezju. Tiskano vezje z manj plastmi se lahko uporabi za zmanjšanje proizvodnih stroškov brez žrtvovanja EMI in toplotnih zmogljivosti.

najboljšo učinkovitost pri polni obremenitvi. Slika 3. in slika 4. prikazujeta CISPR 25 EMI in primerjavo toplotnih zmogljivosti rešitev 2- in 4-slojnih ploščah prikazani na sliki 1.

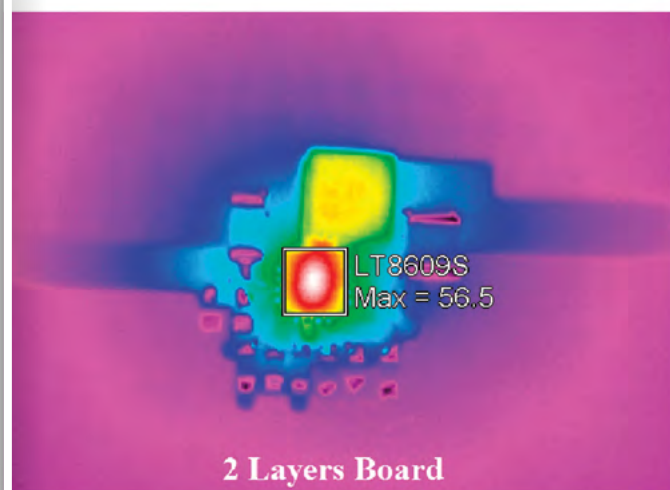
Zaključek

Vezja v družini LT8609 so enostavna za uporabo v monolitnih regulacijskih stopnjah z vgrajenim MOSFET-om in vgrajenimi kompenzacijskimi vezji. Optimizirani so za aplikacije s širokim razponom vhodne napetosti in nizkimi zahtevami za EMI šum. Zaradi nizkega, 2,5 μ A mirovnega toka in Burst načina predstavlja odlično rešitev za pretvorbo napetosti navzdol pri baterijskem napajanju. 200 kHz do 2,2 MHz stikalno frekvenčno območje jih naredi primerne za uporabo pri najmanjši moči za mikrokontrolerje. Integrirani MOSFETi in do 2,2 MHz stikalna frekvenca zmanjšajo velikost rešitve. Rezultati skeniranja CISPR 25 kažejo odlične rezultate EMI sevanja, skladne z najstrožimi EMI standardi. Tehnologija Silent Switcher 2 v LT8609S omogoča njegovo delovanje tako, da je imuno na spremembe postavitev in plasti tiskanine, kar močno zmanjša stroške razvoja in proizvodnje.

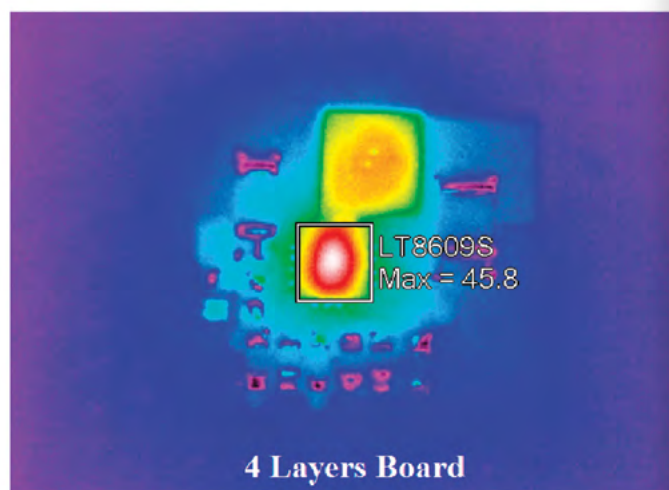


Slika 2 kaže, da ima naprava LT8609S

Slika 3: Primerjava lastnosti EMIS 25 EMIP med 2- in 4-plastnimi tiskaninami za vezji na sliki 1



2 Layers Board



4 Layers Board

Slika 4: Primerjava toplotnih lastnosti med 2- in 4-plastnimi tiskaninami za vezje na sliki 1

O avtorju

Dong Wang je višji aplikacijski inženir za energetske izdelke pri podjetju Analog Devices, ki je svojo kariero začel v podjetju Linear Technology (sedaj del ADI) leta 2013. Trenutno nudi podporo aplikacijam za neizolirane monolitne pretvornike. Dong Wang ima široko znanje pri rešitvah za upravljanje porabe energije in analognih vezijh, vključno s pretvorbo moči pri visokih frekvencah,

porazdeljenimi energetske sistemi, tehnikami za korekcijo faktorja moči, nizko napetostjo, visokotemperaturnimi pretvorbami, visokofrekvenčno magnetno integracijo ter modeliranjem in nadzorom pretvornikov. Dong Wang je diplomiral na Univerzi Zhejiang v Hangzhou na Kitajskem in doktoriral v elektrotehniki. Lahko ga kontaktirate na dong.wang@analog.com.

www.analog.com

MIEL®

Vse za avtomatizacijo proizvodnje

OMRON

Sistemi za avtomatizacijo

- Industrijski računalniki
- Krmilniki za avtomatizacijo strojev
- Programirljivi logični krmilniki (PLC)
- Distribuirane I/O enote
- Vmesniki človek-stroj (HMI)
- Sysmac Studio

Stikalne komponente

- Elektromehanski releji
- Polprevodniški releji
- Nizkonapetostni preklopniki
- Stikala in tipke
- Terminalni bloki

Varnostna tehnika

- Naprave za zaustavljanje in nadzor v sili
- Varnostna stikala
- Varnostna vrata
- Varnostne preproge - serija UMA
- Varnostni senzorji
- Varnostni logični krmilni sistemi
- Varnostni izhodi

Pogonska tehnika

- Krmilniki gibanja
- CNC krmilniki
- Servo sistemi
- Frekvenčni pretvorniki

Za višjo produktivnost. ✓



Komponente za nadzor delovanja

- Senzorji in regulatorji temperature
- Napajalniki
- Brezprekinitveno napajanje (UPS)
- Časovniki
- Števci
- Programirljivi releji
- Digitalni prikazovalniki
- Naprave za spremljanje energije

Senzorika

- Fotoelektrični senzorji
- Senzorji barve in označb
- Senzorji s svetlobnimi vodniki
- Senzorji za površine
- Optični senzorji in ojačevalniki
- Induktivni senzorji
- Mehanski senzorji in mejna stikala
- Senzorji za procesne veličine

Robotika

- Industrijski roboti
- Linearne osi
- Mobilni roboti

Nadzor in preverjanje kakovosti

- Identifikacijski sistemi
- Sistemi za kontrolo kvalitete
- Merilni senzorji
- Verifikacijski sistemi
- Vision sistemi in industrijske kamere



MIEL, d.o.o. • Efenkova cesta 61 • SI-3320 Velenje • T +386 (0)3 77 77 000 • F +386 (0)3 77 77 001 • E info@miel.si • S www.miel.si

Vzdrževanje z napovedovanjem

Rutronik Elektronische Bauelemente GmbH

Avtor: Stephan Menze

Danes skrbimo za jutri. Prelaganje vzdrževanja pomeni nenadne izpade strojev, zaustavitve linij ali napake v proizvodnji. Pri tem je vseeno, ali je do tega prišlo zaradi varčevanja, pomanjkanja strokovnjakov ali pomanjkljive motivacije: Vzdrževanje z napovedovanjem pomeni, da se to ne more več zgoditi. Pri izvedbi pa je treba upoštevati določene točke.

Kako uspešno izvesti vzdrževanje z napovedovanjem?

Vsak projekt vzdrževanja z napovedovanjem se začne z ugotavljanjem lastnosti stroja med običajnim obratovanjem, na primer zvočnih ali lastnih frekvenc, ki se prenašajo po konstrukciji ali zraku, ki se nato digitalizirajo in posredujejo v računalnik ali oblak. Pri krajevni obdelavi podatkov uporabljamo tudi izraz Edge Computing. Tukaj se lahko uporabljajo tudi krajevne rešitve z umetno inteligenco, na primer Intel Movidius. Pri računalniški obdelavi v oblaku je na voljo neomejena ponudba najrazličnejših ponudnikov storitev za analiziranje podatkov. Pri izvedbi s krajevno obdelavo je mogoče reagirati v nekaj milisekundah. Vseeno pa je nujna internetna povezava za posodobitve vgrajene programske opreme in nadzor na daljavo. Načeloma pa v procesih učenja in izboljšav ne uporabljamo inteligence roja ter smo omejeni na krajevno dostopno računsko moč in lastne izkušnje. Računalništvo v oblaku je drugačno, saj omogoča primerjavo z vsemi sistemi in s tem sklepanje o spremembah posameznih naprav na podlagi podatkov o drugih napravah. Poleg inteligence roja tam tudi nismo omejeni glede računske moči ali kapacitete za shranjevanje in lahko prilagodljivo spreminjamo uporabljene algoritme – s statične analize podatkov na primer na strojno ali globoko učenje.

Ne glede na razlike v izvedbi sta v praksi vedno potrebni internetna povezava in krajevna prva analiza podatkov tipala. Razlikujeta pa se dimenzioniranje gradnikov in tekoči stroški obratovanja, tako da je natančnejša analiza razmerja med stroški ter koristmi bolj zapletena.

Odločilno je mesto tipala

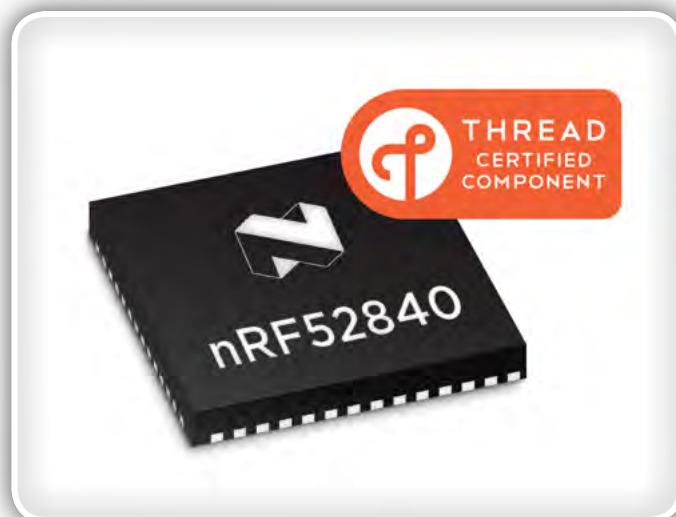
Ne glede na kraj analiziranja velja razjasniti, kje lahko pride do škode in kako jo je najlažje zaznati. Pa je mogoče tam tudi vgraditi tipalo? Je mesto dostopno in je na voljo dovolj prostora? So tam številni viri hrupa oziroma močen hrup iz okolice? Je ta hrup stalen ali neenakomeren?

Ko je razjasnjeno optimalno mesto namestitve tipala, s tem največkrat določimo tudi že vrsto tipala: Če se zdi najprimernejša vgradnja na napravo ali stroj, zaznavamo hrup, ki se prenaša po konstrukciji. To pomeni, da lahko

izbiramo med tipali udarcev in treslajev ali tipalom pospeška. Pri postavitvi zunaj stroja zaznavamo zračni hrup. Tukaj so na voljo mikrofonska tipala MEMS za določeno frekvenčno območje, na primer izdelki podjetij STMicroelectronics in Infineon. Ker imajo vedno odprtino za zaznavanje zvočnega valovanja, jih brez posebnih ukrepov ne moremo uporabljati v vlažnih ali prašnih okoljih. To pomeni, da se moramo vrniti k tipalom udarcev in treslajev ali tipalom pospeška.

Pri vprašanju, katero frekvenčno območje mora pokrivati sistem za vzdrževanje z napovedovanjem, velja približno pravilo: Višje zaznane frekvence pomenijo hitrejšo zaznavo poškodb. V ultrazvočnem območju nad 16 kHz lahko prve znake zaznavamo že mesece pred dejansko poškodbo. Pri zaznavanju v slišnem območju do 16 kHz imamo do poškodbe le še nekaj tednov. To lahko zadostuje za nekatere stroje ali naprave, za druge pa je že prepozno – to je treba preveriti za vsak primer posebej: Kako resen je lahko izpad zaradi morebitne poškodbe? Kako dolgo traja nakup nadomestnih delov in prihod serviserja? Je mogoče stroj kadar koli zaustaviti za popravilo ali vzdrževanje? Pri preverjanju puščanja plinskih vodov je zaznavanje v ultrazvočnem območju obvezno. Če je puščanje slišno, je za preventivno vzdrževanje že prepozno.

Če zadošča zaznavanje v slišnem območju, odloča o frekvenčnem območju tipala vrsta stroja oz. dela. Hitrejše ko je vrtenje zadevnih delov, višje frekvence je treba zaznavati. Pri sistemih za usmerjanje zraka se na primer poškodbe praviloma pojavijo zaradi neuravnoteženosti, napačne nastavitve ali zrahljanih povezav. To se dogaja v območju približno 2 kHz. Pri zelo počasi premikajočih se





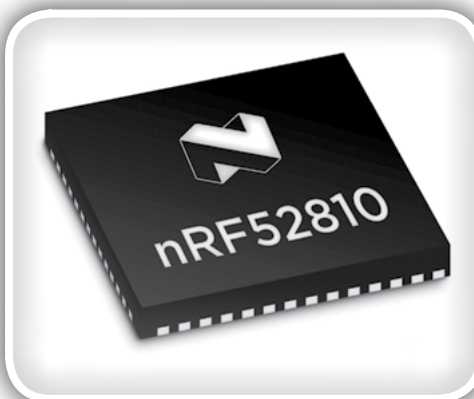
delih lahko namesto mikrofonskega tipala boljše rezultate dosežemo s tipalom pospeška.

Za izboljšanje pokritosti iskanja napak je mogoče kombinirati mikrofonska tipala, tipala pospeška in tipala udarcev ter tresljajev. Še več informacij zagotavljajo dodatne vrste tipal na primer temperature, vlažnosti ali tlaka. Najbolje je, kadar je taka kombinacija medsebojno povezana v omrežje. Vendar pa to ne podraži le tipal in povezovanja, ampak tudi pomeni več podatkov ter dela z vrednotenjem. Kombinacija več tipal je zato smiselna le, kadar bi lahko sicer prišlo do večje škode, na primer zaradi zaustavitve linije ali dalj časa neopaženih napak pri proizvodnji. Smiselna je lahko tudi pri odročnih sistemih, na primer vetrnih elektrarnah na morju, saj je tam nepotrebno delo serviserjev povezano z visokimi stroški. Celovito zaznavanje je posebno priporočljivo v varnostno kritičnih sistemih, kot je zavorni sistem v avtomobilu.

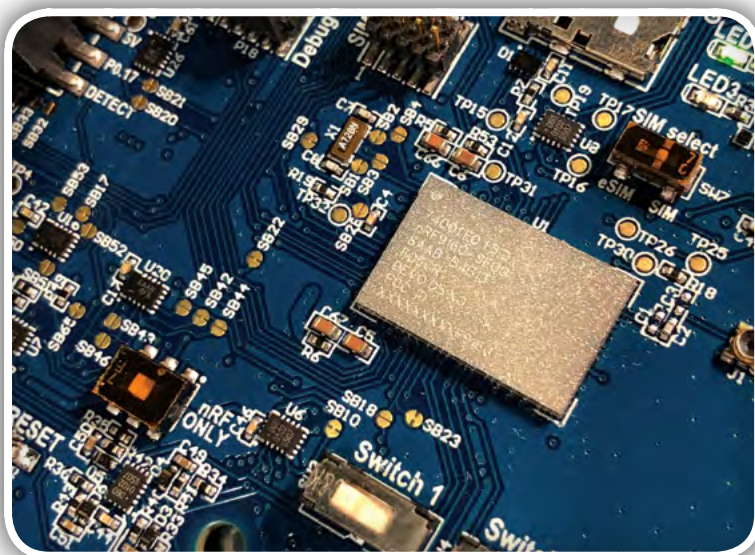
Nove brezžične tehnologije za posredovanje podatkov

Ovisno od načina uporabe morajo posamezna tipala izmerjene podatke najprej posredovati v krajevno napravo za zbiranje podatkov. V ta namen se uporabljajo mikrokrmilniki z vgrajenimi radijskimi vmesniki in A/D-pretvorniki, brezžični sistemi na integriranem vezju – SoC. Pogosto so mikrokrmilniku prilagojeni skladi protokolov za radijsko komunikacijo priloženi brezplačno, tako da je treba izvesti le še samo aplikacijo, torej digitalizacijo analognih vrednosti in prenos v napravo za zbiranje

podatkov, za kar zadostuje že nekaj vrstic programa. Naprava za zbiranje podatkov lahko nato podatke vrednoti krajevno in svojo funkcijo prehoda uporablja le za programske posodobitve ali občasno poročanje. V takem primeru več kot zadošča internetna povezava LTE, za katero bo zanesljiva infrastruktura na voljo še veliko let. Pri časovno kritični analizi podatkov v oblaku, kjer je potrebna povratna informacija v nekaj milisekundah, bo odlično omrežje 5G. Povezovanje tipal z napravo za zbiranje podatkov ni vedno izvedljivo z žičnimi povezavami. Največkrat je tukaj cenejša, bolj prilagodljiva in trpežnejša radijska tehnologija. Pri sistemu nRF52840 podjetja Nordic Semiconductor lahko na primer udobno izbiramo med protokolnimi skladi Bluetooth Mesh, ZigBee ali Gazell, brezplačnim odprtokodnim skladom za zvezdaste topologije. Tehnologija NFC omogoča nezapleteno povezovanje tipal s poljubnimi napravami za zbiranje podatkov. Vgrajeni vmesnik USB omogoča prvo umerjanje tipal s prenosnikom. Če že vnaprej vemo, da bomo uporabljali le Bluetooth 5 ali Bluetooth Mesh, se lahko odločimo za cenovno ugodnejše izvedbe, na primer nRF52810. Najnovejša različica Bluetooth 5 omogoča v načinu Long Range doseg nad kilometer. S tem je ta tehnologija zanimiva tudi tam, kjer smo do zdaj uporabljali tehnologije v megaherčnem območju.



Pri tipalih, ki ne uporabljajo naprave za zbiranje podatkov, ali napravah za zbiranje podatkov, ki morajo zaradi močnega stiskanja podatkov zaradi krajevne obdelave prenašati le majhne količine podatkov, so lahko uporabne nove kategorije LTE. Te omogočajo vzpostavljane neposredne internetne povezave med tipalom in oblakom, tako da se izmerjene vrednosti v oblak prenašajo brez ločenega prehoda.



Nove kategorije LTE

Najnovejši kategoriji LTE NB1 in M1, ki ju poznamo tudi kot NB-IoT ter LTE-M1 oz. LTE-M, sta idealni za načine uporabe, kot je vzdrževanje z napovedovanjem, kjer se občasno prenašajo manjše količine podatkov.

LTE-M in NB-IoT podpira družina nRF91 iz podjetja Nordic Semiconductor. Visoko integrirani sistem v enem ohišju (SiP – System in Package) ima vgrajen mikrokontroler ARM Cortex M33 za uporabniško prilagojeno programiranje aplikacij, tipal in izvršnih členov. S svojo računalniško močjo že omogoča uporabo bolj kompleksnih algoritmov za analiziranje podatkov. To pomeni: Brežžična enota iz izmerjenih podatkov tipal že na kraju samem pridobi potrebne informacije in je mogoče za pošiljanje porabiti bistveno manjšo količino podatkov. To optimizira skupno porabo energije in omejuje količine prenesenih podatkov. Več kot 32 priključkov GPIO omogoča poleg priključitve tipal tudi priključitev lučk LED, na primer za opozorilo na kraju samem, kadar tipalo javi previsoko vrednost. Priključiti je mogoče tudi tipke ali releje. Tipalo lahko tako po potrebi izklopi celoten sistem ali pa lahko uporabnik potrdi različna stanja stroja.

SiP nRF91 je na voljo tudi s tehnologijo Assisted GPS. Z uporabo NB-IoT ali LTE-M omogoča to hitro določanje položaja po hladnem zagonu za nadzor vozil ali drugih mobilnih naprav.

Zaščita pred krajo podatkov

Ker lahko iz izmerjenih vrednosti tipal sklepamo marsikaj o rabi teh strojev, sistemov in naprav, jih je treba zaščititi pred nepooblaščenim dostopom. Tudi tu nRF91 že ponuja rešitev: Gostiteljski procesor s tehnologijo TrustZone uporablja zaupanja vredno okolje za izvajanje v procesorju in sistemu, kar pomaga zaščititi podatke aplikacij, vgrajeno programsko opremo ter priključeno periferijo. Tehnologija ARM CryptoCell zagotavlja varen dostop do pomnilnika, tehnologiji TLS in SSL pa zagotavljata šifriranje podatkov skozi celotno prenosno pot. Sistem nRF91 je pri tem odlična kombinacija z nRF52, kot je uporabljen tudi na

razvojnem kompletu nRF91. To pomeni, da lahko s to rešitvijo z dvema večjedrnima integriranima vezjema uporabljate radijsko povezavo za krajše razdalje za povezovanje s tipalom in mobilno radijsko povezavo za povezovanje z internetom. Če izberete sistem nRF52840 iz družine nRF52, tudi ta ponuja tehnologiji ARM TrustZone in CryptoCell.

Analiza podatkov kot dejavnik uspeha

Po posredovanju podatkov iz tipala se začne najbolj kočljiva naloga: analiza podatkov. Kaj pomeni, če se spremeni frekvenca valjčnega ležaja? Ali grozi okvara, so bile samo spremenjene proizvodne nastavitve ali pa se je stroj zaustavil za konec tedna? Je morda za spremembo kriva motnja? Katera odstopanja še spadajo pod običajna nihanja? In na koncu: Kolikšna je verjetnost, da bo prišlo do poškodbe, tj. kdaj je treba ukrepati?

S tem nastanejo določeni profili, ki so v programski opremi shranjeni z ustreznimi parametri in pragovnimi vrednostmi. Morda bo po prvem praktičnem preizkusu potrebno naknadno nastavljanje. Sistem za vzdrževanje z napovedovanjem bo prav tako treba prilagoditi pri spremembi proizvodnih nastavitvev, spremembah nabora strojev in podobnem. Če upoštevate vse to, vam je uspelo: Nikoli več ne bo nepričakovanih poškodb strojev, izpadov ali zaustavitvev linij zaradi neodkritega staranja opreme. Obseg vzdrževanja boste lahko bolje načrtovali in imeli na zalogi le še dejansko potrebne nadomestne dele. To ne prinaša prednosti le za uporabnike, ampak tudi za proizvajalce strojev. Če v svoje izdelke vgradite sistem za vzdrževanje z napovedovanjem, s tem svojim strankam zagotovite resnično dodano vrednost zaradi višje razpoložljivosti stroja. Poleg tega lahko analize izkušenj na terenu uporabite pri svojem nadaljnjem razvoju.

Kaj je vzdrževanje z napovedovanjem?

Vzdrževanje z napovedovanjem (Predictive Maintenance) za razliko od preventivnega vzdrževanja (Preventive Maintenance) ne temelji na fiksnih vzdrževalnih ciklih, ampak na vzdrževanju glede na potrebe, ki se določijo na podlagi stalnega zbiranja podatkov na kraju samem in njihovem vrednotenju. Temelji na beleženju tresljajev ali spremembe hrupa strojev, sistemov in naprav, ki že dolgo pred nastankom poškodbe opozarjajo na težave med delovanjem.

Rutronik GmbH, Podružnica v Ljubljani
Motnica 5
1236 Trzin, Slovenija
E-pošta: rutronik_si@rutronik.com
Tel. +386 1 561 09-80
www.rutronik.com

Osnove logaritmičnega ojačevalnika in signali visokega dinamičnega obsega

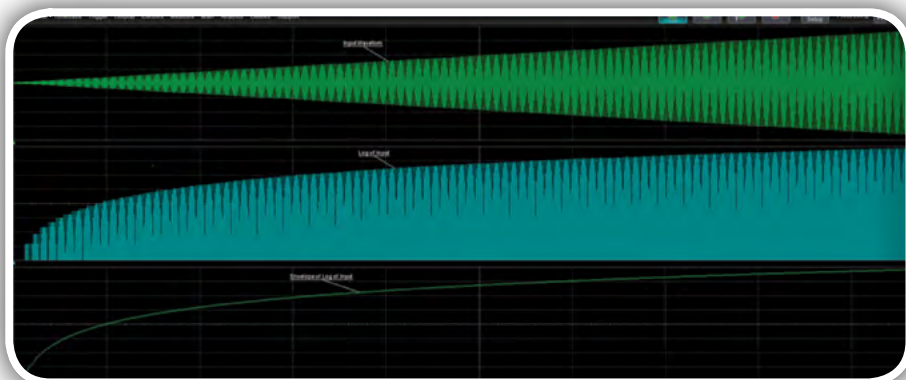
Digi-Key Electronics

Avtor: Rich Miron

Signali visokega dinamičnega obsega razvijalcem običajno povzročajo velike težave. Kako lahko signale, katerih amplitude presegajo 100 decibelov (dB), uporabimo za linearne ojačevalnike ali analogno-digitalne pretvornike (ADC) s tipičnimi dinamičnimi obsegi od 60 dB do 100 dB? Takšni signali se pojavljajo v napravah za merjenje odmeva, kot so radarji in sonarji, komunikacijski sistemi in sistemi optičnih vlaken. V takih sistemih je za signale z nizko amplitudo potrebno visoko ojačenje, za signale z visoko amplitudo pa je potrebno nizko ojačenje.

Ali obstaja način za dinamično uravnoteženje teh signalov, s čimer bi preprečili izgubo signala pri nižjih frekvencah in omejili ali prirezali najvišje amplitude območja?

Logaritemski ojačevalnik, logaritemski pretvornik ali preprosteje log amp rešuje to težavo z zagotavljanjem visokega ojačenja za signale z nizko frekvenco in postopnim nižanjem ojačenja za signale z višjo frekvenco.



Slika 1: Logaritemski ojačevalnik stisne vhodni signal (zgornja sled) z visokim ojačenjem signalov najnižje amplitude in postopnim nižanjem ojačenja signalov višje ravni. Srednja sled prikazuje logaritem vhoda, medtem ko je spodnja sled ovojnica izhoda logaritemskega ojačevalnika. (Vir slike: Digi-Key Electronics)

Kaj delujejo logaritemski ojačevalniki

Logaritemski ojačevalniki so nelinearni analogni ojačevalniki, katerih izhod je logaritem vhodnega signala ali ovojnica signala. Vhodne signale z visokim dinamičnim obsegom stisnejo v izhodne signale s fiksnim amplitudnim območjem. To se doseže z zagotavljanjem visokega ojačenja vhodnih signalov nizke ravni in postopnim nižanjem ojačenja signalov višje ravni (slika 1).

Vhodni signal (zgornja sled) je amplitudno moduliran nosilec. Moduliran signal je linearna rampa. Izhod logaritemskega ojačevalnika (srednja sled) zagotavlja večje ojačenje za signale z nizko frekvenco in postopno nižanje ojačenja, ko se raven signala povečuje, kar proizvaja logaritemsko uravnotežen izhodni signal. Spodnja sled je ovojnica izhoda logaritemskega ojačevalnika, ki je izhodna možnost za detektorski logaritemski ojačevalnik. Logaritemski ojačevalnik, uporabljen pred analogno digitalnim pretvornikom (ADC), stisne vhodni signal, da se prilega fiksnemu vhodnemu obsegu ADC-ja.

Topologije logaritemskega ojačevalnika

Obstajata dve različni topologiji logaritemskega ojačevalnika: večstopenjski logaritemski ojačevalnik in enostopenjski logaritemski ojačevalnik. Večstopenjski logaritemski ojačevalnik je odvisen od zaporednega omejevanja v seriji ojačevalnikov. Ta topologija se

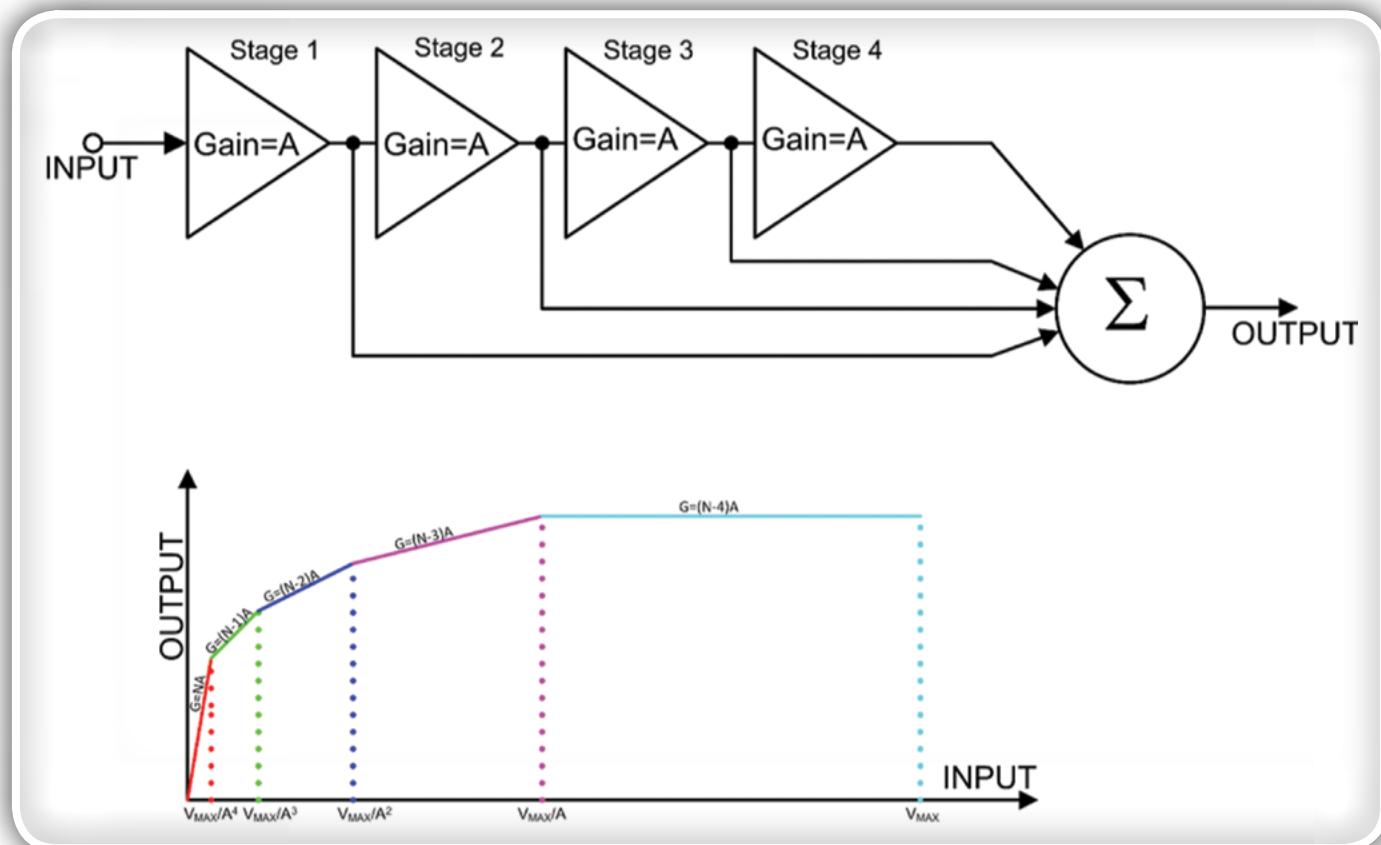
najpogosteje uporablja z visokofrekvenčnimi signali do nekaj gigahercev, ki so značilni za radarske in komunikacijske aplikacije.

Enostopenjski logaritemski ojačevalnik uporablja diodo ali tranzistor, ki je priključen na diodo, v povratni zanki operacijskega ojačevalnika (op amp). Ta vrsta logaritemskega ojačevalnika je omejena na frekvence pod 20 megahercev (MHz). Logaritemski ojačevalniki s to tehnologijo se običajno uporabljajo s senzorji v krmilnih aplikacijah.

Večstopenjski logaritemski ojačevalnik

Pri večstopenjskih logaritemskih ojačevalnikih se doseže logaritemski odziv amplitude z nizom linearnih ojačevalnikov z dobrimi omejitvenimi karakteristikami preobremenitve, pri čemer izhod vsakega poganja naslednjo stopnjo kot tudi seštevalnik (slika 2).

Ojačevalni niz, ki je prikazan na sliki 2, uporablja štiri ojačevalnike, od katerih ima vsak isto ojačenje A. Signali z nizko amplitudo – pod ravno, ki povzroča omejitev v kateri koli fazi – imajo ojačenje $N \times A$ ali v tem primeru $4 \times A$. Ta je prikazana v funkciji prenosa na spodnjem delu slike, kjer ima levi (rdeči) segment ojačenje, enako $N \times A$ kot kaže



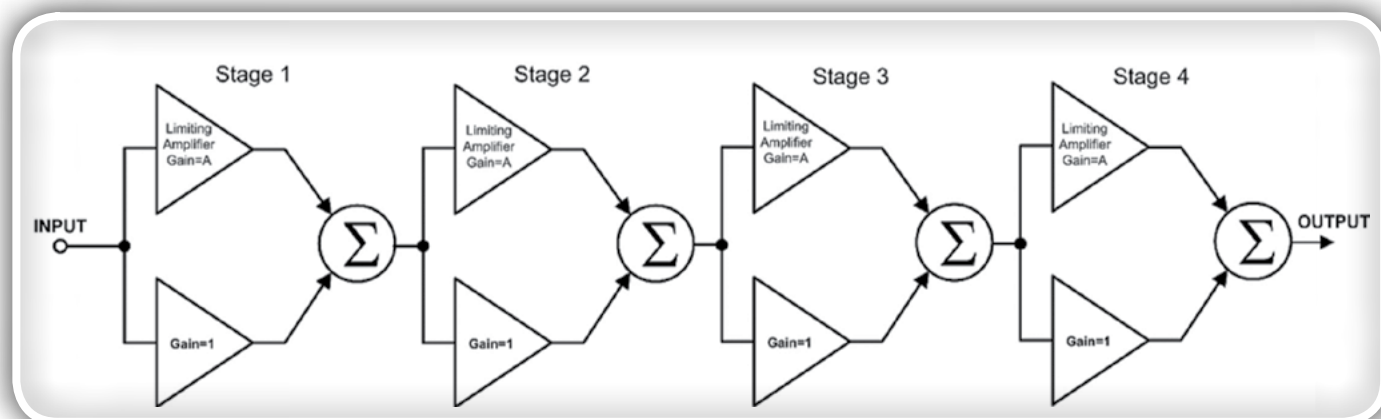
Slika 2: Prikazan je preprost konceptualni model serijskega povezovanja več linearnih ojačevalnikov, katerih posamezni izhodi se seštevajo (zgoraj). Pristop prinaša logaritemski odziv amplitude, kot je prikazano na grafu funkcije prenosa (spodaj). (Vir slike: Digi-Key Electronics)

naklon odseka črte za amplitude med nič in V_{MAX} / A^4 , pri čemer je V_{MAX} največja vhodna napetost.

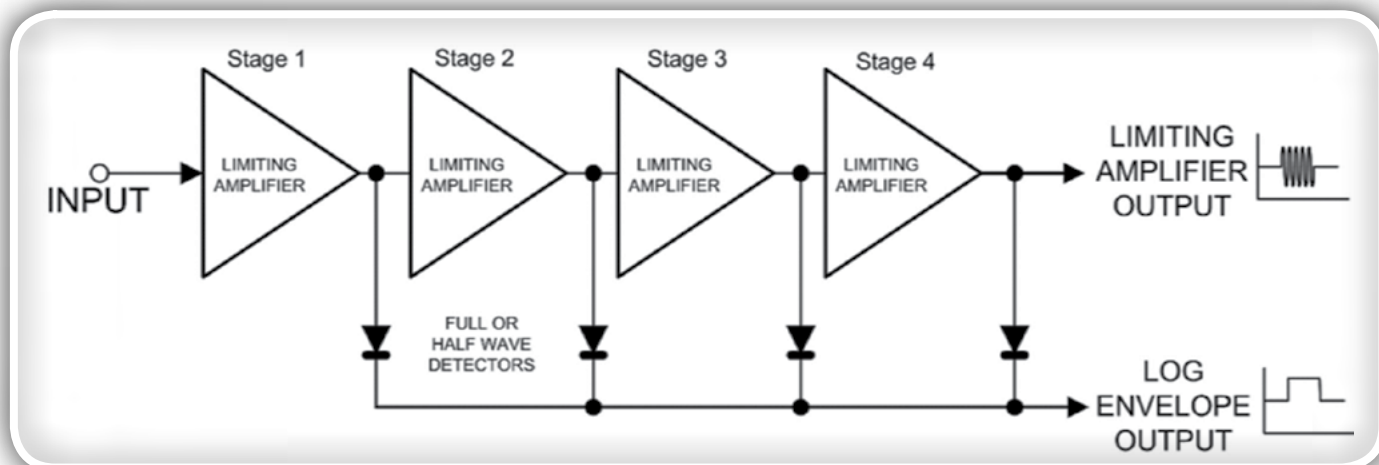
Ko se vhodna raven povečuje, se v nekem trenutku ojačenje zadnjega ojačevalnika (faza 4) začne omejevati. Skupno ojačenje pade na $(N - 1) \times A$, ali $3 \times A$. Naklon zelenega segmenta, med vhodno ravno V_{MAX} / A^3 in V_{MAX} / A^4 , predstavlja to območje ojačenja. Ko vhodna raven še naprej narašča, se ojačenje ojačevalnikov prejšnjih faz zaporedoma omejuje. Temno modri segment ima ojačenje $(N - 2) \times A$, vijolični segment $(N - 3) \times A$ in svetlo modri segment $(N - 4) \times A$ ali nič.

Ta konceptualni model pomaga razložiti, kako se z zaporedjem ojačevalnikov razvije logaritemski odziv, vendar pa ima pomanjkljivost. Za vse faze ojačevalnika je značilna zakasnitev širjenja signala. Komponente signala iz prve faze dosežejo seštevnik pred tistimi v poznejših fazah, kar izkrivlja izhodno valovno obliko. To se lahko popravi s spremembo osnovnega vezja (slika 3).

Ta topologija nadomešča enostopenjske ojačevalnike s pari ojačevalnikov. Vsak par sestavlja omejevalni ojačevalnik, ki zagotavlja ojačenje, kadar je to potrebno, in sledilnik napetosti, če ojačenje ni potrebno. Seštevek se pojavi v vsaki fazi in odpravlja zakasnitve.



Slika 3: Če želimo preprečiti zakasnitev, v topologiji zaporednih logaritemskih ojačevalnikov uporabimo kaskadno arhitekturo s pari ojačevalnikov. Vsak par sestavlja omejevalni ojačevalnik, ki zagotavlja ojačenje, kadar je to potrebno, in sledilnik napetosti, kadar ojačenje ni potrebno. Seštevek se pojavi v vsaki fazi in odpravlja zakasnitve. (Vir slike: Digi-Key Electronics)



Slika 4: Logaritemski ojačevalnik z zaporednim zaznavanjem doda vršno zaznavanje po vsaki fazi. Ti izhodi se nato seštejejo, da se ustvari ovojnica amplitude izhodnih signalov logaritemskega ojačevalnika. (Vir slike: Digi-Key Electronics)

se pojavi v vsaki fazi, kar odpravlja zakasnitev, do katere pride pri uporabi enega seštevalnika. Pri majhnih signalih omejevalniki zagotavljajo prevladujočo pot. Ko se amplituda signala poveča, se zadnja faza začne omejevati, kar sledilniku napetosti v tej fazi omogoča, da postane prevladujoči vhod seštevalnika. Povečanje vhodne ravni nadalje povzroči zaporedno omejevanje prejšnjih faz, kar povzroči splošno znižanje ojačenja.

Različica topologije serije ojačevalnikov je logaritemski ojačevalnik z zaporednim zaznavanjem (slika 4).

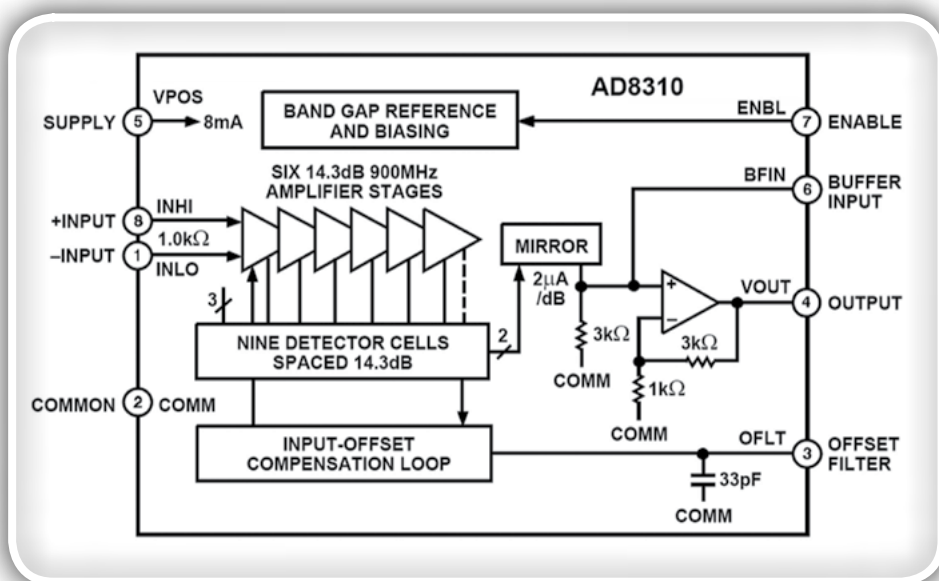
Logaritemski ojačevalnik z zaporednim zaznavanjem uporablja isto omejevalno verigo ojačitve, ki je bila opisana prej, vendar dodaja vršno zaznavanje po vsaki stopnji. Ti izhodi se seštejejo, da se ustvari ovojnica amplitude izhoda logaritemskega ojačevalnika. Nekatere različice oddajajo tudi logaritemsko ojačene signale. Detektorji so lahko polvalni ali polnovalni usmerniki, odvisno od zasnove vezja. Logaritemska ovojnica je uporabna v primerih, ko je treba izločiti zaznano raven signala. Takšni primeri vključujejo samodejne krmilnike ojačenja in kazalnike jakosti sprejemnega signala (RSSI). Dober primer komercialnega večstopenjskega demodulacijskega logaritemskega ojačevalnika je Analog Devices AD8310ARMZ-REEL7 (slika 5).

AD8310 ima diferencialni vhod z dinamičnim razponom 95 dB prek pasovne širine 440 MHz z linearnostjo $\pm 0,4$ dB. Ima šest ojačevalnikov, od katerih ima vsak nominalno ojačenje 14,3 dB (ojačenje 5,2) in pasovno širino 900 MHz. Vsak ojačevalnik poganja detektor s tokovnim izhodom, ki se pretvori v napetost z vmesnim ojačevalnikom in nato v izhod.

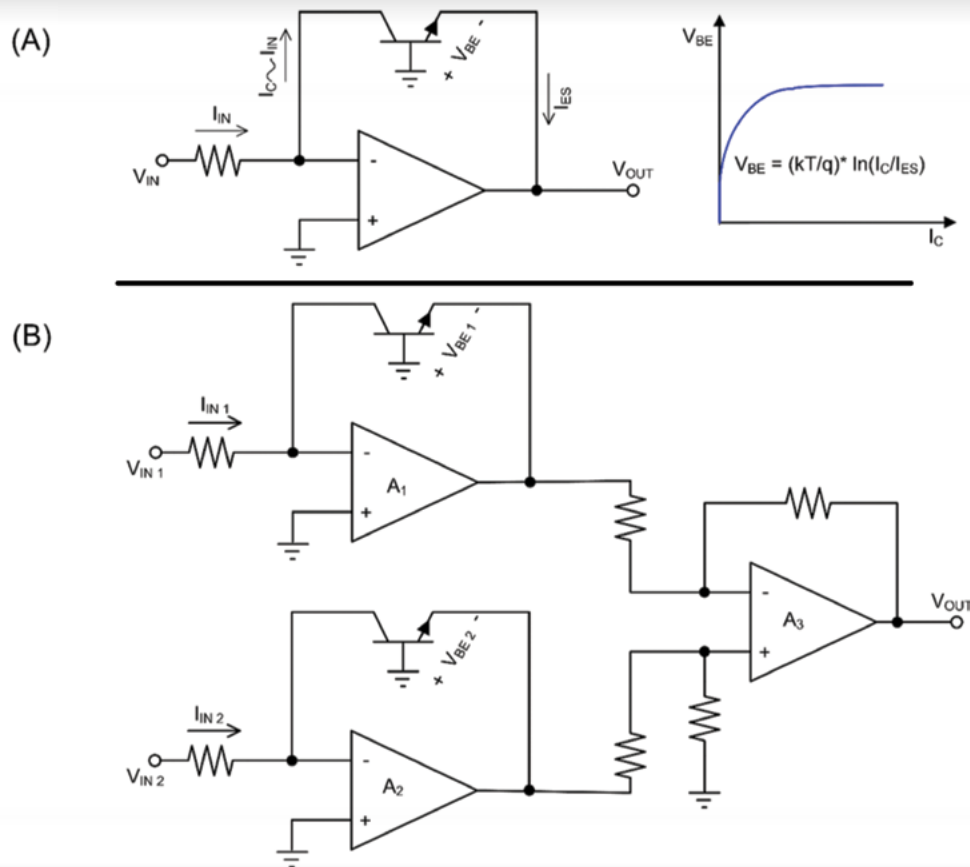
Enostopenjski logaritemski ojačevalnik

Kot smo že omenili, je alternativna topologija z enosmernim logaritemskim ojačevalnikom. Ta uporablja diodo ali tranzistor, ki je priključen na diodo, v povratni poti operacijskega ojačevalnika. Najpogosteje uporabljena konfiguracija je tranzistor, priključen na diodo (slika 6A). Napetost na tranzistorskem izhodnem stiku je sorazmerna z logaritmom toka skozi njega. Če imamo tranzistor, ki je priključen na diodo, v povratni poti operacijskega ojačevalnika, dobimo izhodno napetost, ki je sorazmerna z logaritmom razmerja vhodnega toka in nasičenostjo toka oddajnika (IES).

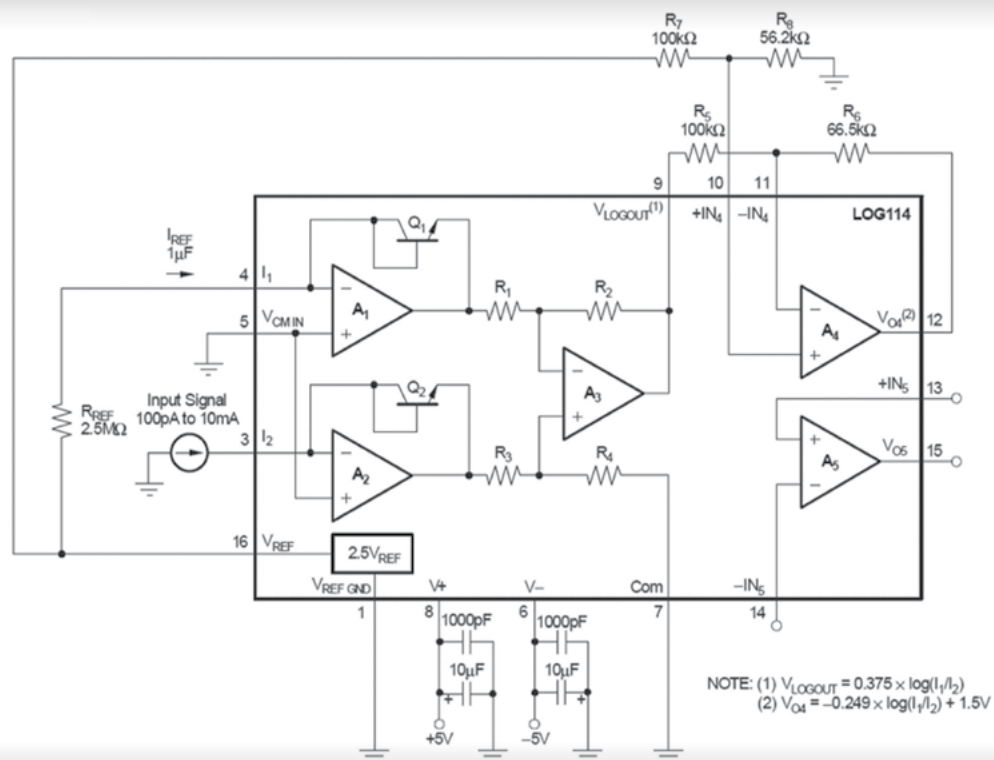
Omejitev preproste konfiguracije, prikazane na sliki 6(A), je v tem, da je njen izhod odvisen od temperature, kot je prikazano v enačbi, kjer je T temperatura v stopinjah Kelvina, in od nasičenosti toka oddajnika, IES. S konfiguriranjem



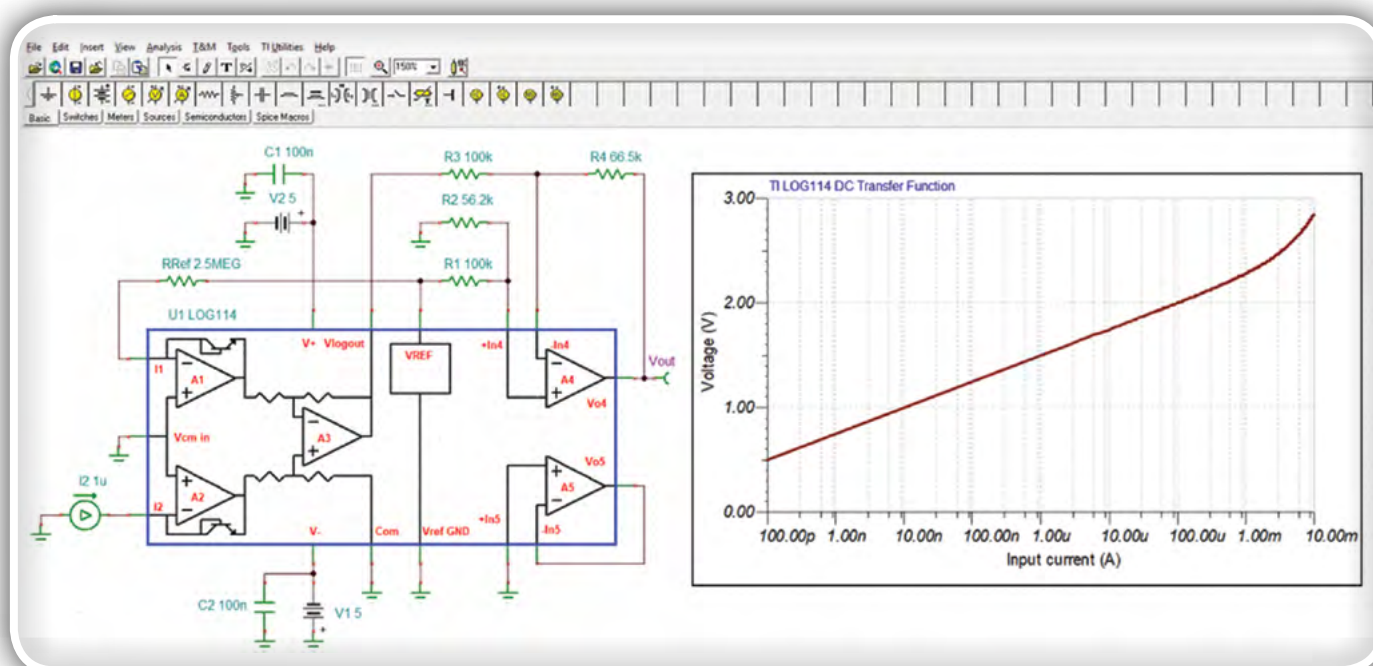
Slika 5: Večstopenjski demodulacijski logaritemski ojačevalnik AD8310 ima šest ojačevalnikov, od katerih ima vsak nominalno ojačitev 14,3 dB (ojačitev 5,2) in pasovno širino 900 MHz. (Vir slike: Analog Devices)



Slika 6: Logaritemski ojačevalnik lahko uporablja tranzistor, ki je priključen na diodo, v povratni poti operacijskega ojačevalnika (A). Temperaturna odvisnost te vrste logaritemskega ojačevalnika se močno zmanjša, če sta oba ojačevalnika povezana diferencialno (B). (Vir slike: Digi-Key Electronics)



Slika 7: Funkcijska shema in pripadajoče zunanje komponente logaritemskega ojačevalnika LOG114. Ojačevalnik temelji na temperaturno kompenziranem vezju in vključuje dva dodatna ojačevalnika. (Vir slike: Texas Instruments)



Slika 8: Simulacija TINA-TI modela logaritmskega ojačevalnika LOG114 kaže jasno linearnost v sedmih dekadah vhodnega toka. (Vir slike: Digi-Key Electronics)

dveh takšnih ojačevalnikov v obliki diferencialnega para, kot je prikazano na sliki 6(B), se lahko ta odvisnost močno zmanjša. Diferencialna različica je transimpedančni ojačevalnik, ki izračuna logaritem razmerja I_{IN2} / I_{IN1} in ima napetostni izhod. I_{IN1} je običajno nastavljen kot fiksni referenčni tok.

Izdelek Texas Instruments LOG114AIRGVT je enostopenjski logaritmski ojačevalnik, ki ima dinamični obseg do osem dekad s pasovno širino 5 MHz. Konfiguriramo ga lahko kot logaritmski ojačevalnik ali ojačevalnik z logaritmskim razmerjem. Poleg temperaturno kompenziranega ojačevalnika vključuje tudi dva operacijska ojačevalnika in 2,5-voltni referenčni vir napetosti (slika 7).

Texas Instruments ponuja model vezja za LOG114, ki oblikovalcem omogoča simuliranje njihovih modelov na simulatorju vezij TINA-TI Texas Instruments (slika 8).

To vezje uporablja vgrajeno referenčno napetost 2,5 volta

za vzpostavitev referenčnega toka I_1 pri 1 mikroamperu (μA). Spremljevalna funkcija prenosa kaže linearni odziv v sedmih dekadah od 100 pikoamperov (pA) do 1 miliampera (mA) v tokovnem razponu 140 dB. Izhod logaritmskega ojačevalnika se prilagodi z uporabo enega od dveh dodatnih operacijskih ojačevalnikov, s čimer ustvarimo enačbo funkcije prenosa: $V_{out} = -0,249 \times \log(I_1 / I_2) + 1,5$ volta.

Zaključek

Z logaritmskimi ojačevalniki lahko razvijalec obdeluje signale širokega dinamičnega obsega bodisi v osnovnem pasu ali VF. Ti ojačevalniki stisnejo signal širokega dinamičnega obsega v fiksno izhodno območje, kar preprečuje prekoračitev in prirezovanje signala v naslednjih fazah. Rešitve logaritmskih ojačevalnikov so v prodaji pogosto podprte celo s spletnimi orodji za simulacijo, ki pomagajo pri procesu oblikovanja.

www.digikey.com



VENTIL
REVUIA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

telefon: +386 1 4771-704

GSM: +386 41 797 281

<http://www.revija-ventil.si>

e-mail: ventil@fs.uni-lj.si

Dnevi Industrijske Robotike 2019

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

Že tradicionalno je skupina študentov Fakultete za elektrotehniko pod mentorstvom prof. dr. Marka Muniha organizirala Dneve industrijske robotike 2019 – DIR19. Enotedenski dogodek je potekal od prvega do petega aprila in je vključeval tekmovanje RobotChallenge, predavanja strokovnjakov iz industrije, predstavitev robotskih aplikacij v avli FE ter strokovno ekskurzijo v Revoz d.d. in TPV d.o.o..



Dober teden pred uradnim začetkom dogodka je potekalo tekmovanje RobotChallenge. Osem parov se je preko treh nalog stopnjujočih se težavnosti pomerilo v virtualnem načrtovanju robotskih celic. Naloge so zajemale učenje robota sledenja trajektorijam, prijemanje, premikanje in odlaganje predmetov iz ene mize na drugo ter vodenje sodelovanja dveh robotov. Letošnja zmagovalca sta Rok Podpečan in Bor Gradečak s Fakultete za elektrotehniko v Ljubljani.

V ponedeljek, 1. 4. 2019 smo uradno otvorili dogodek z uvodnimi besedami dekana Fakultete za elektrotehniko prof. dr. Gregorja Dolinarja in predstojnikom Laboratorija za robotiko prof. dr. Marka Muniha ter podelitvijo priznanj najbolj uspešnim pri tekmovanju RobotChallenge. Čez teden so sledila tri vabljen predavanja strokovnjakov iz industrije. Asist. Dr. Miha Pipan in Hugo Zupan iz LASIM FS sta nam v torek, 2. 4., predstavila digitalni dvojček proizvodnega sistema in implementacijo VR tehnologije. Dr. Viktor Zaletelj iz podjetja Epilog nam je v sredo, 3. 4., predstavil napredne tehnologije v logistiki pametnih tovarn in za zaključek



nam je v četrtek, 4. 4., inženirka leta 2018 Dora Domajnko, iz podjetja RLS merilna tehnika, predavala o merjenju položaja.

Od ponedeljka do četrтка je bilo v avli fakultete razstavljenih osem robotskih aplikacij, ki so jih načrtovali in predstavili študentje. V dopoldanskem času so si jih ogledale skupine vedoželjnih dijakov, osnovnošolcev ter navdušenih predšolskih otrok. Nekateri pa so sodelovali tudi na aplikacijah in se naučili več o programiranju industrijskih robotov. V popoldanskem času so se študenti, ki so se predhodno prijavili preko spletne strani dogodka, spoznali z delovanjem robotov ter se tudi sami preizkusili v vodenju in programiranju v njihovem operacijskem okolju.

Preko dneva so nas obiskali tudi profesorji, študenti, strokovnjaki iz industrije in drugi, ki jih zanima robotika. Pri načrtovanju aplikacij smo imeli v mislih, da z vsako aplikacijo prikažemo drugačen način uporabe robotov. Uporabili smo različne tipe robotov – od kolaborativnih robotov do industrijskih robotskih manipulatorjev



1. Iskanje ter odprava poškodb v barvi (aplikatorja: Jure Štojs in Marko Tičar)

- Na gostinskem kavomatu nam je kavo, kot prava barista, pripravil 6-osni Staubli TX60 robot.

2. Kaligrafija (aplikatorja: Petra Šmid in Matej Tomc)

- Prikaz združitve moderne tehnike robotike in stare umetnosti kaligrafije. Mitsubishi RV-4FRLM nam na listič izpiše poljubno besedo s pomočjo kaligrafskega pisala.

3. Kavomat (aplikatorji: Jan Fink, Rok Lakner, Aleš Ručigaj)

- Na gostinskem kavomatu nam je kavo, kot pravi barista, pripravil 6-osni Staubli TX60 robot.

4. Pingpong (aplikatorji: Sebastian Čolić, Peter Kmecl, Tjaša Potočar)

- Yaskawin robot Motoman HC10 je s pomočjo kamer prepoznal lokacijo žogice v svoji okolici in jo poskušal balansirati/odbiti na pingpong loparju.

5. Pizzabot (aplikatorji: Tanja Buh, Stane Lokar, Vid Mlačnik, Nina Seifert)

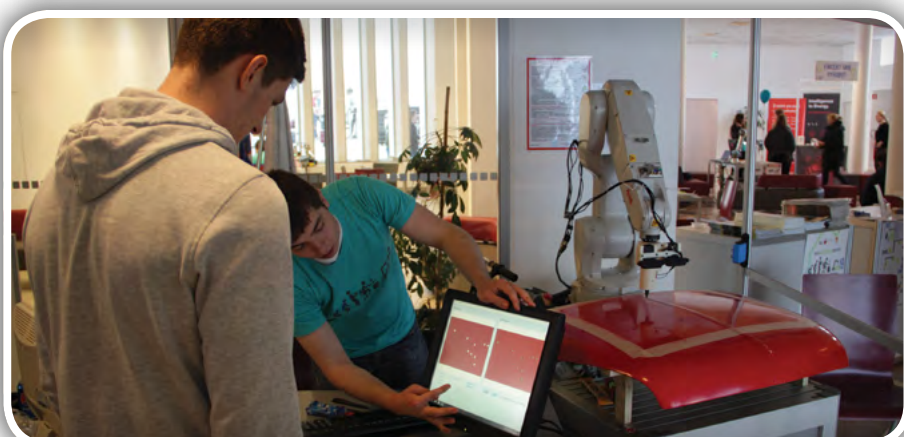
- Robot Epson PS3-AS00 se je preobrazil v pravega picopeka, saj je z enim samim fleksibilnim orodjem s štirimi prijemali pobiral, prenašal in nanašal vse potrebno za okusne pica kruhke ter jih nato še spekel v pečici. Za zanesljivo delovanje je skrbel Omronov krmilnik, za varnost pa laserski varnostni skener.

6. Rezkanje (aplikatorji: Matevž Jelenko, Kristjan Jurčič, Tine Koc)

- 5-osno rezkanje z robotom nam je prikazal robot ABB IRB 120. Podobno kot CNC stroj je uspel izdelati šahovske figure.

7. Spajkanje (aplikatorji: Maruša Kerpan, Timotej Klemenčič, Žan Matic Pratnemer)

- Prikaz sodelovanja človeka z robotom Staubli TX40. Pripravili so preprosto vezje na katerega so položili elemente, robot pa jih je prispajkal.





8. Vincent Van Pyrobot (aplikatorji: Vilijem Borštar, Eva Burja, Rok Čepin, Leja Poredoš)

- Fotografijo so s pomočjo programa pretvorili v kodo UR Script, ki je razumljiva robotu. Tako je kolaborativni robot UR5 znal s pirografom izvesti ustrezne gibe ter ovekovečil sliko na lesu.

DIR 2019 smo zaključili v petek, 5. 4. s strokovno ekskurzijo.



Najprej nas je pot vodila v Revoz, ki je eno največjih slovenskih podjetij, edini slovenski proizvajalec avtomobilov in vrsto let največji izvoznik. Pokazali so nam kontrolno sobo iz katere lahko ugotavljajo napake na posameznem delu linije in na vsakem robotu ter optimizirajo samo proizvodnjo, kar jim omogoča, da se s proizvodnega traku vsako minuto in pol odpelje novo vozilo.

Predstavili so nam edino fleksibilno proizvodno linijo v Sloveniji, na kateri se lahko sočasno sestavlja karoserije kar štirih različnih modelov avtomobilov.



Po ogledu, po številu robotov najbolj robotizirane tovarne v Sloveniji, smo si ogledali tudi proizvodni obrat TPV v Veliki Loki. TPV, kot razvojni dobavitelj sestavnih delov za avtomobilsko industrijo se ponaša z zelo kvalitetno proizvodnjo.



Ogledali smo si napredne robotske aplikacije, ki so jih razvili v podjetju, med drugim na umetni inteligenci osnovano pametno prepoznavo 3D objektov, njihove pozicije in orientacije, kar robotu močno olajša nalogo pobiranja naključno raztresenih objektov iz škatle.

Pokazali so nam tudi svoj proizvod na sceni mobilne robotike oz. AGV (Automated Guided Vehicle), ki omogoča avtonomno prevažanje surovin iz skladišča do mesta obdelave, pri čemer pa lahko popolnoma naložen premaguje 8-stopinjski naklon.

<http://www.robolab.si>
<http://www.fe.uni-lj.si>



BeeHive204



BeeHive208S



SmartProg2



programming has never been easier



BeeProg2



BeeProg2C



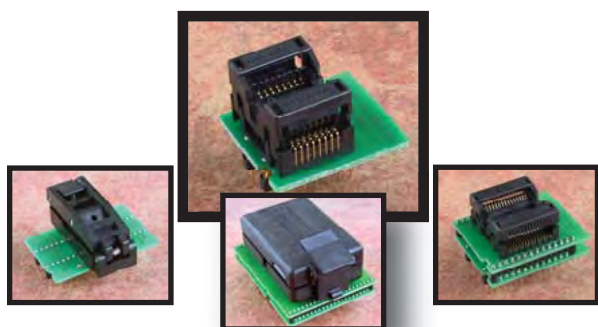
telefon
01 549 14 00

www.elnec.com
www.svet-el.si

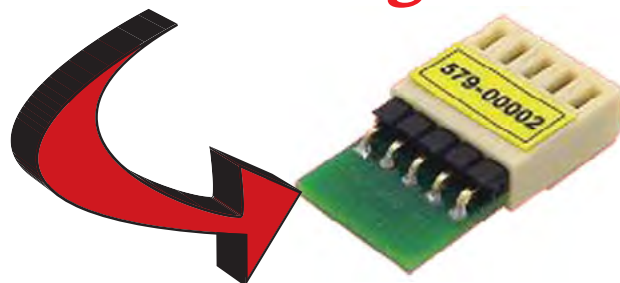


uradni zastopnik je
AX elektronika d.o.o.

Adapterji vseh vrst



**Nadgradnja v
SmartProg2**



Testni IoT sistem v oblaku za študente telekomunikacij

Avtorja: Grega Močnik, mag.inž. ele. in Danilo Zimšek, uni. dipl. inž. tk.

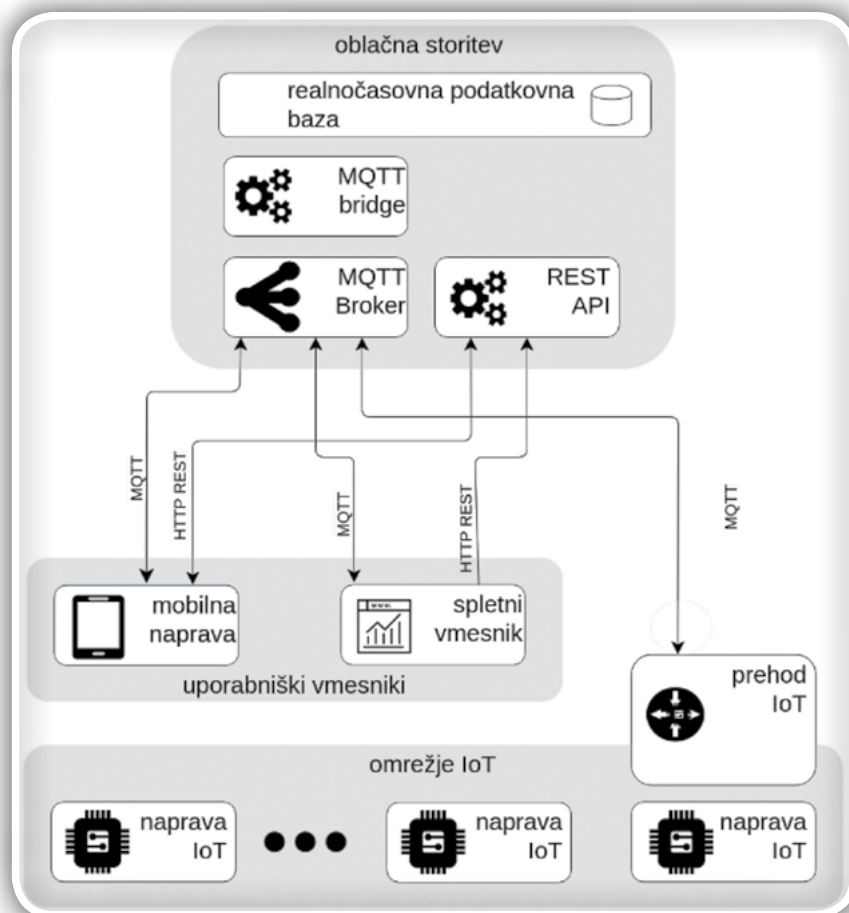
E-pošta: grega.mocnik@um.si

Na FERl-ju smo za študijski program telekomunikacij pripravili storitev v oblaku za povezovanje naprav IoT in analizo podatkov IoT. Storitve v oblaku je zasnovana modularno. Takšna zasnova omogoča preprosto menjavanje gradnikov in komunikacijskih protokolov.

Omogočeno menjavanje posameznih gradnikov predstavlja napredno učno okolje za študente, ki se spoznavajo s tovrstno tematiko. Študenti telekomunikacij v sklopu predmetov spoznavajo komunikacijske standarde, ki predstavljajo stanje tehnike na najrazličnejših področjih, eno izmed njih je področje Interneta stvari. Na tem področju srečamo ogromno komunikacijskih protokolov za različne fizične komunikacije med napravami. Že dolgo je poznano, da je spoznavanje teorije skozi prakso najučinkovitejše učenje, zato smo na našem inštitutu razvili učno okolje - storitev v oblaku. Zgradbo osnovne različice okolja ponazarja slika 1.

Celotno učno okolje sestoji iz omrežja IoT, storitve v oblaku in uporabniških vmesnikov. V omrežju IoT so naprave IoT, ki se povezujejo z uporabo protokolov fizičnega sloja IEEE 802.15.4, BLE ali WiFi HaLow. Uporaba naštetih protokolov omogoči da naprave v omrežju IoT delujejo z nizko porabo energije. Vendar pa zahtevajo uporabo prehoda, ki omogoči povezovanje in komunikacijo z napravami v omrežju internet.

Komunikacijski prehod IoT paketom, ki so namenjeni v internet zamenja fizični in po potrebi omrežni sloj paketa. Na fizičnem sloju uporabi protokole fizičnega sloja Ethernet ali WiFi, odvisno od tehnologije povezave samega prehoda v



Slika 1: Zgradba IoT sistema v oblaku

internet. Na omrežnem sloju se uporabi MAC protokol. Takšen paket (v našem primeru gre za MQTT publish paket) prehod pošlje do MQTT posrednika v storitvi v oblaku.

Dodatna pojasnila:

IEEE 802.15.4: je tehnični standard, ki definira delovanje brezžičnih osebnih omrežij z nizko stopnjo napajanja. Določa fizični sloj in je osnova za specifikacije Zigbee, ISA100.11a, WirelessHART, MiWi, 6LoWPAN, Thread, od katerih vsaka dodatno razširja standard z razvojem zgornjih plasti, ki niso opredeljene v IEEE 802.15.4. Še posebej 6LoWPAN definira vezavo za različico IPv6 interneta (IP).

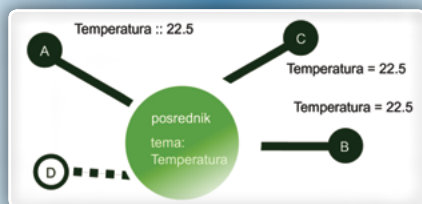
BLE: Bluetooth Low Energy (BLE), ali včasih imenovan tudi „Bluetooth Smart“, je light-weight implementacija klasičnega Bluetootha in je bil predstavljen kot del specifikacije jedra Bluetooth 4.0. Čeprav obstaja nekaj prekrivanja s klasično Bluetooth tehnologijo, ima BLE dejansko povsem drugačen način

delovanja. Prve verzije BLE je razvila Nokia, pod imenom „Wibree“. Nato je prevzel Wibree Bluetooth SIG.

WiFi HaLow: IEEE 802.11ah je brezžični omrežni protokol, objavljen leta 2017, ki se imenuje tudi Wi-Fi HaLow (izgovarja se „HEY-Low“) kot sprememba standarda IEEE 802.11-2007 za brezžično omrežje. Uporablja 900 MHz pas (ZDA) in 850 MHz (EU), s tem zagotavlja brezžično omrežje razširjenega obsega v primerjavi s običajnimi omrežji Wi-Fi, ki delujejo v pasovih 2,4 GHz in 5 GHz. Na račun izbire frekvenčnega pasu privarčuje z energijo, kar omogoča ustvarjanje velikih skupin postaj ali senzorjev, ki sodelujejo pri izmenjavi signalov in podpirajo koncept Interneta stvari (IoT). Protokol se lahko primerja z Bluetoothom, prednost WiFi HaLow je višja hitrost prenosa podatkov in širši obseg pokritosti.

Spomnimo:

Kako deluje MQTT: Na spodnji sliki vidimo MQTT posrednik, ki je v središču komunikacijskega sistema. Odjemalci A, B, C in D pa so povezani preko različnih fizičnih slojev nanj. Prednost protokola MQTT je strukturirano pošiljanje podatkov. Odjemalci se ločijo v dve skupini objavitelji in naročniki. Objavitelji podatkov na teme objavljajo podatke. Naročniki pa iz teme pridobivajo podatke. Posamezen odjemalec je lahko objavitelj in naročnik. Naloga posrednika je, da omogoči dostopnost podatkov napravam, ki so prijavljene (naročnikom - naprave C in B) na t.i. temo na kateri se nahaja podatek in omogoči objaviteljem (naprava A), da podatke objavljajo na temah.



Preko MQTT posrednika so podatki na voljo drugim napravam v celotnem omrežju. To so lahko storitve za zagotavljanje podatkov uporabniškim vmesnikom ali naprave IoT.

Vsi podatki iz vseh IoT naprav se prenašajo v realno-časovno podatkovno bazo preko MQTT posrednika in MQTT prehoda (MQTT bridge). MQTT prehod deluje kot MQTT odjemalec in je naročen na vse teme posrednika kar mu omogoči, da pridobi vse podatke iz MQTT omrežja. Te podatke shranjuje v podatkovno bazo.

Preko REST aplikacijskega programskega vmesnika (API) dostopajo do podatkov uporabniški vmesniki. Uporabniški vmesniki lahko pridobijo želene zgodovinske in filtrirane podatke, preko protokola MQTT pa realno časovne podatke iz senzorjev.

Osnovna implementacija sistema

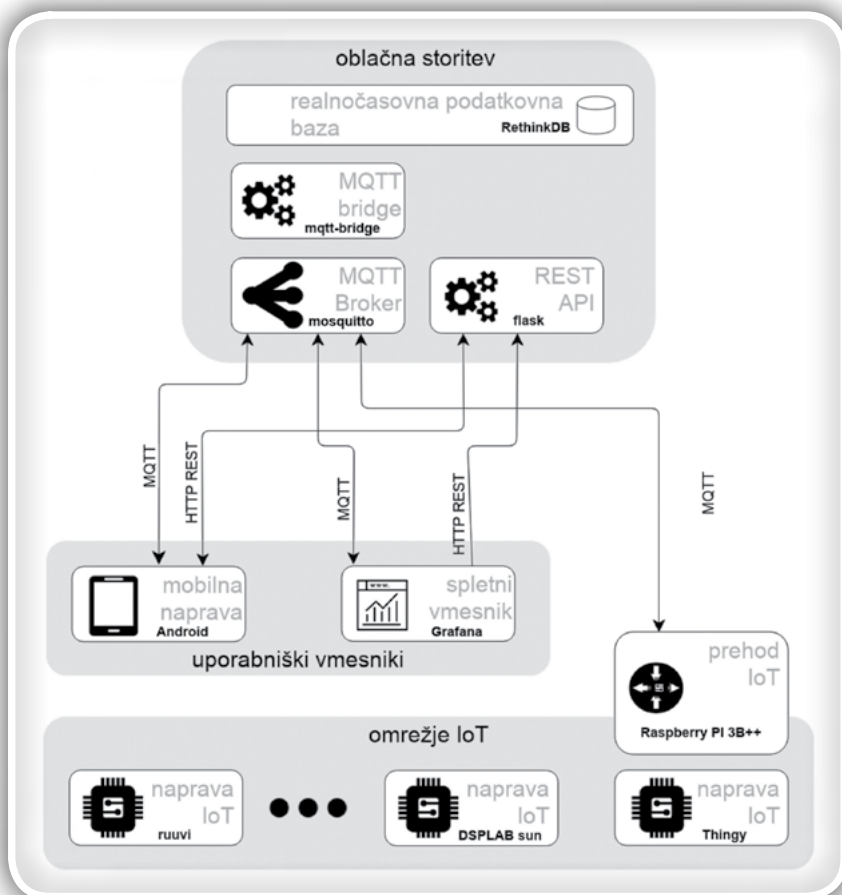
Osnovna implementacija sistema je ena od različic zgoraj opisanega sistema. Osnovna implementacija omogoča preprosto testiranje vsakega od uporabljenih protokolov in za študente predstavlja osnovno okolje za seznanitev s protokoli in načini implementacije le teh.

Osnovno implementacijo sistema ponazarja slika 2. Na sliki 2 so poleg opisov posameznega sklopa v sistemu tudi navedene konkretne rešitve, ki smo jih izbrali za implementacijo posameznega sklopa.

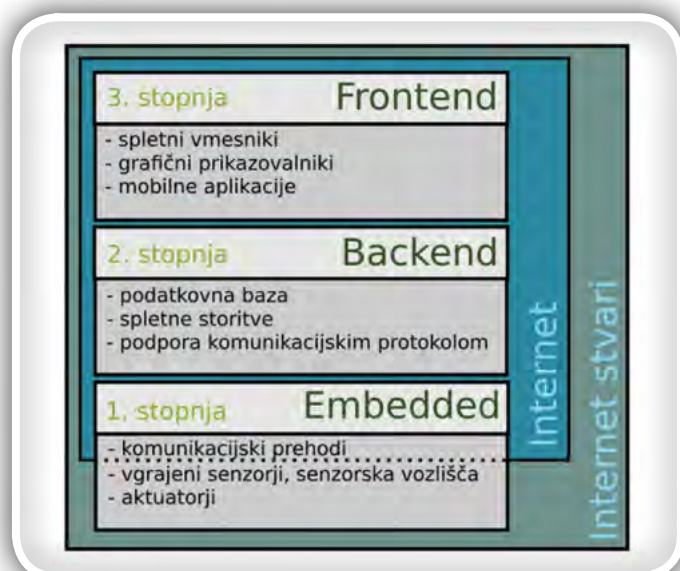
Osnovno omrežje IoT sestavljajo BLE senzorji (ruuvi, DSPLAB sun (BLE verzija) in Thingy), ki so v omrežju IoT in so z IoT prehodom povezani prek BLE. IoT prehod je implementiran na kartičnem računalniku Raspberry PI 3. Ta zagotavlja BLE povezljivost v njegovi osnovni zgradbi. Funkcionalnost prehoda IoT je implementirana s Python skripto. Skripta od vseh senzorjev v časovnem intervalu 30 sekund pridobiva trenutno temperaturo, vlago in zračni tlak. Pri tem se za senzorje ruuvi uporabi Python knjižnica ruuvitag-sensor [2], za senzor Thingy se uporabi bluman in thingy52 [3]. Ostali senzorji, imajo prilagojene generične knjižnice. Za vsakega od podatkov iz vsake naprave tvori paket MQTT sporočilo publish z uporabo knjižnice paho [1]. Nato sporočilo pošlje do MQTT posrednika. Pri tem se uporabi fizična povezava, preko katere je naprava trenutno povezana v internet (WiFi ali Ethernet).

Za posrednik (broker) MQTT smo uporabili odprtokodno implementacijo Eclipse Mosquitto mqtt broker [4]. Gre za strežnik, ki je primeren za implementacijo tako na zmogljivi strojni opre, kot tudi na vgrajenih sistemih. Strežnik implementira MQTT protokol verzije 3.1.1.

Vsi podatki iz senzorjskih vozlišč, potujejo preko brokerja na sistemu v oblaku, nato se shranijo v podatkovno bazo. Podatkovna baza nam omogoči kasnejšo poizvedbo po zgodovinskih podatkih, filtriranje podatkov in napredno obdelavo podatkov, kot je napovedovanje vrednosti. Za shranjevanje podatkov je implementirana realno časovna podatkovna baza Rethinkdb [5]. Za shranjevanje podatkov v bazo skrbi mqtt prehod [6]. Deluje tako, da je prijavljen na vse teme izbranega MQTT posrednika, kar pomeni, da pridobiva podatke od vseh



Slika 2: Zgradba IoT sistema v oblaku z implementiranimi rešitvami in opombami



Slika 3: Tehnične stopnje razvojnih modelov, ki sestavljajo celoto koncepta Internet stvari

senzorjev in jih z ReQL stavkom shrani v podatkovno bazo, ki je v enakem sistemu v oblaku.

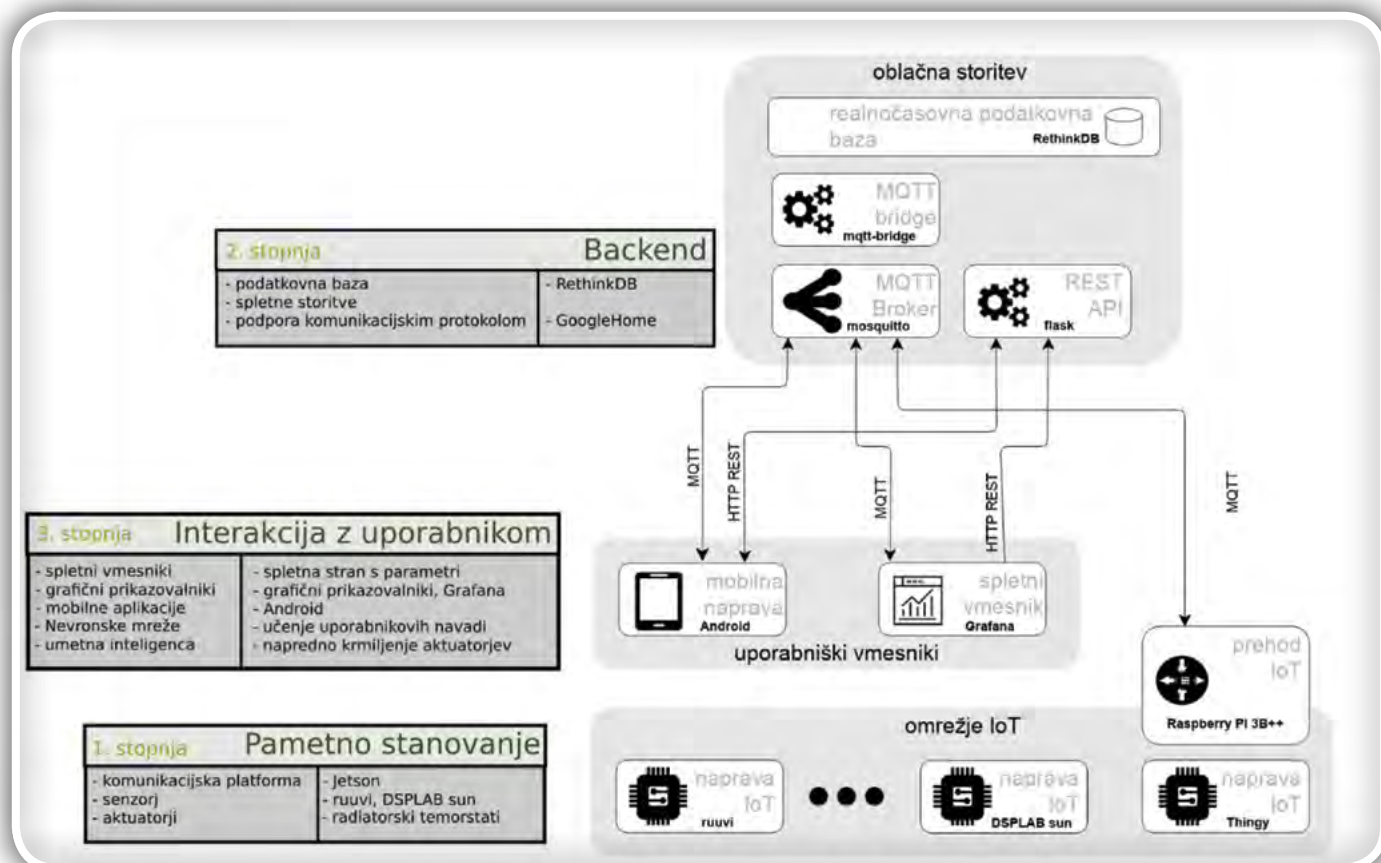
Strukturirane podatke iz podatkovne baze lahko pridobimo tudi z storitvijo REST API. S to storitvijo omogočimo, dostop do podatkov mobilnim aplikacijam, spletnim storitvam in vmesnikom. REST API Storitve je implementirana kot Python program. Za implementacijo storitve preko vmesnika je uporabljena knjižnica flask [7], za pridobivanje podatkov

iz baze pa knjižnica rethinkdb [8]. S povezavo teh dveh knjižnic omogočimo dostopnost strukturiranih podatkov iz podatkovne baze z storitvijo REST.

Zaključek

Opisana implementacija sistema v oblaku ponuja osnovne funkcionalnosti, ki predstavljajo t.i. backend pristop do podatkov, kar pomeni, da je platforma primerna za nadgradnjo in omogoča enostavno širjenje funkcionalnosti, kot so uporabniška vizualizacija podatkov, napovedovanje vrednosti in avtomatizacija na podlagi vzorcev iz podatkov (frontend). Platforma je zgrajena iz odprtokodne programske opreme, tako ponuja veliko možnosti in prilagoditev sistema. S to vrsto platforme lahko pokrivamo tri tehnične stopnje razvoja tehnologij v konceptu Internet stvari. Kot prikazuje slika 3.

S to platformo omogočimo tudi multimodalno učenje, saj s pomočjo platforme lahko ustvarimo poligon s podatki za strojno učenje, pri predmetih kjer potekajo vaje in predavanje na temo umetne inteligence. Senzorji v tem sistemu zajemajo najrazličnejše podatke, backend stopnja nam omogoča, da se podatki strukturirano razvrstijo v podatkovne baze s frontendom pa omogočimo, da so podatki dostopni najrazličnejšim načinom uporabe, kot je učenje nevronske mreže. Mogoče je tudi praktično spoznavanje s komunikacijskimi protokoli, ki potekajo po telekomunikacijskem ISO/OSI modelu. Pri predmetih kjer potekajo spoznavanje z vgrajenimi sistemi lahko nudi



Slika 4: Primer uporabe opisane platforme

Dodatna pojasnila:

Realno časovna podatkovna baza: je sistem zbirke podatkov, ki uporablja obdelavo v realnem času za obdelavo delovnih obremenitev, katerih stanje se nenehno spreminja. To se razlikuje od tradicionalnih baz podatkov, ki vsebujejo trajne podatke, večinoma nespremenjene s časom. Prednost realno časovnih podatkovnih baz je tudi da namesto tipičnih zahtev REST HTTP (lahko se tudi uporabi REST HTTP) realno časovna podatkovna baza uporablja sinhronizacijo podatkov - vsakič, ko se podatki spremenijo, vsaka povezana naprava prejme to posodobitev v nekaj milisekundah. Odjemalcem ni treba izvesti poizvedbe ampak so obveščeni o spremembah podatkov.

Zakaj smo izbrali RethinkDB? In katero podatkovno bazo izbrati?

Ko izbiramo podatkovno bazo, se najprej odločamo med relacijsko (SQL) in nerelacijsko (NoSQL) podatkovno strukturo. Medtem ko lahko vsaj pri manjših projektih uporabimo obe od možnosti, je dobro, da se zavedamo glavnih razlik med njima, ko se odločamo med njima.

Strukture podatkov

Podatkovne baze SQL uporabljajo jezik SQL (strukturni povpraševalni jezik za delo s podatkovnimi bazami) za definiranje strukture in manipulacijo s podatki. Na eni strani je jezik SQL široko razširjen in zelo močan zlasti za kompleksne poizvedbe. Na drugi strani lahko postane omejujoč. SQL zahteva preddefinirano shemo podatkov, ki določa strukturo podatkov, preden začnemo delo s samimi podatki. Vsi podatki morajo slediti isti strukturi. Slednje zahteva veliko vnaprejšnje priprave, kasnejša sprememba v strukturi pa je lahko težka in moteča za celotni sistem.

NoSQL podatkovna baza na drugi strani ima dinamično shemo za nestrukturirane podatke, podatki pa so shranjeni na različne načine:

- stolpično usmerjene zbirke
- zbirke grafov,
- dokumentne zbirke,
- shrambe s ključi.

Slednje pomeni, da lahko ustvarimo dokument brez vnaprejšnjega definiranja

njegove strukture, vsak dokument lahko ima svojo strukturo in sproti lahko dodajamo polja za podatke, ko jih potrebujemo.

Razširljivost

V večini primerov implementacij, so podatkovne baze SQL vertikalno razširljive, kar pomeni, da lahko povečamo obremenitev enega strežnika preprosto tako, da zagotovimo dodatne strojne vire v obliki centralne procesne enote, diska in delovnega pomnilnika. V nasprotju so podatkovne baze NoSQL horizontalno razširljive. To pomeni, da lahko več prometa obdelamo z deljenjem dodajanjem več strežnikov v bazo NoSQL. Zaradi slednjega so NoSQL podatkovne baze prednostna izbira za velike ali vedno spreminjajoče se podatkovne zbirke.

Primerjava podatkovnih baz SQL proti NoSQL (MySQL proti RethinkDB)

Najbolj priljubljena implementacija relacijske podatkovne baze je MySQL, nerelacijske pa Firebase, ki ni odprtokodna (RethinkDB je odprtokodna), zato se osredotočimo na razlike med njima. MySQL se običajno uporablja v primerih, ko imamo točno določeno in dobro definirano domeno, na katero se podatki nanašajo in hkrati ne pričakujemo tekom uporabe novih podatkov. Na drugi strani je Firebase ali RethinkDB dobra izbira, ko imamo domeno, pri kateri pričakujemo hitro rast in nimamo točne definicije sheme ali jo je težko določiti. Za primere uporab kot so sistemi IoT z realnočasovno analizo podatkov, mobilne aplikacije in sistemi za upravljanje vsebin, kjer se podatkovne sheme hitro spreminjajo, je dobra odločitev podatkovna baza NoSQL in najbolj razširjena odprtokodna implementacija le-te RethinkDB.

REST: REST je kratica za REpresentational Sate Transfer, izraz, ki ga je leta 2000 skoval Roy Fielding. Gre za komunikacijsko arhitekturni slog za oblikovanje »ohlapno« (brez neposredne povezave) povezanih aplikacij preko HTTP, ki se pogosto uporablja pri razvoju spletnih storitev. V današnjem času se je REST razvil za najrazličnejše aplikacijske protokole ne le za HTTP. Tovrstna arhitektura omogoča povezovanje dveh različnih spletnih storitev, ki nimata v osnovnem modelu nič skupnega na enostaven način, saj obe storitvi razumeta funkcionalnost REST arhitekture.

sistem v oblaku napredno podporo aplikativne obdelave podatkov in spoznavanje kakšen način je primeren za povezavo senzorskih in aktuatorskih naprav v omrežje IoT. Prav modularna zgradba omogoča neomejeno dodajanje najrazličnejših funkcionalnosti na vseh tehničnih stopnjah, ki bi jih v okviru pedagoških procesov implementirali študenti za razvoj lastnih naprav, učenje na primeru, izdelavo diplomskega in magistrskega dela. Tovrstna platforma je primerna tudi za znanstvene razprave, s katerimi lahko primerjamo oz. naredimo evalvacijo najrazličnejših modulov znotraj zgradbe oblačnega sistema.

Primer uporabe prikazuje slika 4. Na sliki je na levi strani predstavljen primer uporabe opisane platforme z uporabljenimi tehnologijami. Na desni strani pa je za razumevanje posamezne stopnje predstavljen še implementacijski diagram platforme. Konkreten primer predstavlja razvoj pametnega stanovanja s konkretnimi napravami v prvi stopnji. Druga stopnja skrbi za t.i. backend storitev, ki skrbi, da so podatki dostopni rešitvam v posamezni stopnji. Tretja stopnja pa skrbi

za interakcijo z uporabnikom. V tej stopnji je implementirana nevronska mreža, ki se sproti uči iz podatkov ter skrbi za akcije, ki jih preko aktuatorjev, mobilne aplikacije ali

spletno strani doživi uporabnik stanovanja. Tovrstna modularna zgradba omogoča tudi povezovanje z znanimi IoT platformami, kot sta Google Home ali Apple Homekit, mogoče je tudi integracija z Microsoftovim Azure centrom. Takšen primer je le eden izmed nešteti, saj lahko zamenjamo Google Home z Applovim Homekitom ali pa v sistem dodamo tudi Amazon Alexo. Integracija tovrstnih rešitev sicer zahteva razvoj novih modulov, ki skrbijo samo za povezavo obstoječe platform z drugimi. Poseben primer uporabe, ki ga velja izpostaviti je implementacija umetne inteligence v tak sistem, saj omogoči, da lahko na primer nevronska mreža, ki je že naučena (mogoče jo je tudi naučiti) deluje na konkretnih problemih.

Viri

- <https://pypi.org/project/paho-mqtt/>
- <https://github.com/ttu/ruuvitag-sensor>
- <https://devzone.nordicsemi.com/b/blog/posts/nordic-thingy52-raspberry-pi-python-interface>
- <https://mosquitto.org/>
- <https://www.rethinkdb.com/>
- <https://github.com/mchmarny/mqtt-bridge>
- <http://flask.pocoo.org/>
- <https://www.rethinkdb.com/docs/guide/python/>

<https://svet-el.si>

Registri v obstojnem pomnilniku

Microchip Technology Inc

Avtor: Bryce Morgan

Registri v obstojnem pomnilniku: še en velik napredek na področju digitalnih temperaturnih senzorjev pri povečanju varnosti in zanesljivosti.

Zdi se, da skoraj vsak dan slišimo kakšno novico o pregrevanju izdelkov z vgrajeno elektroniko, ki bi na koncu lahko imelo tudi katastrofalne posledice. Ker obstaja možnost, da bi lahko prevroč izdelek povzročil takšne težave, mora biti preudarno termalno načrtovanje upravljanja z neizogibno toploto že od vsega začetka del vsakega pametnega načrtovanja izdelka. V članku bomo razložili notranje uporabniško programirljive registre, ki jih vsebujejo temperaturni senzorji z digitalnimi izhodi (I2C protokol) in kako se lahko s pomočjo digitalnega temperaturnega senzorja z integriranimi registri v obstojnem pomnilniku (ki ne potrebuje baterijske podpore) odpravijo najpogostejši konstrukcijski izzivi na tem področju.



Slika 1: Kako pri digitalnih temperaturnih senzorjih izkoristiti registre v obstojnem pomnilniku za boljše toplotno upravljanje

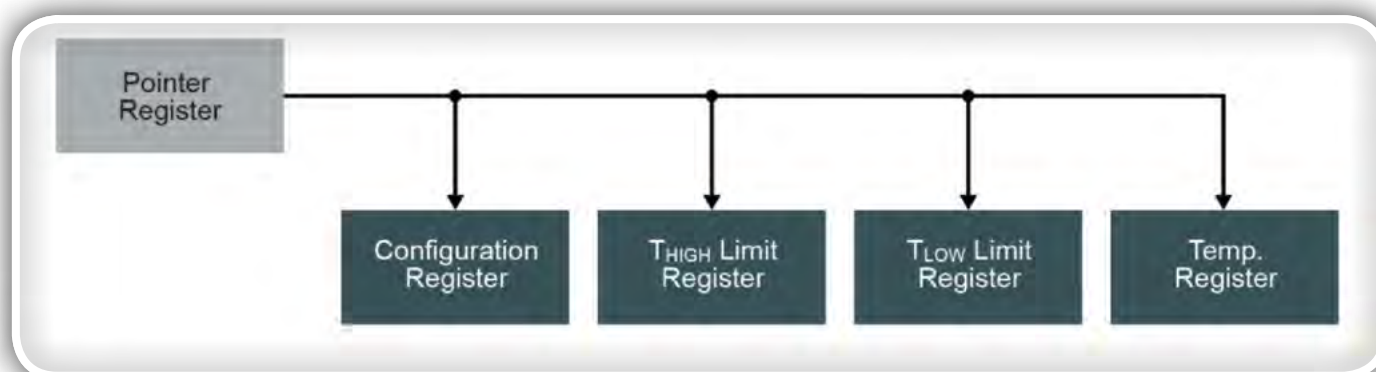
Registri senzorjev temperature

Začnimo z nekaj splošnimi podrobnostmi o tem, kakšni so notranji registri temperaturnega senzorja z industrijskim standardom I2C. Omenjena vrsta I2C temperaturnih senzorjev pogosto imenujejo tudi "tip senzorja z LM75 združljivim protokolom" in vsebuje štiri osnovne notranje registre:

- Register kazalcev
- Register konfiguracije
- Register za omejitev previsoke temperature (THIGH)
- Register za omejitev prenizke temperature (TLOW)

Ti registri uporabniku omogočajo nastavitve in

prilagoditev obratovalnih nastavitvev temperaturnega senzorja med procesom uvodne nastavitve (inicializacije) s strani gostiteljskega krmilnika takoj po vklopu, razen temperaturnega registra, vendar bomo kaj več o tem povedali kasneje. Register kazalcev omogoča dostop do enega od štirih registrov s posrednim "usmerjanjem", kazanjem na izbrani register. Do registra za nastavitve, registrov spodnje in zgornje meje temperature TLOW in THIGH in temperaturnega registra enostavno ni mogoče neposredno dostopati s programskimi ukazi prek I2C, ampak je dostop do njih mogoč samo posredno, z uporabo registra kazalnikov, kot je prikazano na sliki 2.



Slika 2: Blok shema prikazuje standardne registre, ki jih najdemo v tipičnih digitalnih izhodnih temperaturnih senzorjih

Konfiguracijski register se uporablja za upravljanje s ključnimi načini delovanja in uvodnih nastavitev naprave, kot so ločljivost temperaturne pretvorbe, čakalna vrsta napak tolerance, polariziranost ALERT izhodnega priključka, termostat z alarmom in način zaustavitve delovanja. Nekateri takšni izdelki, ki jih najdemo na trgu, imajo tudi enkratni način delovanja, imenovan One-shot. To je eden od načinov varčevanja z energijo, ki omogoča, da naprava pride iz stanja pripravljenosti v stanje za merjenje temperature, posodobi temperaturni register in se nato znova vrne v stanje pripravljenosti z nizko porabo.

Temperaturni register je namenjen le branju, ki shranjuje digitalizirano vrednost zadnje izmerjene temperature in se v praksi preprosto le prebere, da izvemo rezultat najnovejše meritve temperature. Temperaturni register je mogoče odčitati kadarkoli in ker se meritve temperature izvajajo v ozadju, branje temperaturnega registra ne vpliva na druge operacije, ki so v tistem trenutku morda v teku.

Mejna registra TLOW in THIGH shranjujeta uporabniško nastavljeni spodnjo in zgornjo mejo temperature za temperaturni alarm. Graf na sliki 3 prikazuje tipični potek temperaturnega profila neke naprave. Če uporabnik na primer nastavi omejevalne registre TLOW in THIGH na 50 °C oziroma 85 °C v enakem vrstnem redu, bo temperaturni senzor postavil zastavice, ki jih lahko nastavimo tako, da z ustreznim logičnim nivojem na izhodnem priključku obvešča gostiteljski mikrokontroler, ko bo presežena katera od mejnih vrednosti.

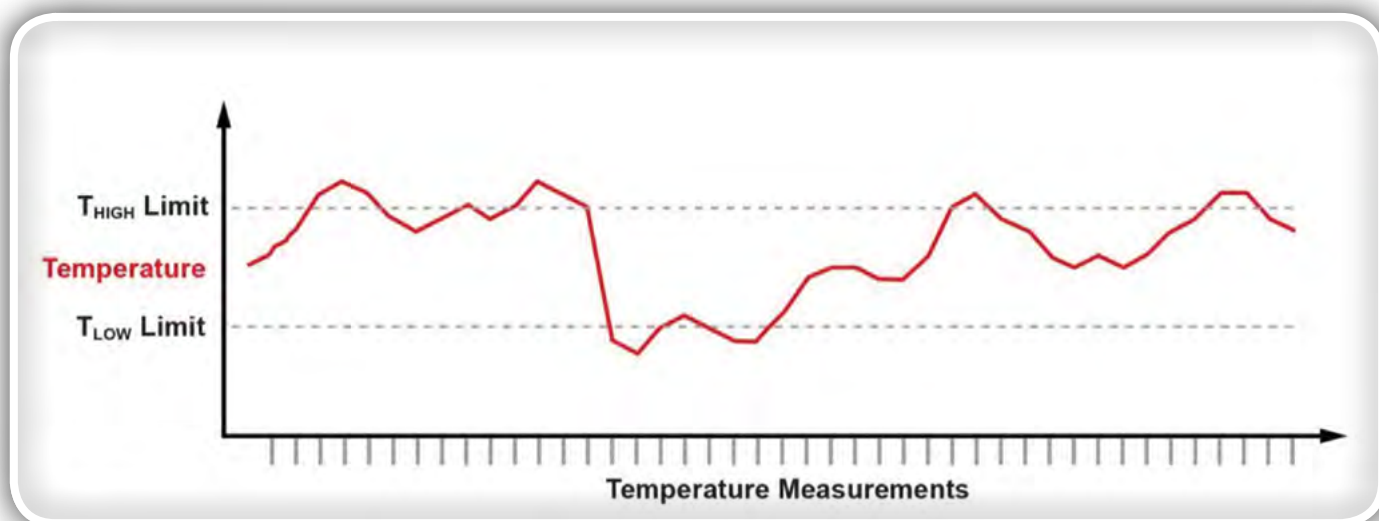
Izzivi pri registrih v neobstoječem pomnilniku

Zdaj, ko smo obravnavali nekatere osnovne operacije, razpravljamo o najpogostejših težavah pri nastavljanju teh registrov. Prva težava je, da so ti uporabniško-programirljivi registri baterijsko odvisni, kar pomeni, da se po prenehanju napajanja v njih shranjene vrednosti ne shranijo ali ohranijo.

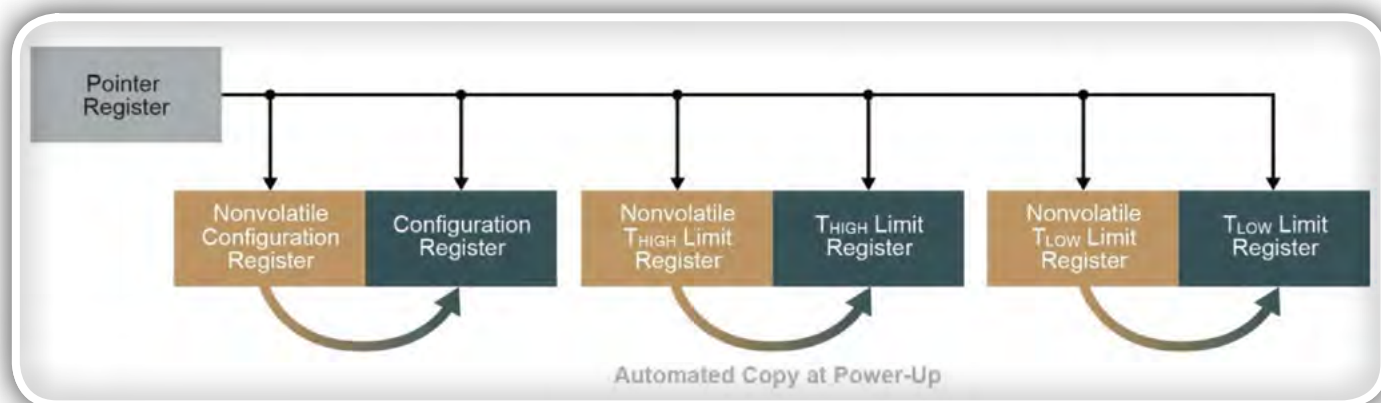
Ker je treba te spominske registre, ki so odvisni od baterijskega napajanja, posodobiti ob vsakem zagonu sistema in po zaporedju inicializacijskega protokola, bi to lahko povzročilo zelo tvegan in nezanesljiv časovni dogodek, ki pravzaprav omogoča, da se lahko ti registri naključno popolnoma napačno konfigurirajo in nastavijo na napačne nastavitve, kar bi lahko povzročilo prekomerno segrevanje izdelka. Ali ste kdaj pomislili, kolikokrat v celotni življenjski dobi bo moral vaš izdelek ob vklopu skozi postopek inicializacije? Pri nekaterih izdelkih je to lahko nekaj stokrat, medtem, ko je pri drugih lahko več tisočkrat, s čimer je tudi veliko večja verjetnost, da bo med postopkom inicializacije ob vklopu napajanja šlo kaj narobe, takšne težave pa so lahko za aplikacijo lahko usodne.

V zgornjem primeru sta registra TLOW in THIGH omejena na 50 °C oziroma 85 °C; vendar pa bi se lahko zgodilo, da bi bil register THIGH limit nenamerno nastavljen na 185 °C zaradi motenj v sistemu napajanja med vklopom, zaradi česar je bil samo en digitalni bit nastavljen na logično stanje 1. V takšnem primeru morda še ne bi pretila nevarnost požara zaradi pregrevanja, vendar bi zagotovo povzročilo manj kot optimalno, po vsej verjetnosti pa katastrofalno zmogljivost sistema. Pri mnogih sodobnih izdelkih obstaja veliko opravil, ki se izvedejo čisto na začetku, ob priključitvi napajanja, vključno s časovno razporeditvijo glavnih blokov in naprav. Časovni okvir teh dogodkov je končnemu uporabniku za pravilno delovanje naprave zelo pomemben.

To nas pripelje do naslednjega vprašanja: kolikokrat so kupci vrnili kakšnega izmed vaših izdelkov za analizo napak, vendar opisane napake ni bilo mogoče ponoviti? Izdelek pri ponovnem preverjanju v tovarni deluje popolnoma brez napak in stranki lahko v poročilu sporočimo le: »Ni težav.« Eden od mnogih ciljev pri preudarnem načrtovanju izdelka je, da razmišljamo o možnostih »Kaj, če...«, s katerimi bi se lahko soočal končni uporabnik in jih odpraviti že med načrtovanjem ali vsaj med potrjevanjem ustreznosti izdelka preden ga ponudimo na tržišču. Takšen scenarij prinaša čisto nov „Kaj, če...“, ki ga morate vsekakor



Slika 3: Graf prikazuje meritve temperature, vključno s temperaturo, ki je potekala zunaj območja, ki ga določata registra TLOW in THIGH



Slika 4: Registri z vpisanimi temperaturnimi mejami se ob vklopu samodejno prepisujejo iz registrov obstojnega pomnilnika v delovni pomnilnik Microchipovega digitalnega temperaturnega senzorja AT30TS750A

upoštevati pri naslednjem oblikovanju izdelka, v katerem uporabljate diskretne temperaturne senzorje, ne glede na vrsto protokola ali tehnologijo.

Obstojni registri

Možna rešitev za to vprašanje je, da pri načrtovanju uporabimo temperaturno tipalo, ki nima le registrov, temveč vsebuje tudi registre z obstojnim pomnilnikom (NVRAM), kot je prikazano na sliki 4.

Kot lahko vidite na sliki 4, imajo tako konfiguracijski register kot tudi oba registra za visoko in nizko temperaturno mejo vgrajene tudi svoje različice v obstojnem pomnilniku. Obstojni registri znatno izboljšajo funkcionalnost temperaturnega senzorja s tem, da omogočajo preprosto delovanje takoj ob priključitvi napajanja z vnaprej določenimi privzetimi nastavitvami. Obstojni registri ohranjajo nastavitve konfiguracije in temperaturnih omejitev tudi po izklopu in ponovni priključitvi napajanja, kar hkrati pomeni, da ponovna konfiguracija temperaturnega senzorja ob vsakem ponovnem zagonu ni več potrebna.

Ta rešitev deluje s programiranjem integriranega obstojnega TLOW in THIGH registra spodnje in zgornje meje temperaturnega senzorja, na primer 50 °C in 85 °C. Ti dve temperaturni meji sta shranjeni v obstojnem pomnilniku, s čimer sta zagotovljeni vrednosti mejnih temperatur, ki se ob vseh naslednjih priključitvah napajanja preprosto in samodejno prepiseta v pripadajoča neobstoja registra THIGH in TLOW.

Morda se sprašujete, kako bi s tem lahko rešili napačno nastavitve oziroma vpis napačne vrednosti v neobstojni register takoj po vklopu napajanja. In kakšen je odgovor? Gostiteljskemu mikrokontrolerju pri tej rešitvi ni več potrebno uporabljati programskega protokola in pošiljati podatkov prek komunikacijskega vodila I2C, da bi nastavil vrednosti v neobstojskih registrih ob vsaki vnovični priključitvi napajanja, s čimer se popolnoma odpravi tveganje za vpis napačnih vrednosti v registra, ker do komunikacije med senzorjem in mikrokontrolerjem sploh ni prišlo. To poenostavlja zaporedje opravil ob priključitvi

napajanja sistema, hkrati pa zmanjšuje odvisnost od mikrokontrolerja gostitelja v zvezi s konfiguracijo, zaradi česar je sistem vsekakor bolj zanesljiv. Dodatna možnost, ki se ob tem ponuja, je večja prožnost, saj lahko temperaturni senzor deluje popolnoma samostojno in ga za samo konfiguracijo ni potrebno povezati z gostiteljskim mikrokontrolerjem.

Druga možnost, s katero bi to predlagano rešitev naredili še bolj zanesljivo, bi bila vgrajena funkcija zaklepanja obstojnih registrov, lahko z reverzibilnimi ali trajnimi nastavitvami, s čimer bi preprečili možnost napačnega vpisa vanje. Prav takšno funkcijo zaklepanja boste našli pri prej omenjenem senzorju AT30TS750A, omogoča pa trajno konfiguracijo temperaturnega senzorja in odpravlja tveganje, da bi senzor deloval z napačnimi nastavitvami, s čimer se zmanjša tveganje za neobičajno obnašanje v delovanju naših izdelkov, kar je vsekakor dobra poslovna praksa. Poleg tega bi lahko z reverzibilnim ali trajnim zaklepanjem obstojnih registrov preprečili kakršne koli spremembe podatkov v registru zaradi morebitne napačne konfiguracije ali nedovoljenega spreminjanja podatkov. S tem se znatno poveča pomembnost prisotnosti obstojnih registrov v določenem izdelku, hkrati pa se poveča tudi zanesljivost in varnost celotnega sistema.

Za zaključek

Upam, da imate zdaj boljše razumevanje številnih vidikov v zvezi z upravljanjem toplote, ki jih je potrebno upoštevati pri načrtovanju naprav. Medtem, ko inženirje že nekaj let spremlja zaskrbljenost zaradi težav z registri v neobstojskih pomnilnikih, pa imajo novi Microchipovi digitalni temperaturni senzorji, kot je na primer AT30TS750A, poleg neobstojskih integrirane tudi obstojne pomnilniške registre, ki oblikovalcem omogočajo, da se večini težav v zvezi z njimi lahko izognejo, kar predstavlja tudi pomemben napredek na področju upravljanja s toploto v napravah.

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.

www.microchip.com



Vaša vstopna točka
do avtomatizacije v
digitalnem podjetju

TIA portal

SIEMENS S7-1500R - redundantni in S7-1500H - visoko dobavljiv

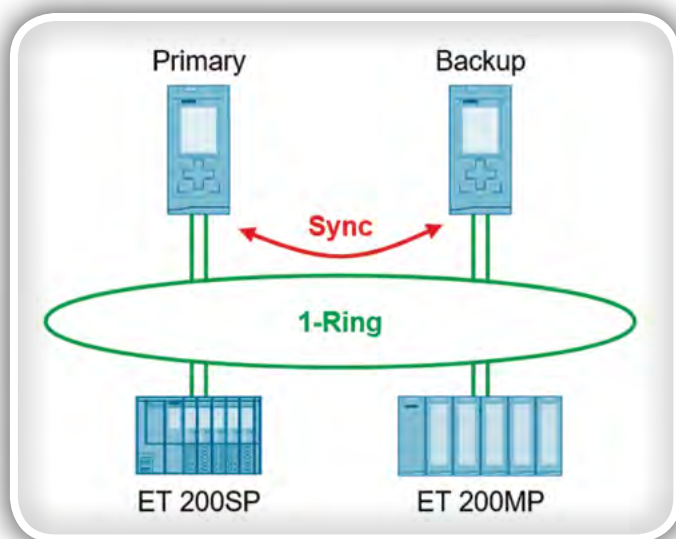
Siemens d.o.o.

Informacije: Andrej Lazovič

Siemens družino krmilnikov S7-1500, dopolnjuje z dvema redundantnima izvedbama krmilnikov. Izvedbi S7-1500R (R-Redundant) in S7-1500H (H-High available) nam omogočata povezavo dveh krmilnikov, na katerih teče enak program in je sinhroniziran preko redundantne povezave. V primeru izpada enega krmilnika, ki je v redundanci, drugi krmilnik prevzame izvajanje programa (primarni in redundantni krmilnik).

Krmilniki v redundantni so potrebni povsod, kjer je zahtevana visoka razpoložljivost delovanja sistema. Taki primeri so predori, letališča, čistilne naprave, talilne peči za železo, HVAC aplikacije v podatkovnih centrih in farmaciji, itd..

Izvedba S7-1500R vrši sinhronizacijo med krmilnikoma preko PROFINET obroč (MRP – Media Redundant Protocol), S7-1500H pa za sinhronizacijo uporablja optično povezavo. V R izvedbi sta na voljo dva krmilnika S7-1513R in S7-1515R, preklopni čas med krmilnikoma je manjši od 300ms (slika1).



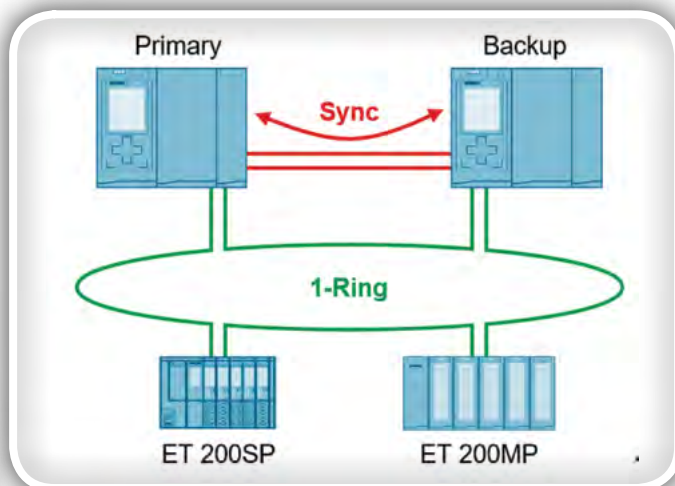
Slika 1: CPU 1513R/1515R. Sinhronizacija preko MRP obroča. Preklopni čas je manjši od 300 ms. Uporabljen mora biti X1 vhod za PROFINET. Med krmilnikoma ne sme biti I/O naprav.

V zmogljivejši H izvedbi je predviden S7-1517H, ki za sinhronizacijo uporablja optično povezavo. Preklopni čas je krajši od 50 ms (slika 2).

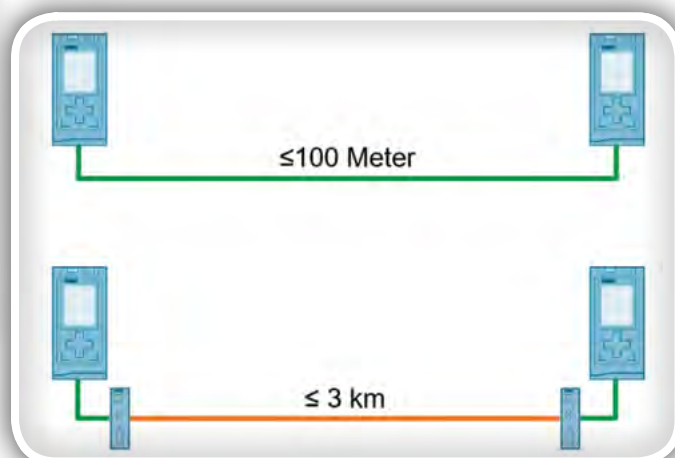
Razdalja med krmilniki v redundanci je v R izvedbi do 100 metrov ob uporabi optičnega pretvornika do 3 km (slika 3).

Pri H izvedbi je razdalja med krmilnikoma v redundanci možna od 10 m do 10 km. Optična kablja sta redundantna, za primer prekinitev enega izmed optičnih kablov (slika 4).

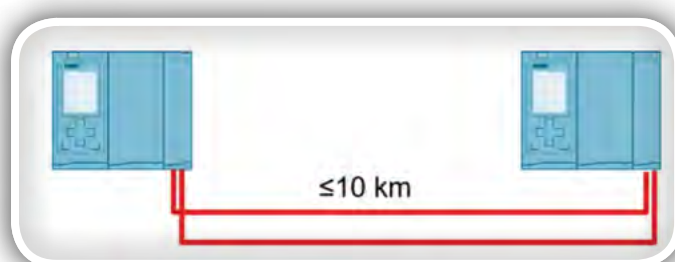
Oba sistema za priklop I/O naprav uporabljata periferijo



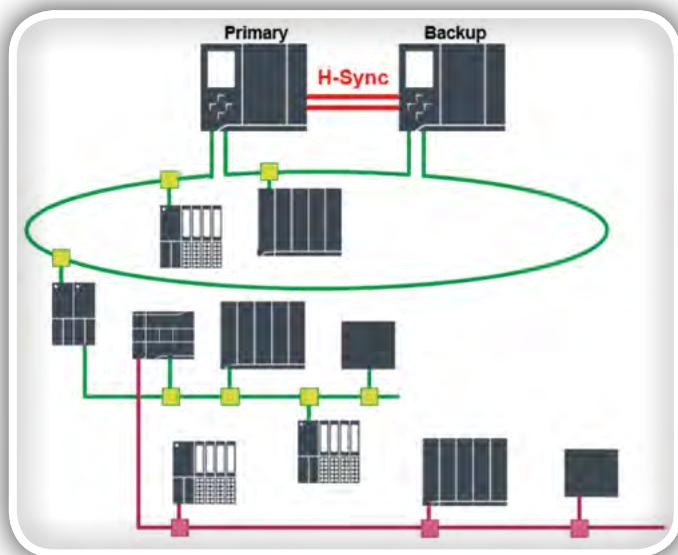
Slika 2: CPU 1517H: Sinhronizacija preko ločene optične povezave. Preklopni čas je manjši od 50 ms



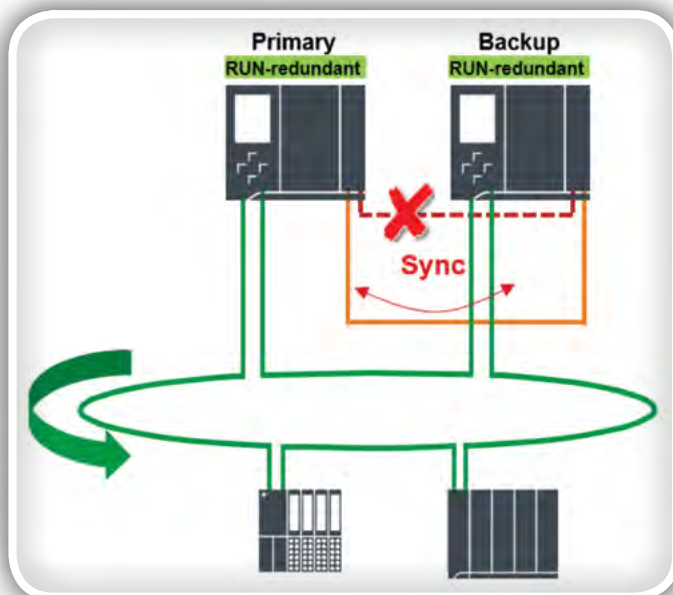
Slika 3: S7-1500R razdalja med krmilnikoma



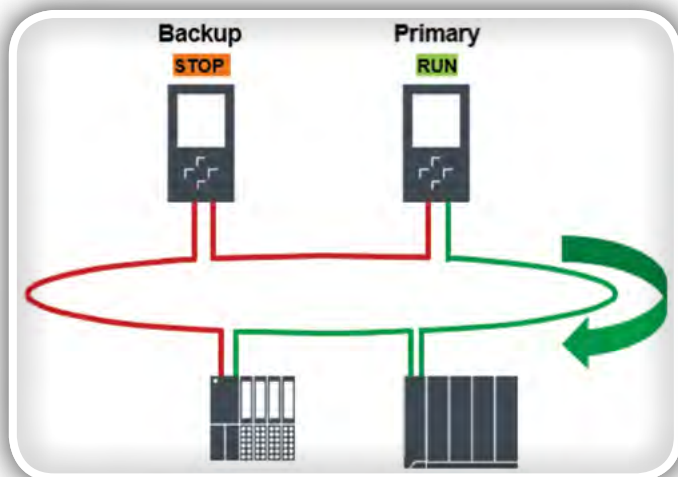
Slika 4: S7-1500H razdalja med krmilnikoma 1517H preko dveh kablov optičnih vlaken, vsak 1517H krmilnik ima vgrajena dva SFP porta



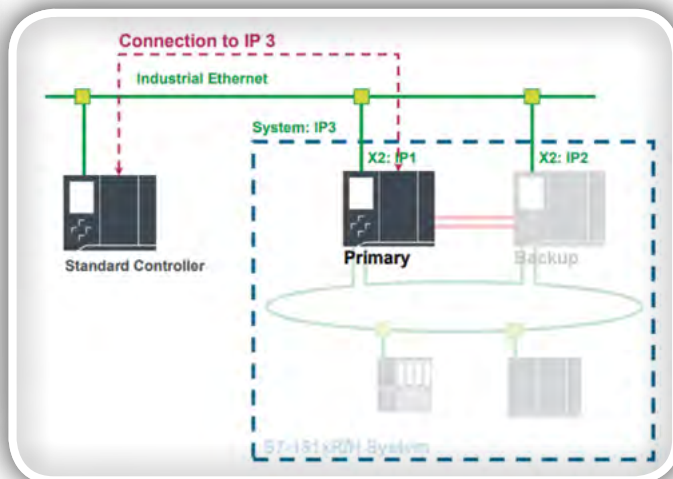
Slika 5: Povezava periferije preko PN/PN Coupler



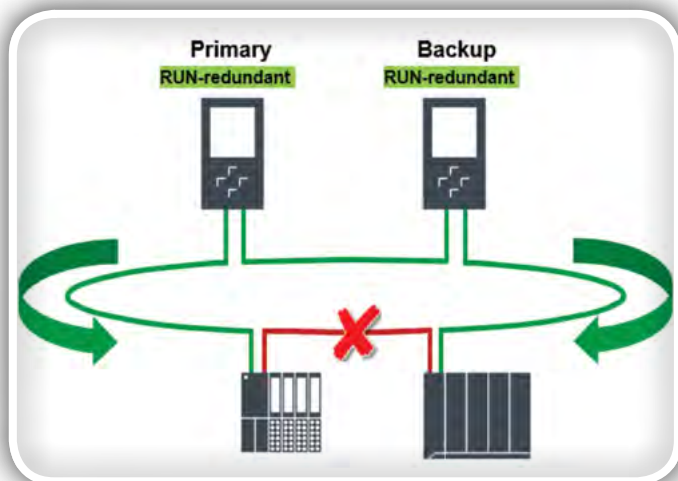
Slika 8: Izpad ene povezave za sinhronizacijo v H sistemu



Slika 6: Izpad enega izmed krmilnikov



Slika 9: Prikaz skupnega, sistemskega IP naslova



Slika 7: Izpad PROFINET povezave v MRP obroču

ET 200SP HF in ET 200MP HF, I/O naprave morajo izpolnjevati pogoje za PN System redundancy NAP S2 kar pomeni, da omogočajo uporabo topologije obroča MRP (pri Siemensu so to vse HF High Future naprave).

Priklopiti pa je možno na primer frekvenčni pretvornik S120 direktno v MRP obroč. Možna je uporaba PN/PN Pretvornika, ki omogoča priklop naprav, ki ne podpirajo MRP obroča ali priklop naprav s komunicirajo preko PROFIBUS povezave (slika 5).

Možni scenariji izpada

Izpad S7-1500R:

V primeru, da pride do izpada enega izmed krmilnikov S7-1500R, drugi preide v stanje samostojnega delovanja (RUN Solo state). Krmilnik nadaljuje komunikacijo z I/O napravami. V primeru, da se vzpostavi ponovno delovanje izpadlega krmilnika, se izpadli krmilnik sinhronizira z delujočim in oba krmilnika preideta ponovno v stanje redundantnega delovanja (slika 6).

Prekinitev PROFINET povezave:

V primeru, prekinitev PROFINET redundantnega obroča, redundantni sistem deluje naprej. Povezava z I/O napravami poteka preko redundantnega krmilnika (slika 7).



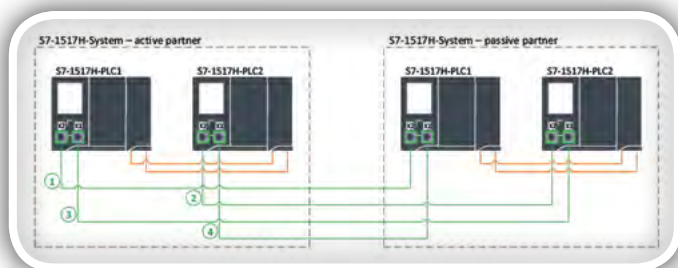
Slika 10: Topologija v TIA portal-u

Izpad ene izmed sinhronizacijskih povezav na S7-1500H
S7-1500H ima dve redundantni optični povezavi. V kolikor ena izpade, komunikacija še vedno deluje preko druge. V primeru izpada krmilnika S7-1500H se preklon izvede v času manjšem od 50 ms (slika 8).

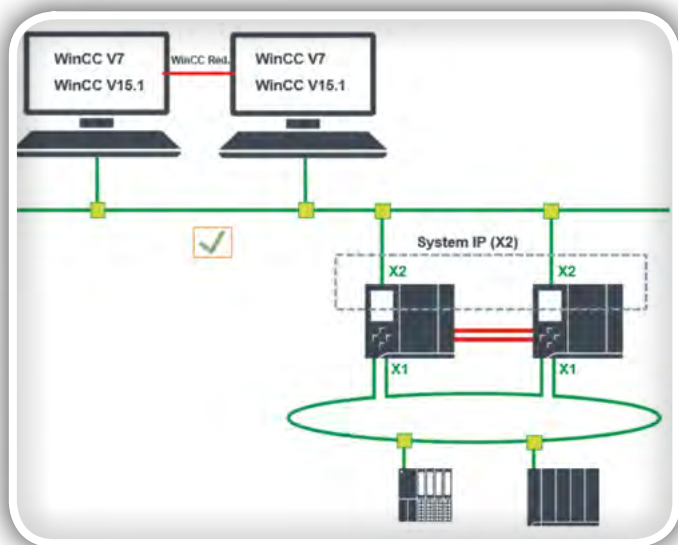
Če obe povezavi izpadeta, eden izmed krmilnikov preide v stanje primarnega delovanja, drugi redundantni krmilnik pa preide v stop način. Sistem še vedno deluje naprej.

Povezava s HMI panelom ali SCADO

Pri povezavi panelom s SCADO, HMI panelom ali drugimi



Slika 11: Redundantna povezava med dvema redundantnima sistemom



Slika 12: Redundantna izvedba dveh krmilnikov, ki sta povezana na redundantno izvedbo SCADA sistema WinCC 7.5 ali WinCC Professional RT 15



Slika 13: S7-1517H

krmilniki imata redundantna krmilnika poleg svojih IP naslovov, dodeljen tretji skupni IP naslov (System IP 3). Z naslovom IP3 je cel redundantni sistem proti SCADA sistemu viden kot en krmilnik. Tisti krmilnik, ki je primaren, ima dodeljen sistemski IP 3 naslov. V primeru izpada enega od krmilnikov drugi prevzame IP naslov. Edina omejitev je trenutno, da morajo biti vsi trije naslovi redundantnih krmilnikov v istem subnetu (slika 9).

Programiranje v TIA Portal V15.1

Programiranje v TIA Portal okolju poteka enako kot za ostale krmilnike. Razlika je edino v diagnostiki stanja krmilnika, kjer je potrebna uporaba funkcijskega bloka R_H_Ssy_status, ki poda informacije, kateri izmed redundantnih krmilnikov je primarnem delovanju in status MRP obroča. Pripravljeni so tudi funkcijski bloki, če želimo uporabljati redundantno vezavo izhodov in vhodov na periferiji: RED_I/O (AI, AO, DI, DO) (slika 10).

Redundantna komunikacija – TCON_RED

Ta funkcijski blok nam omogoča priklop pasivnega partnerja ali drugega redundantnega partnerja. Preklonni čas je okoli 100 ms, preko TCP ali ISO TCP protokola (slika 11).

Redundantna povezava me WinCC 7.5 in TIA WinCC 15.1. Povezava na panel

Za komunikacijo s SCADA sistemom je predvidena komunikacija direktno preko sistema IP naslova IP3, na katerega je lahko povezana SCADA, ki je v redundantni izvedbi (na primer WinCC 7.5 Redundant) ali HMI panel. Mogoča pa je povezava tudi dveh Comfort HMI panelov na IP naslov krmilnika, od katerih je vsak HMI panel povezan na posamični krmilnik v R ali H izvedbi (slika 12,13).

Siemens d.o.o.

Letališka cesta 29c, 1000 Ljubljana

E-pošta: info.si@siemens.com

T: + 386 1 4746 100

www.siemens.si

Pametni mikrokontrolerji z arhitekturo ARM (1)

Avtor: dr. Simon Vavpotič

ARMove 32-bitne mikroarhitekture prinašajo v svet mikrokontrolerjev veliko zmogljivost in nešteto novih možnosti uporabe. Kaj so pametni mikrokontrolerji, kaj zmorejo in kako jih uporabljamo?

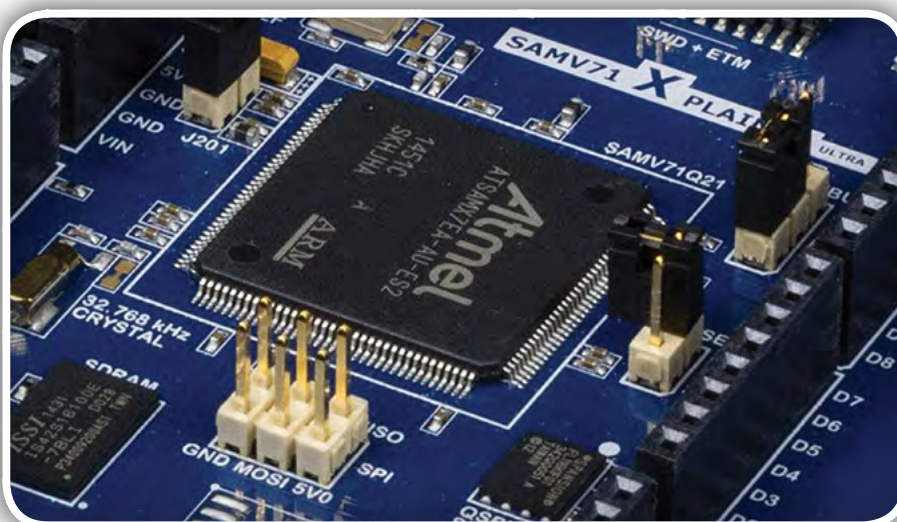
Nemalokrat se sprašujemo, zakaj lahko pametni telefoni, ki so pogosto manjši od prenekaterih mikrokontrolerskih preizkusnih ploščic, poganjajo sodobne operacijske sisteme in izvajajo skoraj toliko procesov in aplikacij kot klasični namizni računalniki, povprečen 8-bitni ali 32-bitni mikrokontroler pa po zmogljivosti še vedno primerjamo s hišnimi računalniki s konca osemdesetih in začetka devetdesetih let preteklega stoletja. Odgovor na to vprašanje dajejo procesorska jedra ARM, katerih dizajn je mogoče licencirati in ga vgraditi v lastne dizajne procesorskih ali mikrokontrolerskih čipov, s katerimi se da na eni silicijevi rezini združiti vrhunsko periferijo in sorazmerno velike pomnilnike z zmogljivim procesorskim jedrom (ali jedri) tipa RISC, kakršna so uporabljena tudi v pametnih telefonih.

Prav tako rešitev so pred leti začeli snovati pri Microchipu in Atmelu. Microchip je najprej nameraval na osnovi ARM jedra predstaviti novo mikrokontrolersko poddružino PIC32C, vendar je namesto tega družina SAM mikrokontrolerjev z nakupom Atmela prešla pod Microchipovo okrilje.

Impresivne zmogljivosti

Zmogljivosti družine SAM mikrokontrolerjev so presenetljive, saj imajo vsi njeni člani 32-bitno jedro ARM Cortex-M7, ki tiktaka s 300 MHz, ima ločena 16 kB velika predpomnilnika za strojne ukaze in podatke, enoto za delo s števili v plavajoči vejici, podpira DSP ukaze, ki jih imajo tudi namenski digitalni signalni procesorji, in ukaze Thumb-2 ter ima enoto za zaščito pomnilnika s podporo za 16 pomnilniških področji. Pri tem je v mikrokontroler lahko vgrajenih do 384 kB SRAMa in do 2 MB EEROMA. Vse zmogljivije zunanje pomnilnike upravlja vgrajena 16-bitna krmilna enota SMC (angl. Static Memory Controller), ki podpira pomnilnike SRAM, PSRAM, EEPROMe in celo prikazovalnike LCD brez lastnega krmilnika. Poleg SMC ima mikrokontroler tudi krmilnik za zunanji SDRAM (do velikosti 256 MB), SDRAMC.

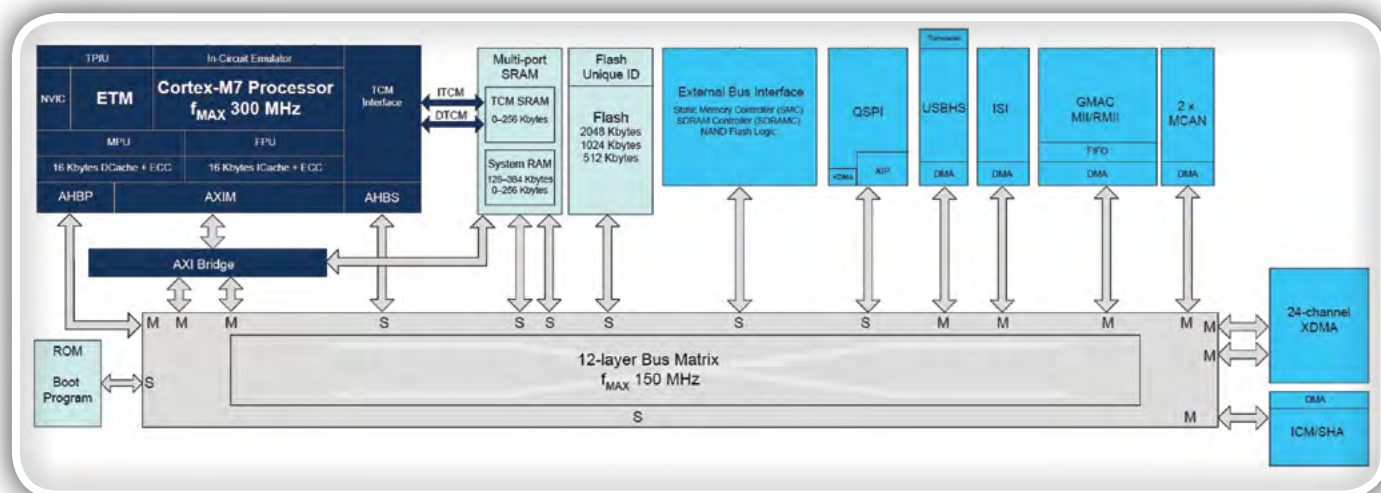
Za primerjavo s PIC32MZ, ki smo ga dodobra spoznali v preteklih številkah Sveta elektronike povejmo, da je vgrajenega SRAM pri mikrokontrolerjih SAM sicer res za



vsaj 128 kB manj, a kaj je 128 kB v primerjavi z 256 MB SDRAM, ki jih lahko dodamo v zunanjem, ali zunanjih pomnilniških čipih in lahko do njih mikrokontroler dostopa z visoko hitrostjo pa tudi neposredno izvaja programsko kodo v njih, zaradi česar neprimerno lažje obdelujemo velike količine podatkov.

Spomnimo, da so imeli tudi prvi Raspberry Pi, izdelani na osnovi namenskega mikrokontrolerja za video pogone z jedrom ARM-11, v začetku po 128 MB ali 256 MB DRAMa, danes pa ga imajo tudi 1 GB in več. Vendar mikrokontrolerji SAM niso namenjeni predvajanju videa in poganjanju Linuxa z grafičnim vmesnikom, temveč z njimi rešujemo splošne krmilne probleme, pri katerih potrebujemo veliko več vgrajene periferije, kot jo lahko ponudi Raspberry Pi, ki hkrati porabi neprimerno več energije in se med delovanjem precej segreje (do okoli 50 °C).

Ko smo že pri pomnilnikih, omenimo, da je zagonska koda jedra mikrokontrolerja, SAM-BA Monitor, fiksno zapečena v 16 kB ROMu in vsebuje podprograme za nalaganje programske kode v EEPROM preko enote za zaporedno komunikacijo, UART0 ali enote USB v načinu posnemanja zaporedne modemske komunikacije po protokolu Xmodem. Ukazi so natančno razloženi v dokumentaciji SAM, ki jo lahko prenesemo iz Microchipovih spletnih strani. Povejmo še, da lahko vse »zapečeno« programje lahko s pomočjo priključka ERASE na mikrokontrolerskem čipu, ki ga bomo podrobneje opisali v nadaljevanju, tudi izbrišemo in ugnezdimo programsko opremo z zunanjim programatorjem, ki je lahko tudi le komunikacijski vmesnik za povezavo z osebnim računalnikom, izslednjega s pomočjo



SAM-BA v celoti ponovno naložimo. Mikrokontroler lahko z ustreznim programatorjem programiramo tudi preko vmesnika FFPI (angl. Fast Flash Programming Interface) za neposredno programiranje EEPROMa.

Čeprav jedro mikrokontrolerja deluje pri napetosti med 1,2 V in 1,32 V, zahtevata različici V70 in V71 napajalno napetost med 3,0 V in 3,6 V, za E70 in S70 pa zadostuje že napetost med 1,7 V in 3,6 V; vendar zadostuje manj kot 3,0 V le, če določenih perifernih enot, kot je USBHS, ne uporabljamo. Prav tako moramo upoštevati, da večina zunanjih perifernih enot, vključno s pomnilniki (dizajniranih primarno za napajalno napetost 3,3 V), ne more delovati pri napetosti, manjši od 3,0 V. Zato je nizkonapetostni način delovanja primeren predvsem za ohranjanje nekaterih vitalnih funkcij mikrokontrolerja, kot je hramba podatkov v rezervnem SRAM pri zelo majhni porabi električne energije, ki jo lahko za dlje časa zagotovimo celo z rezervnim napajanjem iz superkondenzatorjev.

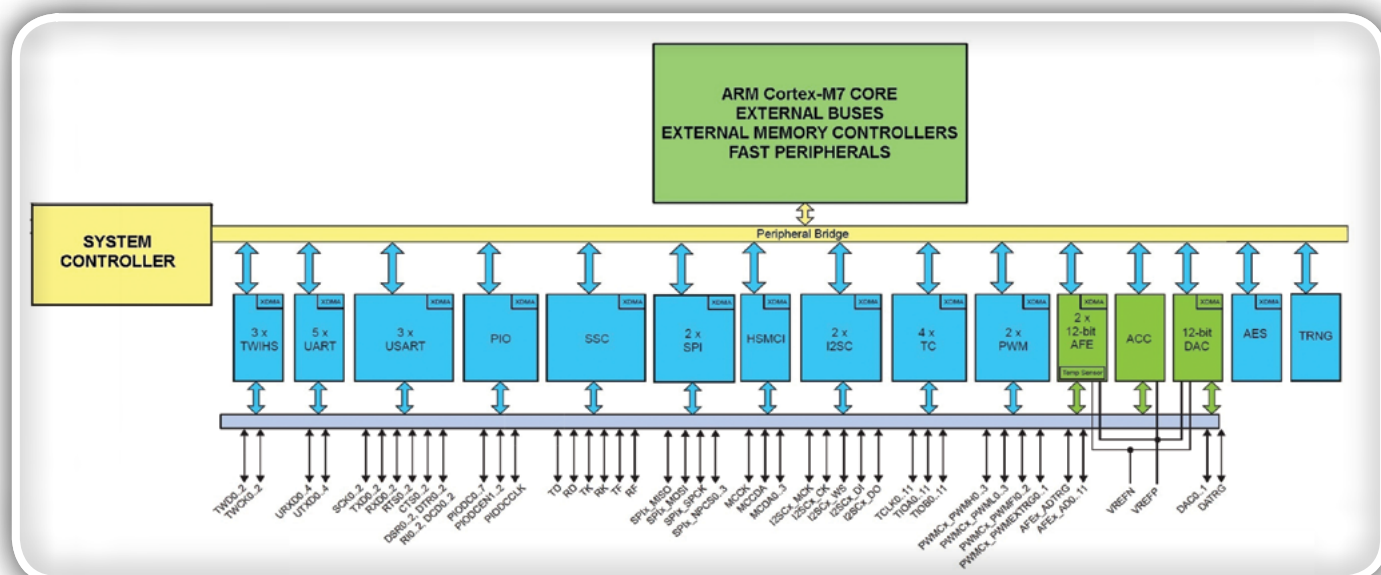
Arhitektura SAM

Čeprav SAM mikrokontrolerji temeljijo na sodobnem 32-bitnem ARM Cortex-M7 procesorskem jedru, hkrati kot računalniki v enem čipu združujejo še veliko funkcionalnih

enot in pomnilnikov, ki jih v osebnih računalnikih najdemo le v od procesorja ločenih čipih. Kljub temu način povezovanja funkcionalnih enot in pomnilnikov s Cortex-M7 odlično posnema notranjo zgradbo sodobnih osebnih računalnikov, saj gradi na povezovalnih vmesnikih, mostovih in vodilih več hitrosti.

Procesorsko jedro preko podatkovnega in ukaznega predpomnilnika ter vmesnikov AHBP (namenjenim samo podatkovnem predpomnilniku), AXIM (povezanim preko mostu AXI, ki omogoča tudi neposredno povezavo z vgrajenim SRAM) in AHBS dostopa do 12-nivojske matrike hitrih povezovalnih vodil AHB, ki prenašajo podatke z največjo frekvenco 150 MHz (kar ustreza polovici frekvence, pri kateri bije procesorsko jedro), in glavnega pomnilnika, SRAM. Pri tem je vmesnik AXIM kar 64-biten in zato zasede dva priključka na mostu AXI, a omogoča dvakrat hitrejšo polnjenje podatkovnega in ukaznega predpomnilnika.

Matrika povezovalnih vodil deluje po protokolu AHB-Lite in povezuje 22 funkcionalnih enot: 13 gospodarjev vodila in 9 sužnjev. Pri tem je začetna zakasnitev vodil 1 taktni cikel, razen za prednastavljenega nadzorno napravo (master). A to ne bistveno ne vpliva na hitrost eksplozivnih prenosov podatkov, ki obsegajo po 32, 64, 128 ali 256



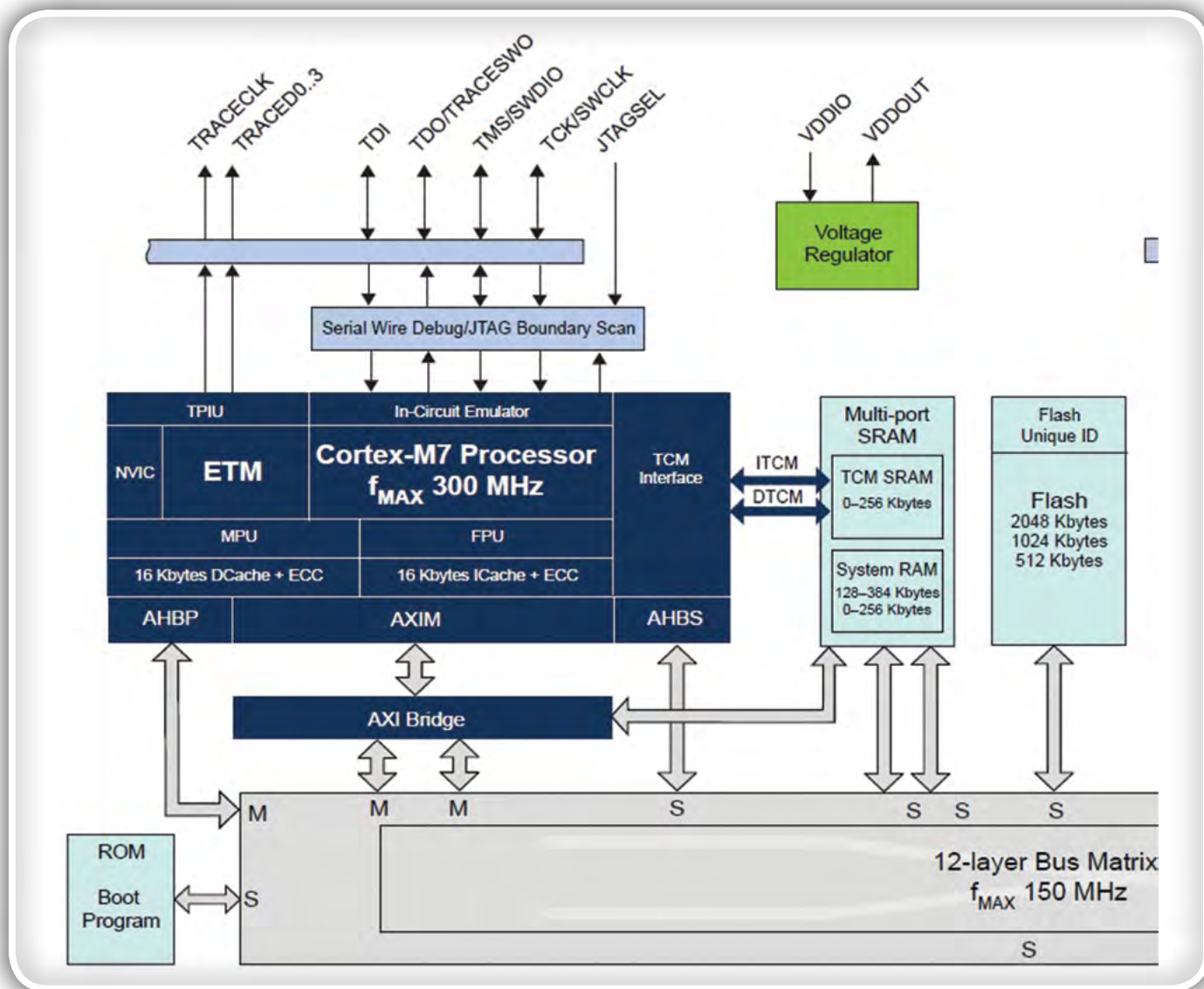
zaporednih podatkovnih besed. Istočasno medtem poteka več prenosov podatkov med različnimi funkcionalnimi enotami in procesorskim jedrom. Pri tem sta na voljo dva modela prednosti: programsko določena fiksna prednost in metoda okrogle mize. Pri slednji je vsak od nadzornih naprav vodila, ki želijo hkrati dostopati do iste podrejene naprave (slave) na vrsti enkrat, dokler vsi ne pridejo na vrsto. Vsaki podrejeni napravi lahko poljubno nastavimo prednastavljenonadrejeno.

Poleg tega, lahko procesorsko jedro s frekvenco 300 MHz neposredno dostopa tudi do močno sklopljenega dela vgrajenega SRAM, ki ima sicer na voljo kar 4 komunikacijske kanale. Dostopa lahko preko 64-bitnega ITCM vodila ali preko 32-bitnega DTCM vodila z dvema vzporednima 32-bitnima vodiloma. Pri zagonu ARM Cortex-M7 je omogočeno DTCM vodilo, ITCM pa lahko vklopimo programsko.

Omenimo še, da je mogoče v posebnem krmilnem registru - GPNVM, nastaviti različne preslikave pomnilnikov na različna pomnilniška področja, glede na to, na katera področja se preslikajo SRAM, zagonski ROM in vgrajeni EEPROM, od česar je odvisna tudi možnost uporabe ITCM.

Procesorsko jedro do zagonskega ROMa in EEPROMa, ki hranita trajno programsko kodo in podatke, dostopa preko 32-bitnih vodil v prej omenjeni 12-nivojski matriki hitrih povezovalnih vodil, AHB.

Preko hitre matrike povezovalnih vodil sta povezana tudi krmilnika zunanjih pomnilnikov, SMC in SDRAMC, ter hitri zaporedni vmesniki QSPI, USBHS, ISI, ICM/SHA ter 24-kanalni krmilnik prenosov DMA, imenovan XDMAC. XDMAC ima na voljo dve 32-bitni vodili, zato lahko med hitrimi prenosi podatkov le te hkrati bere iz ene funkcijske enote in zapisuje v drugo funkcijsko enoto, denimo iz vmesnika USB visoke hitrosti (USBHS) v SRAM. XDMAC ima tudi 3,1 kB velik podatkovni izravnalnik tipa FIFO in omogoča prenose podatkov med pomnilniki in perifernimi enotami in pomnilniki. Prenosi podatkov potekajo po 24 popolnoma programabilnih enosmernih kanalih, ki lahko izkoriščajo enega ali obe 32-bitni vodili, s katerima je XDMAC povezan z matriko hitrih povezovalnih vodil. Pri tem je mogoče prenašati 8-bitne, 16-bitne in 32-bitne podatkovne besede, prenose podatkov pa je mogoče sprožiti programsko, ali strojno. Obenem je mogoče nastavljati tudi dolžino eksplozivnih prenosov AHB.



Matrika hitrih povezovalnih vodil je preko mostu z počasne periferne naprave povezana še s sistemskim krmilnikom (angl. System Controller) in kopico vgrajenih funkcionalnih enot, ki delujejo kot periferne naprave.

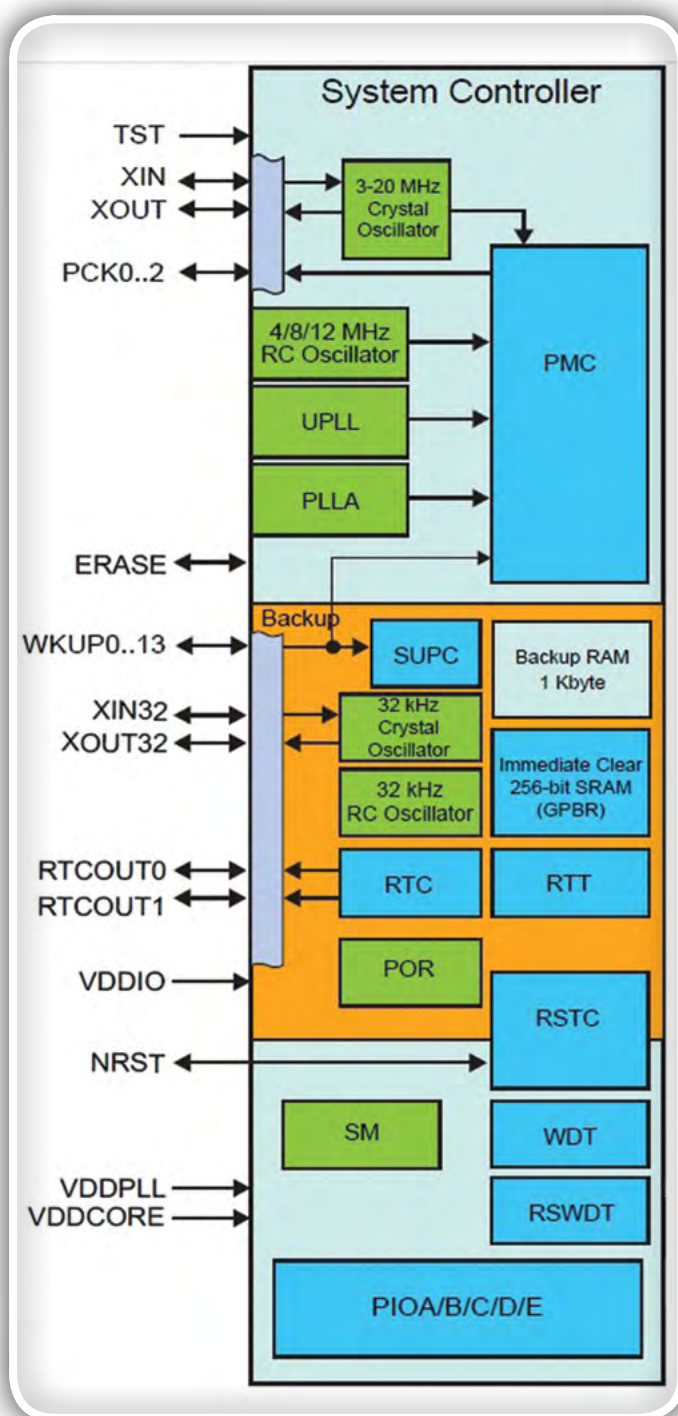
Sistemiški krmilnik

Sistemiški krmilnik sestavljajo periferne enote, ki omogočajo upravljanje in izbiro osnovnega načina delovanja mikrokontrolerja, ki zadeva: porabo energije, pogoje za (samodejni) ponovni zagon, izbiro vira in nastavitve procesorske ure in ur vodil, uro in časovnik realnega časa, zunanje prekinitvene vektorje, 1 kB varnega SRAM, iz katerega se podatki ne izgubijo, dokler je med zaustavitvijo zagotovljeno minimalno napajanje mikrokontrolerja, pa tudi enostavno upravljanje vhodno-izhodnih priključkov mikrokontrolerskega čipa in določanje njihove funkcionalnosti.

Sistemiški krmilnik vsebuje tudi notranja oscilatorja za pogon procesorske ure preko frekvenčnega množilnika (oziroma z zanko PLL, PLLA: na 500 MHz in nato s frekvenčnim delilnikom na 300 MHz) in uro realnega časa. Prvi omogoča izbiro taktov 4, 8 in 12 MHz, drugi pa ima fiksni takt 32,768 kHz. Vendar imamo tudi možnost, priklopa natančnejših zunanjih kristalnih oscilatorjev in resonatorjev, tako za procesorsko uro, kot za časovnik realnega časa. Za vhodni takt za pogon procesorske ure preko PLLA lahko izberemo kristal ali zunanji oscilator z resonančno frekvenco med 3 MHz in 20 MHz (za delovanje vmesnika USBHS potrebujemo 12 MHz ali 16 MHz), za pogon časovnika realnega časa pa le takega s frekvenco 32,768 kHz. Omenimo še zanko UPLL za množenje frekvence, ki je namenjena proizvodnji frekvence 480 MHz, ki jo potrebuje enota USBHS za delovanje pri visoki hitrosti skladno s standardom USB 2.0.

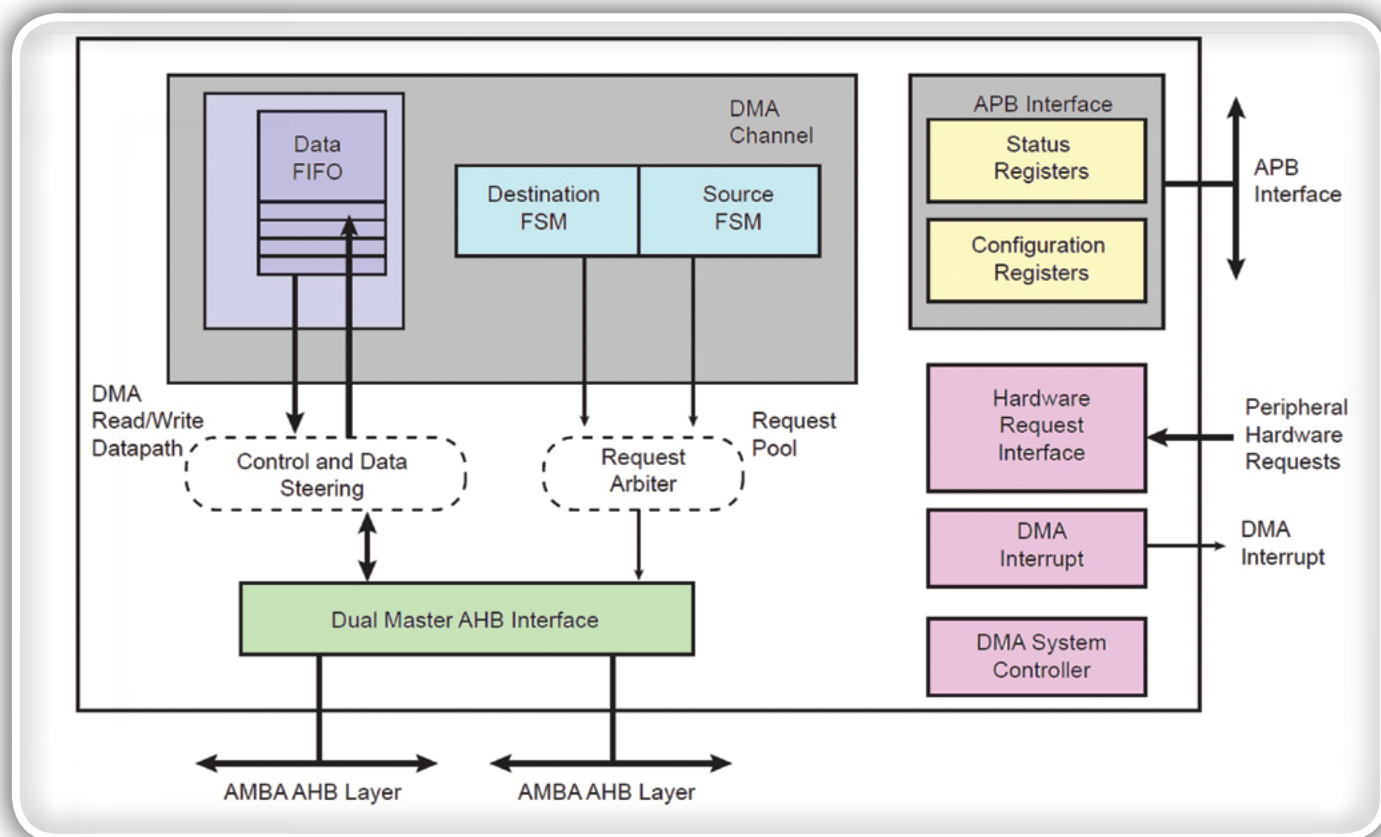
Pomemben del sistemkega krmilnika je tudi krmilnik za upravljanje porabe energije (PMC, angl. Power Management Controller), ki nadzira in optimizira porabo električne energije vseh funkcijskih enot mikrokontrolerja s prilagajanjem hitrosti vseh sistemskih ur in ugašanjem nepotrebnih enot. Denimo, če kot vir urinih impulzov za časovnik realnega časa uporabimo zunanji 32,768 kHz kristalni oscilator ali resonator, PMC samodejno onemogoči notranji 32,768 kHz oscilator. Po drugi strani, PMC omogoča tudi preverjanje pravilnosti delovanja posameznih oscilatorjev in sprotno spreminjanje hitrosti delovanj glavnega oscilatorja, ki s pomočjo PLLA ustvari delovni takt za procesorsko jedro. Na ta način je mogoče zmogljivost ARM Cortex-M7 natančno prilagajati trenutnim potrebam programske opreme in prihraniti veliko energije, podobno kot pri osebnih računalnikih.

Sistemiški krmilnik ima tudi nekaj pomembnih zunanjih priključkov, med katerimi sta poleg tistih za priklop zunanjih resonatorjev in oscilatorjev ter tistih, ki jih potrebuje za poseben sinhroni vzporedni način prenosa podatkov, najpomembnejša: ERASE in NRST. Priključek NRST je dvosmeren. Kadar je sprogramiran kot vhod, lahko



z njim preko krmilnika za ponovni zagon (RSTC) sprožimo ponovni zagon mikrokontrolerja, hkrati pa lahko krmilnik za ponovni zagon, kadar je priključek sprogramiran kot izhod, preko njega sproži ponovni zagon z mikrokontrolerjem povezanih zunanjih naprav. Priključek je preko stalnega 100 kOhm upora v čipu povezan z napajanjem. Kakorkoli, RSTC je pri novem mikrokontrolerju prednastavljen kot vhod.

ERASE omogoča brisanje celotne vsebine EEPROMa brez uporabe orodji za razhroščevanje, ali programatorja. Vključuje tudi 100 kOhmski upor, povezan na maso, zato nam ga ni potrebno povezati na tiskanem vezju, če ga ne nameravamo uporabljati. Obenem je priključek zaščiten tudi pred neželenimi kratkimi impulzi, saj začne učinkovati



še, če je najmanj na visoki vrednosti najmanj 230 ms. Obenem ga moramo pri brisanju 2 MB EEPROMa pri SAM V71 zadržati na vrednosti 1 kar med 13 in 24 sekundami, pri drugih mikrokontrolerjih z manjšimi EEPROMi pa sorazmerno manj časa. Pri tem moramo vrednost priključka NRST držati na logični 0. Omenimo še, da je največje število brisalno-pisalnih ciklov EEPROMa ocenjeno na najmanj 100.000, če mikrokontroler uporabljamo pri sobni temperaturi, oziroma pri 25°C.

Poleg omenjenega sistemski krmilnik vključuje tudi krmilnikov vhodno-izhodnih priključkov: PIOA, PIOB, PIOC, PIOD in PIOE, od katerih lahko vsak upravlja do 32 priključkov, katerih dejansko število je odvisno od tipa in velikosti mikrokontrolerskega čipa. Pri tem je mogoče za vsak priključek izbrati različne načine delovanja, kot so: vhodni ali izhodni priključek, zunanji vhod za proženje prekinitve (različni načini: prednja fronta, zadnja fronta, nizek nivo, visok nivo), vklop filter neželenih kratkih impulzov, vklop filtra večkratnih impulzov (npr. zaradi uporabe preklopne stikala), dvig upornost na napajanje (angl. pull-up resistance), sinhroni izhod (omogoča hkratno spremembo stanja večjega števila izhodnih priključkov) in delovanje kot Schmittov prožilnik.

Po drugi strani, omogočajo enote PIO tudi preslikave notranjih priključkov drugih funkcionalnih enot na izhodne priključke mikrokontrolerskega čipa, pri čemer lahko način delovanja njim dodeljenih vhodno-izhodnih priključkov periferne enote tudi zaklenejo, obenem je mogoče tudi zaklepanje pred pisanjem. Poseben način delovanja, vzporedno zajemanje podatkov, je mogoče izbrati pri preslikavi enote ISI, A/D pretvornika in nekaterih drugih

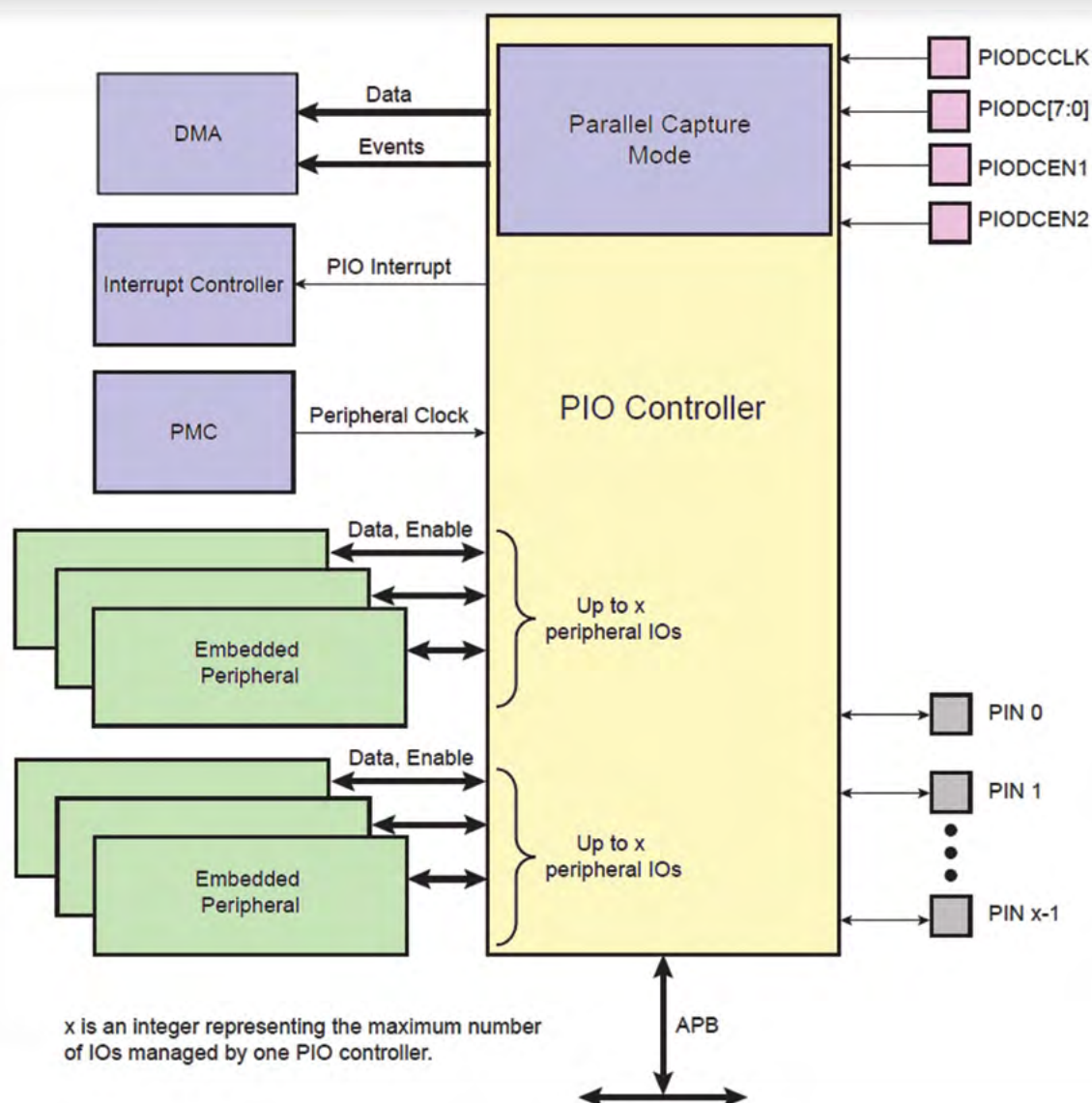
funkcijskih enot SAM; pri čemer je mogoče za hitre prenos podatkov v pomnilnik uporabiti tudi krmilnik XDMAC.

Hitra periferija

Med hitrimi vhodno-izhodnimi funkcijskimi enotami v mikrokontrolerjih iz družine SAM so poleg krmilnikov zunanjih pomnilnikov: SMC, ki ga lahko uporabimo tudi za neposredno krmiljenje prikazovalnikov LCD brez lastnega grafičnega procesorja, in SDRAMC, ki lahko upravlja zunanje pomnilnike tipa SDRAM, ter strojne logike za programiranje zunanjih EEPROMov, tudi funkcije enote: QSPI, USBHS, ISI, ICM/SHA, GMAC in MCAN, čeprav imajo GMAC in MCAN le zmogljivejši mikrokontrolerji (denimo SAM V71).

Po drugi strani, imajo vse omenjene funkcijske enote mikrokontrolerja vgrajen lastni krmilnik DMA prenosov, razen QSPI enota (Quad SPI), ki omogoča od 1 do 4-bitni prenos podatkov po zunanjem SPI vodilu s prav toliko podatkovnimi biti, po matriki notranjih vodil pa hitre prenose podatkov s pomočjo XDMAC krmilnika pa tudi neposredno zaganjanje programske kode iz zunanjih EEPROMov na SPI vodilu po XIP protokolu.

USBHS in GMAC sta gotovo najpomembnejši enoti za domačo uporabo. Že omenjena USBHS podpira USB povezavo po standardu USB 2.0 (480 Mb/s – visoka hitrost, 12 Mb/s – polna hitrost, 1,5 Mb/s – nizka hitrost) ter do 10 dvosmernih končnih točk, s pomočjo GMAC in ustreznega ojačevalnega vezja pa lahko mikrokontroler povežemo v Ethernet omrežje s hitrostjo 10 Mb/s ali 100 Mb/s; kljub nazivu GMAC pa žal ni podprta tudi hitrost 1 Gb/s.

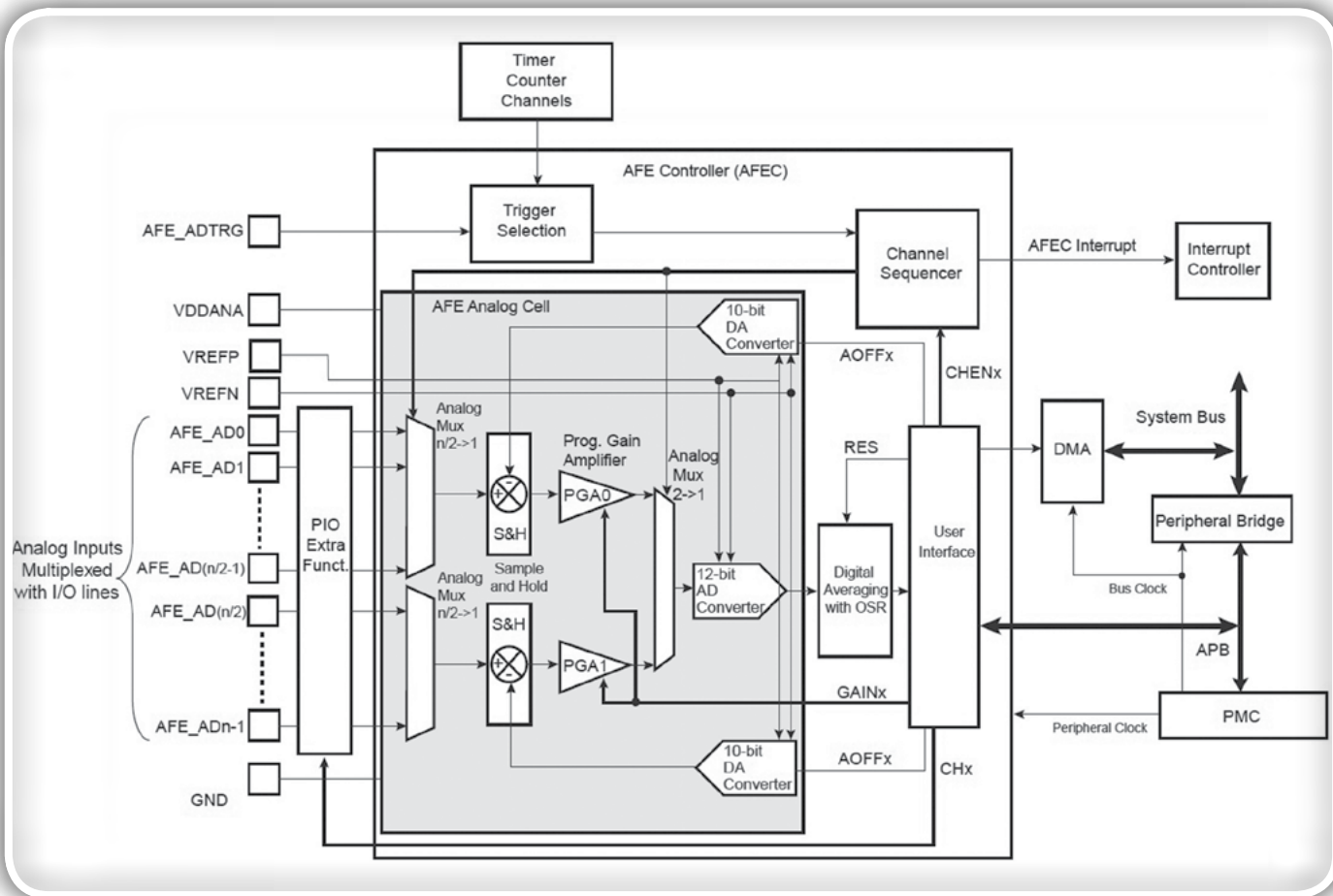


Ker mikrokontrolerje nemalokrat uporabimo v večpredstavnih aplikacijah in nenazadnje tudi za krmiljenje brezžičnih robotov, je ISI enota (Image Sensor Interface), ki podpira barvna slikovna CMOS tipala z 8-bitnim načinom po priporočilu Mednarodne zveze telekomunikacijskih operaterjev, ITU-R BT.601/656, in črno-bela slikovna CMOS tipala, pri čemer oboja uporabljajo strojna sinhronizacijska signala za navpično (ISI_VSYNC) in vodoravno (ISI_HSYNC) sinhronizacijo, ali pa delujejo v skladu s priporočilom ITU-R BT.656-4 za začetek in konec sinhronizacijskega video zaporedja. Zajem črno-belega videa poteka z ločljivostjo do 12 bitov v notranji izravnalni ISI enoti FIFO in od tu v katerega od pomnilnikov brez stiskanja, barvni video RGB signal z ločljivostjo 8 bitov po kanalu pa najprej obdela vgrajeni video kodek in iz formata 8:8:8 pretovori v pomnilniško manj zahteven format 5:6:5 (skupaj 16 bitov), ali celo 4:2:2 (skupaj 8 bitov), lahko pa po potrebi tudi zmanjšamo format slike. ISI sicer omogoča shranjevanje videa največ z ločljivostjo VGA, oziroma 640x480 pik, pri čemer lahko digitalno tipalo zajema video v do ločljivosti 2048 x 1536 pik. Vseeno so to podobne zmogljivosti kot so jih imele prve video kartice za PC, kar

je za mikrokontroler, ki primarno ni namenjen obdelavi videa, vsekakor impresivno.

MCAN enota, ki je skladna z ISO 11898-1:2015 standardom, je namenjena predvsem uporabi SAM mikrokontrolerjev v avtomobilski industriji, kljub temu pa za svoje delovanje, podobno kot GMAC, potrebuje dodatno transversno strojno logiko. MCAN je optimiziran po standardih AUTOSAR in SAE J1939 in je združljiv s CAN 2.0 ter podpira do 64 sprejemnih sporočilnih izravnalnikov in do 32 oddajnih sporočilnih izravnalnikov, pri katerih lahko nastavljamo tudi način delovanja. Mikrokontrolerji z dvema MCAN enotama omogočajo vzpostavitev skupnega deljenega sporočilnega RAM-a.

Med hitrimi perifernimi enotami velja omeniti še enoto za preverjanje celovitosti podatkov, ICM/SHA (angl. Integrity Check Monitor), ki računa in sproti preverja varnostne kode za največ štiri različna nezvezna pomnilniška področja na osnovi SHA algoritmov (angl. Secure Hash Algorithm). Varnostne kode, ki jih po enem izmed SHA (SHA1, SHA224 ali SHA256) algoritmov izračuna med



fazo računanja novih varnostnih kod, shrani v posebno področje pomnilnika (ICM Hash Area), ki ga nato uporablja pri sprotnem preverjanju ustreznosti varnostnih kod. V primeru spremembe podatkovne vsebine s SHA varnostno kodo varovanega pomnilniškega področja sproži prekinitev, s katero zažene obravnavo pomnilniškega incidenta. Vsekakor do slednjega lahko pride tudi zaradi napak pri delovanju mikrokontrolerja v težkih delovnih pogojih, ki jih predstavljajo napetostne in elektromagnetne motnje in velika temperaturna nihanja.

Podobno kot nekateri PIC32MZ mikrokontrolerji z veliko priključki, lahko tudi SAM s pomočjo SMC neposredno krmili LCD prikazovalnike brez lastnega grafičnega procesorja.

Počasnejša periferija

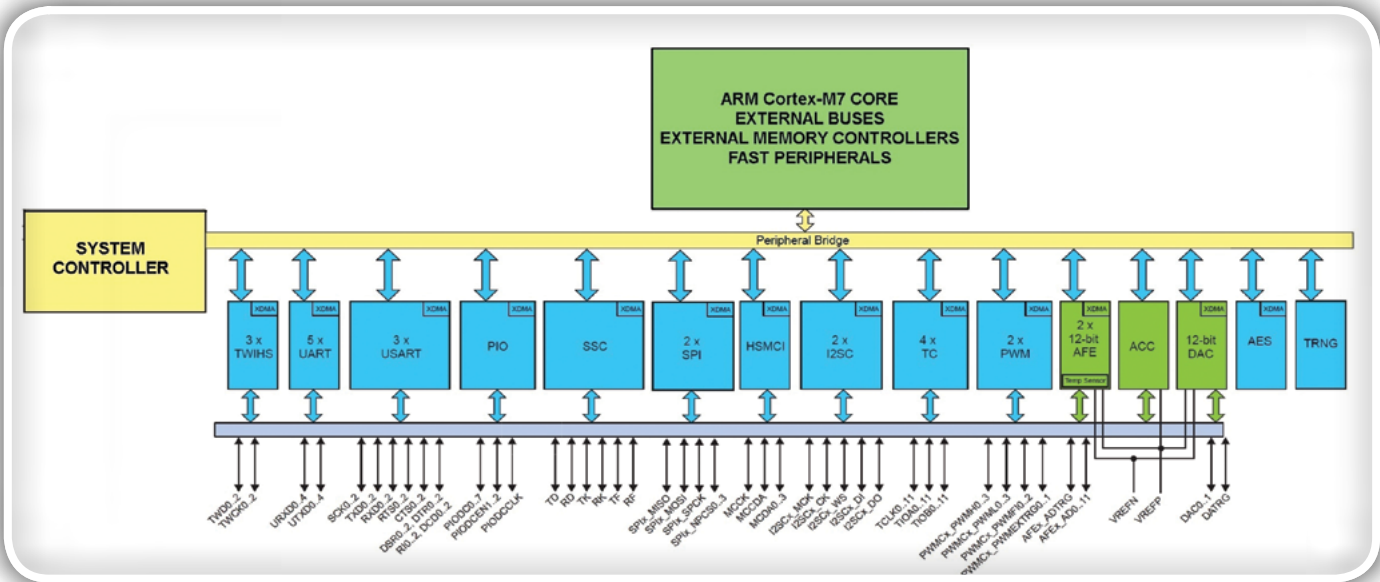
Res da tudi sistemski krmilnik sodi med počasno periferijo, vendar smo ga zaradi njegovega pomena za delovanje celotnega mikrokontrolerja SAM že omenili. Tako nam preostane še zgradba počasnejših vhodno izhodnih enot, ki so z 12-nivojsko povezovalno matriko vodil prav tako povezane preko perifernega mostu. Vsekakor velja najprej omeniti: krmilnik analognega prednjega dela (AFEC, angl. Analog Front-End Controller), krmilnik za D/A pretvorbe (DACC, Digital-to-Analog Converter Controller) in krmilnik analognih primerjav napetosti (ACC, angl. Analog Comparator Controller), ki jih najpogosteje uporabljamo pri domačih projektih.

AFEC vsebuje zmogljiv 12-bitni A/D pretvornik z vhodnim

ojačevalnikom s programirljivim ojačenjem in 10-bitna D/A pretvornika za nastavitev odmika pri meritvi vhodne napetosti na vsakem od dveh diferencialnih vhodnih kanalov ter dva analogna multiplekserja iz 6 na 1, kar omogoča zajem signalov iz do 12 analognih vhodov na vsakem od do dveh AFEC v SAM mikrokontrolerju. A/D pretvornik omogoča uporabo metode digitalnega poprečenja, s katero lahko dosežemo tudi 16-bitno ločljivost, pri čemer lahko A/D pretvornik samodejno izvaja poprečenje nad 4, 16, 64 ali 256 vzorci in skladno s tem omogoča povečanje ločljivosti na: 13, 14, 15 ali 16 bitov.

Dvokanalni 12-bitni DACC omogoča precej več kot enostavni D/A pretvorniki. Deluje lahko v prosto-tekočem načinu, načinu z največjo hitrostjo, prožilnem načinu in interpolacijskem načinu. Za vmesno hrambo podatkov ima na voljo FIFO izravnalnik. Pri uporabi nižjih frekvenc D/A pretvorbe omogoča tudi omejevanje porabe energije, saj lahko izklopimo izravnalnik. Vsakega od DACC kanalov lahko tudi neodvisno povežemo z XDMAC kanalom. Najkrajši čas pretvorbe digitalne v analogni vrednost je 12 ciklov DACC ure, kar omogoča hitrost pretvorbe 1 Msps. Pri interpolacijskem načinu delovanja pa je mogoče uporabiti interpolacijo nad 2, 4, 8, 16 ali 32 vzorci.

ACC vključuje dva analogna multiplekserja iz 8 na 1, s katerima izberemo analogni vhod, katerih napetost želimo primerjati. Pri tem lahko na enega od vhodov povežemo tudi notranji referenčni vir napetosti iz D/A pretvornika 0 ali 1, ki sta vgrajena v AFEC, ali temperaturnega tipala. ACC omogoča različne načine primerjav vhodnih signalov:



nivo histereze, detekcija prehoda in detekcija polaritete. Pri tem omogoča tudi proženje prekinitev in PWM modula, ki ustvarja impulzno-širinsko modularane signale za krmiljeno elektroniko.

Zdaj se lahko lotimo še funkcijskih enot za podporo enostavnejšim komunikacijskim protokolom. SAM mikrokontrolerji imajo lahko vgrajene do 3 TWIHS enote za dvožični prenos podatkov, v celoti združljive z I2C protokolom, obenem pa podpirajo tudi SMBus vodilo za zunanje pomnilniške module z zaporednim dostopom. Podprte prenosne hitrosti so: 100 kHz, 400 kHz in 3,4 MHz, vendar slednja le v načinu delovanja podrejene naprave. Povejmo še, da sta podprta 7-bitno in 10-bitno naslavljanje naprav na I2C vodilu, vendar slednje le, ko je mikrokontroler nadzorna naprava I2C vodila. Za hiter prenos podatkov je mogoče uporabiti tudi XDMAC.

Krmilnik zaporednih sinhronih prenosov, SSC (angl. Synchronous Serial Controller) je namenjen komunikaciji z avdio in telekomunikacijskimi napravami. Podpira protokole I2S, sinhronizacijo kratkega okvira, sinhronizacijo dolgega okvira itn. Tako ga lahko povežemo z različnimi audio kodeki, D/A pretvorniki in celo čitalniki magnetnih kartic. Podobno kot TWIHS, omogoča tudi uporabo XDMAC, s katero lahko v največji meri zmanjšamo obremenitev procesorskega jedra s prenosi podatkov.

Ko smo že pri povezavah z avdio napravami, omenimo še, da imajo SAM mikrokontrolerji do dva krmilnika za zvočne povezave med integriranimi vezji, I2SC (angl. Inter-IC Sound Controller), ki sta združljiva z I2S protokoli, vendar pa prenos podatkov poteka preko 5-žične povezave. Mogoča je tudi uporaba XDMAC.

Univerzalnih sinhronih (USART) in asinhronih (UART) sprejemnikov-transiverjev prav tako ne manjka. Se pa prvi in drugi razlikujejo predvsem po številu priključkov. V SAM mikrokontroler so vgrajeni do trije sinhroni in do pet asinhronih vmesnikov, od katerih v osnovi vsi delujejo kot pomikalni registri, ki znajo na različne načine zaporedno

oddajati in sprejemati podatke. Razlika med njimi pa je predvsem strojna možnost sinhronizacije, katero imajo s pomočjo dodatnih krmilni signalov na voljo le USARTi. Slednji lahko delujejo po RS232, RS485, ISO7816 protokolih (omogoča povezavo pametnih kartic), IrDA (infrardeči oddajniki-sprejemniki) modulacija in demodulacija, SPI, LIN in LON. Po drugi strani UART omogoča samo običajne serijske (terminalske) povezave preko TxD oddajnih priključkov in RxD sprejemnih priključkov, po asinhronem protokolu RS232. Enote USART in UART omogočajo tudi hkratno uporabo po dveh kanalov XDMAC, s katerima je mogoče povsem avtomatizirati prenos podatkov iz pomnilnika in v pomnilnik.

Med počasnejšo periferijo sodita tudi izredno pomembna TRNG in AES modula. Prvi omogoča ustvarjanje pravih naključnih števil na osnovi strojnega vira entropije, drugi pa nudi strojno podporo simetričnemu kriptografskemu AES algoritmu, ki omogoča varnostno kodiranje podatkov pred njihovim prenosom po žičnih ali brezžičnih povezavah in dekodiranje sprejetih podatkov. Omogoča rabo kodirnih ključev dolžin 128, 192 in 256 bajtov, pri čemer s pomočjo dveh vhodnih izravnalnikov skrajša čas, potreben za varnostno kodiranje in/ali varnostno dekodiranje podatkov. Sodeluje lahko tudi z XDMAC, ki znatno skrajša časa prenosa podatkov, pri čemer podpira masovne prenose 8, 16, 32, 64 in 128-bitnih podatkovnih besed.

Prihodnjič

Mikrokontrolerji SAM Microchip imajo toliko periferije, da je tokrat preprosto zmanjkalo prostora, da bi naštel še vse počasne periferne enote, od katerih so še posebej zanimivi zmogljivi programabilni časovniki in enota PWM, s katerimi lahko ustvarjamo signale in jih natančno merimo. Teh se bomo lotili prihodnjič, ko bomo spoznali tudi najbolj uporabne preizkusne plošče, s katerimi lahko preučujemo zmogljivosti novega rodu mikrokontrolerjev pa tudi eksperimentiramo.

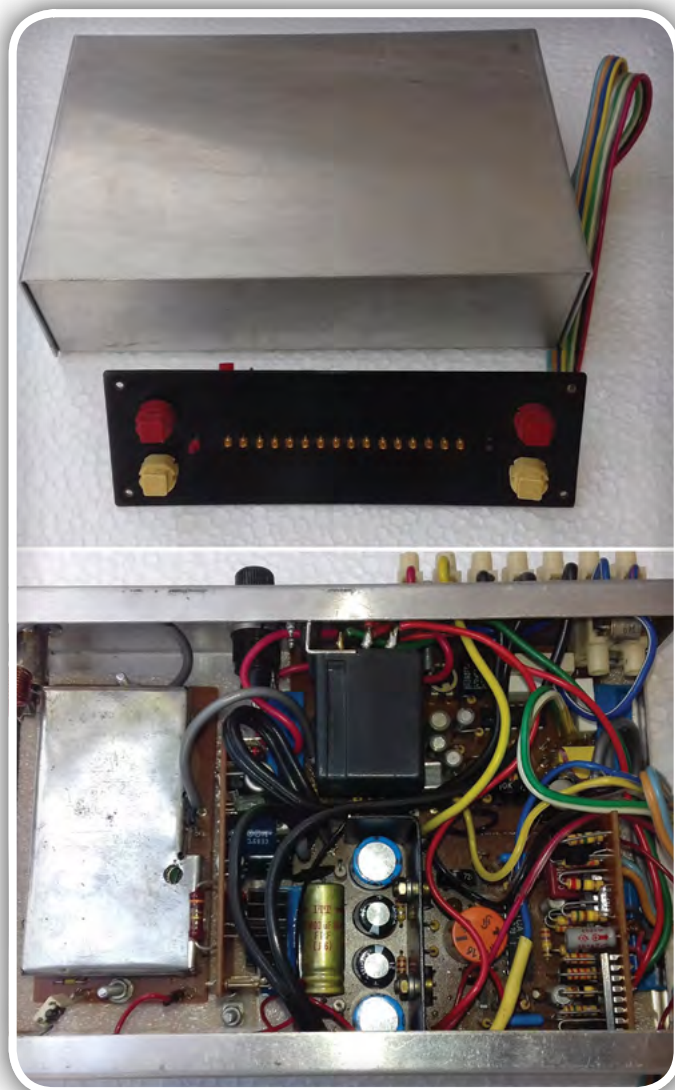
<https://svet-el.si>

Napravimo FM radio: Bascom-AVR knjižnice za Arduino module (15)

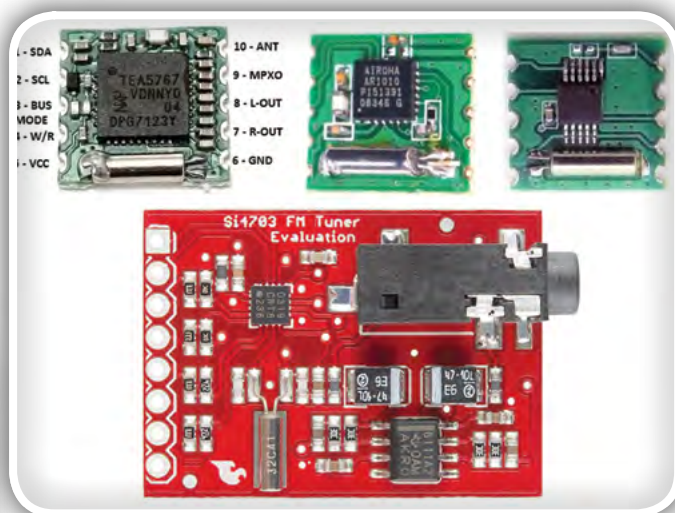
Avtor: mag. Vladimir Mitrović
E-pošta: vmitrovic12@gmail.com

Ste že kdaj poizkusili napraviti radijski sprejemnik? Jaz sem ga že pred 40 leti, in to je bila sijajna izkušnja (slika 69). To je bil pravi superhet, s najboljšimi čipi, ki so se takrat lahko dobili na trgu, in dobro mi je služil polnih deset let v mojem prvem avtomobilu. Od takrat so se časi spremenili, novejši avtomobili so bili opremljeni z vgrajenimi radijskimi sprejemniki in tako je moj raritetni primerak končal v omari z drugimi spomini. In potrpežljivo je tam čakal do pred nekaj meseci, ko sem ga ponovo priključil na akumulator – takoj je deloval!

Razlog za to vračilo v preteklost je prava poplava FM stereo modulov v internetnih trgovinah. Slika 70 kaže del te ponudbe: v zgornji vrstici so prikazani moduli, ki služijo funkciji FM tunerja, v spodnji vrstici se pa nahaja razvojna ploščica, ki vsebuje tudi avdio ojačevalnik in tako ponuja kompleten FM sprejemnik. Moduli v zgornji vrstici so zanimivi zato, ker so, čeprav vsebujejo različne čipe (TEA5767, AR1010 in RDA5807M), medsebojno hardversko kompatibilni - vsi imajo iste dimenzije, 11x11



Slika 69: Moj prvi radijski sprejemnik



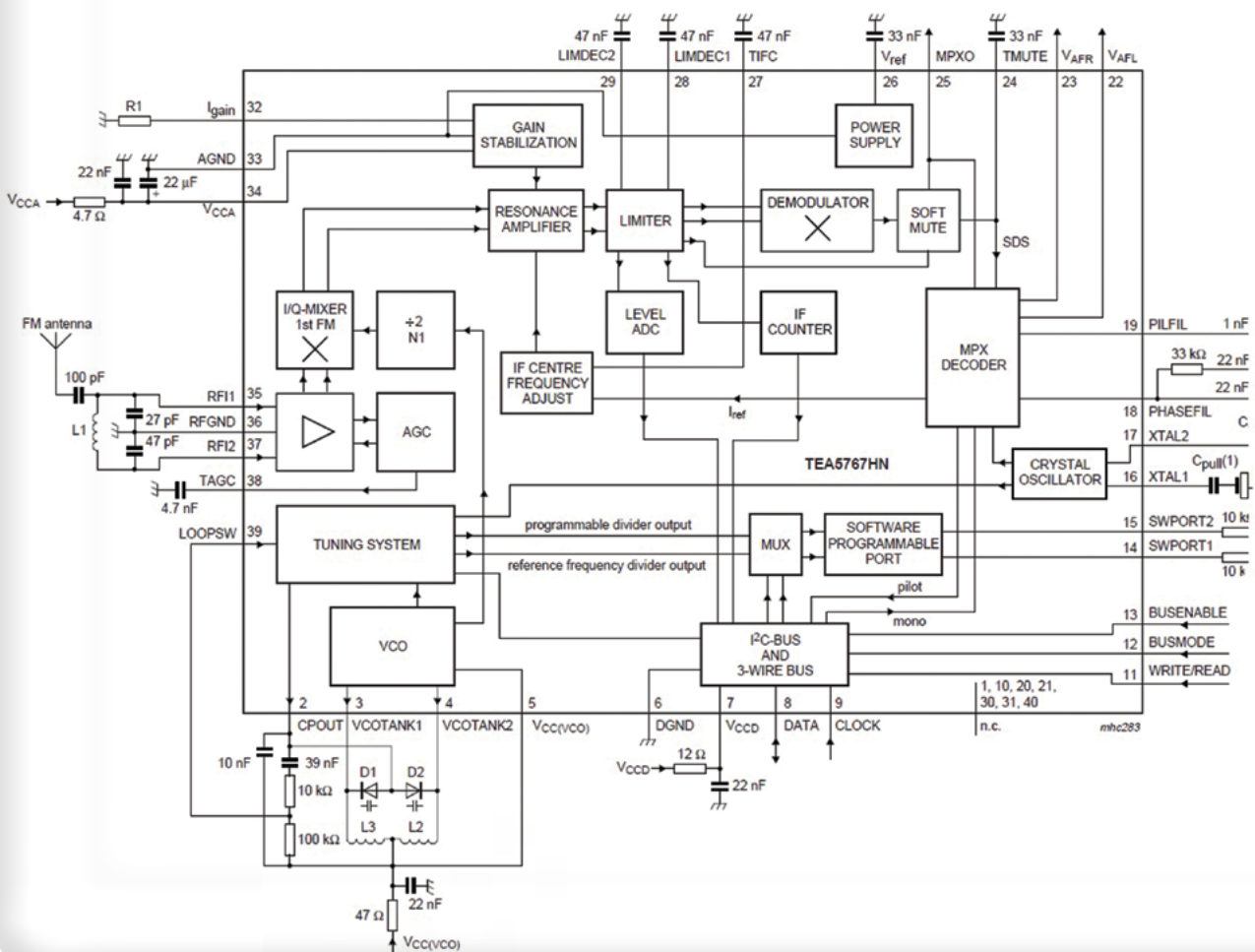
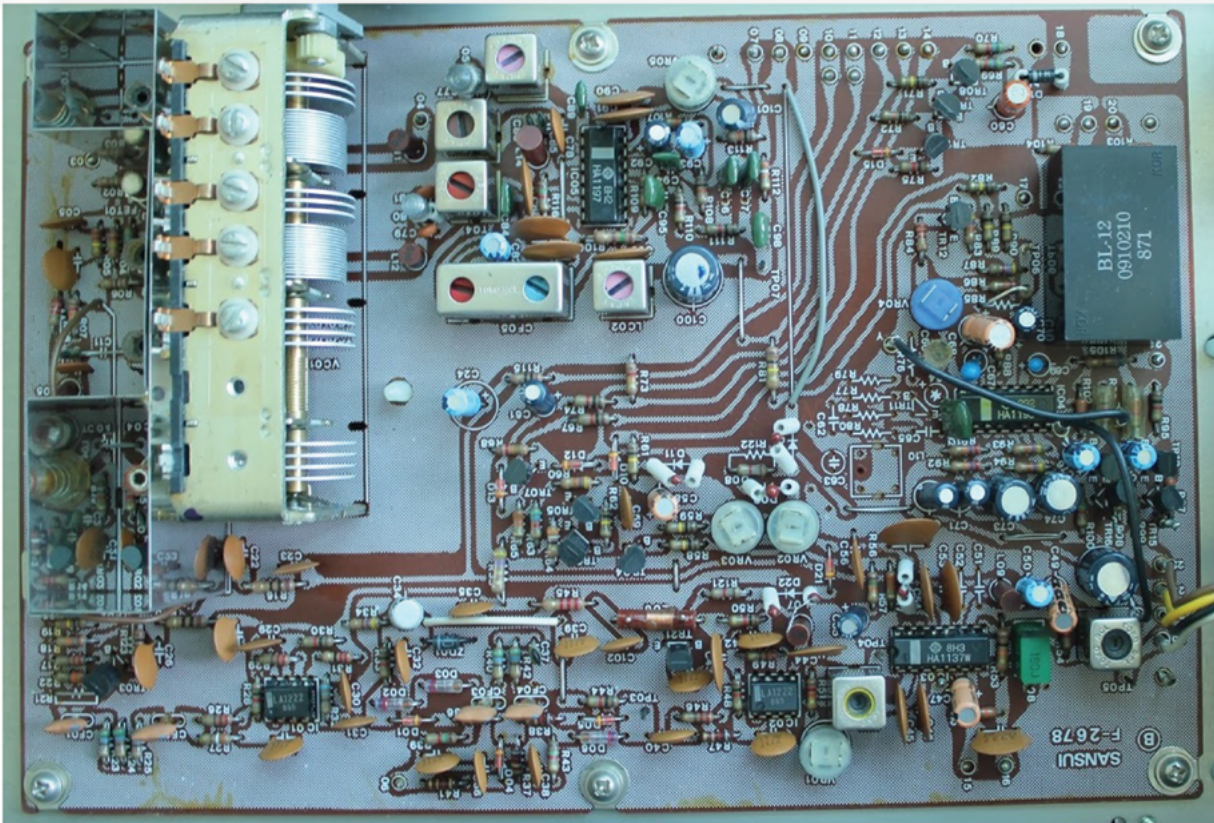
Slika 70: Delni prikaz ponudbe FM stereo modulov

mm, in isti raspored priključkov. Interesantna je še ena stvar: TEA5767, ki je bil prvi dostopen, zahteva 20 zunanjih komponent za pravilno delovanje; pri zgolj nekaj let mlajšemu RDA5807M je vse integrirano v sam čip - poleg njega, se na modulu nahajajo samo še kvarc in dva kondenzatorja. Moduli so tudi softversko kompatibilni, ker novi čipi lahko večinoma delajo tudi v TEA5767 načinu dela. Če pa želite potegniti maksimum iz nekega čipa, ga je treba programirati na njemu specifičen način, in potem se pojavijo velike razlike.

Uporabnikom Arduino platforme so na voljo gotove knjižnice za nekaj najpopularnejših modulov. Mi bomo predstavili Bascom-AVR knjižnice za dva čipa: TEA5767, zato ker je svojevrstni standard v tem področju, in RDA5807, zato ker omogoča tudi dekodiranje RDS signala. Da bi zgodbo lahko zaokrožili, bomo pokazali, kako z moduli, ki vsebujejo te čipe, lahko zgradite "pravi" FM radijski sprejemnik in kako napisati ustrezen program, ki krmili z njegovim delom. Mogoče je to priložnost, da sami poizkusite napraviti svoj prvi radijski sprejemnik! No, pojdemo po vrsti...

Osnovno o radijskem prenosu

Princip radijskega prenosa je zasnovan na uglasenih nihajnih krogih. Nihajni krog je sestavljen iz paralelno



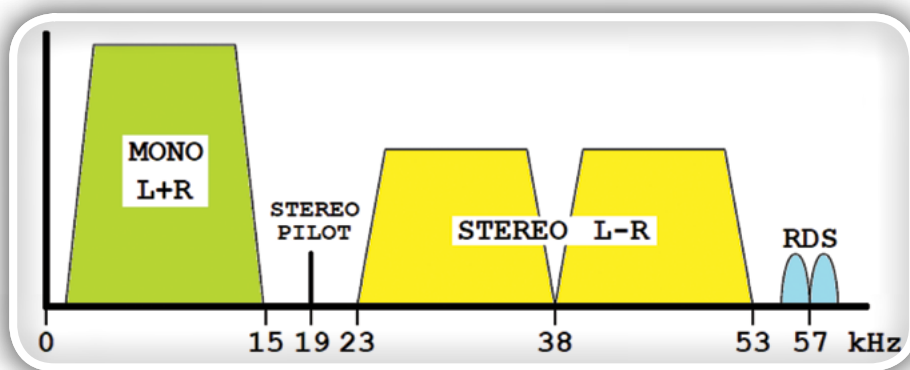
Slika 71: FM stereo modul z integriranim vezjem TEA5767 (spodaj) ima iste funkcionalne dele kot "pravi" radijski sprejemnik (zgoraj)

povezane tuljave in kondenzatorja, katerih impedance (upornosti) niso odvisne zgolj od njihovih karakteristik, pač pa tudi od frekvenca toka, ki teče skozi njiju: induktivni upor tuljave raste z višjo frekvenco, medtem ko se kapacitivni upor kondenzatorja z rastjo frekvenca zmanjšuje. Frekvenca na kateri se ti upori izenačijo se imenuje rezonančna frekvenca nihajnega kroga. Ko se frekvenca toka, ki teče v nihajnem krogu približuje resonančni frekvenci, nastane zanimiv pojav: impedanca (upor) paralelnega nihajnega kroga hitro naraste in postane večkrat večja od impedance vsake posamezne komponente. Zato bo tudi napetost na nihajnem krogu, pobujenem s frekvenco, ki je blizu resonančni, višja od napetosti na kateri koli drugi frekvenci – pravimo, da ima nihajni krog svojo selektivnost.

Če sta dva nihajna kroga uglasena na isto resonančno frekvenco in se nahajata v bližini, bo med resonanco prišlo do pomembnega prenosa energije z enega nihajnega kroga (oddajnik) na drugega (sprejemnik). Isti princip velja tudi pri radijskem prenosu; edina razlika je, da gre tukaj za mnogo večje razdalje, zato mora oddajnik imeti veliko moč, sprejemnik pa mora biti občutljiv. Signal, ki ga oddaja oddajnik neke radijske postaje ima še eno značilnost: na njega je na ustrezen način "vtisnjena" informacija, katero radijska postaja oddaja. Sprejemnik izlušči frekvenco na kateri oddaja želena radijska postaja, ojačuje njen signal na dovolj visok nivo, da bo lahko iz njega izluščil vtisnjeno avdio informacijo, razdeli signale levega in desnega kanala... dovolj je tu dela. Zato so tudi radijski sprejemniki zelo kompleksne naprave: fotografija na sliki 71 zgoraj prikazuje notranjost enega od "klasičnih" radijskih sprejemnikov višjega razreda starega 30 let, na spodnjem delu slike je prikazana blok shema FM modula s čipom TEA5767.

Z bolj pazljivo analizo bi ugotovili, da ima modul z integriranim vezjem TEA5767 iste funkcionalne dele kot "pravi" radijski sprejemnik. Mogoče se kvaliteta sprejema takega FM modula ne more v vseh podrobnostih meriti s kvaliteto klasične izvedbe, ampak gre kljub temu za zelo uporabno vezje! Tehnično gledano, tako sprejemnik kot tudi modul s slike 71 nista radijska sprejemnika, pač pa tunerja (eng. tuner). Tuner je naprava, ki opravlja sprejem in obdeluje signal radijske postaje, medtem ko ima radijski sprejemnik vgrajen tudi avdio ojačevalnik za glasno reprodukcijo preko zvočnika.

Tukaj moramo še pojasniti, kaj pomeni oznaka FM. Frekvenčno področje, na katerem oddajajo komercialne radijske postaje, se razteza od 150 kHz do 108 MHz in se deli na dolge, srednje, kratke in ultrakratke valove. Sprejemnik, ki ga opisujemo, pokriva najvišje frekvence od 87,5 do 108 MHz, to je ultrakratkovalno področje (UKV). Na UKV področju se za prenos avdio informacije uporablja



Slika 72: Frekvenčni spekter, ki ga oddaja FM radijska postaja

frekvenčna modulacija – od tod se je uveljavil pogosto uporabljen izraz, FM.

Kaj pa je frekvenčna modulacija? Zamislimo si, da neka radijska postaja oddaja svoj program na frekvenci 100 MHz: točno tolikšna bo izhodna frekvenca, ki jo oddaja njena antena – vendar samo kadar je na programu "tišina". Če avdio signal, ki se trenutno oddaja ima frekvenco 1 kHz, bo to povzročilo, da se bo frekvenca oddanega signala 100 MHz menjala prav v takšem ritmu. Kakšna bo sprememba frekvenca je odvisno od jakosti (glasnosti) tega signala. Radio postaje v FM področju prenašajo avdio informacijo od 50 Hz do 15 kHz. Govor, glasba in drugi zvoki, ki so sestavni deli radijskega prenosa so pravzaprav seštevki avdio signala različnih frekvenc in amplitud. Zato bo frekvenca radijske postaje, ki svoj program oddaja na 100 MHz na različne načine, več ali manj tudi hitreje ali počasneje, odstopala od te frekvenca. Da bi se v FM področje lahko namestilo čim več radijskih postaj, te spremembe ne smejo biti velike: omejene so na manj kot ± 100 kHz, pa vendar vsebujejo vse potrebne informacije o zvoku, ki ga mora reproducirati naš sprejemnik.

In tudi več od navedenega! Večina radijskih postaj v FM področju oddaja svoje programe v stereo tehniki. Poslušalec stereo prenosa, poleg "gole" zvočne informacije lahko oceni tudi položaj posameznega izvora (instrumenta ali govornika) v prostoru. Za to je dovolj prenesti dva zvočna signala, tistega, ki bi ga slišalo levo in tistega, ki bi ga slišalo desno uho poslušalca, ko bi se, namesto pred svojim radijskim sprejemnikom, nahajal na mestu dogajanja. Napačno bomo pomislili, da se to rešuje z ločenim prenosom levega (L) in desnega kanala (R). Ne, ni tako!

Preden se je pojavil stereo, je obstajal samo mono prenos: prenešana je bila zvočna informacija brez informacije o razporedu zvočnih virov v prostoru. Ko so načrtovali stereo prenos, so projektanti želeli zadržati kompatibilnost med obema napravama:

- stari mono sprejemniki bi morali sprejemati tako mono in stereo programe, z omejitvijo, da stereo oddajajo v mono tehniki, tj. brez informacije o prostoru,
- novi stereo sprejemniki bi morali sprejemati tako mono in stereo programe in te zadnje predvajati z informacijo o prostoru.

Poglejmo na sliki 72 kako je to elegantno rešeno! Med stereo prenosom se oddajata, dva signala: seštevek levega in desnega kanala (L+R) v normalnem frekvenčnem področju (50 Hz - 15 kHz) in njuna razlika (L-R) v premaknjenem frekvenčnem področju, 23-53 kHz. Kot znak, da gre za stereo prenos, radijska postaja oddaja še tudi slab signal frekvence 19 kHz, t.i. pilotni ton. Končno, nekatere radijske postaje oddajajo tudi RDS signal, ki vsebuje različne informacije o sami radijski postaji, vrsti programa, trenutno oddajani vsebini itd..

Koliko od oddane vsebine se lahko prepozna je odvisno od vrste sprejemnika in kvalitete sprejema. Mono sprejemnik bo prepoznal samo L+R in ga predvajal kot mono signal. Stereo tuner ali sprejemnik bo prepoznal stereo pilotni ton in dodatno L-R informacijo in z enostavnim računom razdelil kanale:

$$\begin{aligned}(L+R) + (L-R) &= 2L \\(L+R) - (L-R) &= 2R\end{aligned}$$

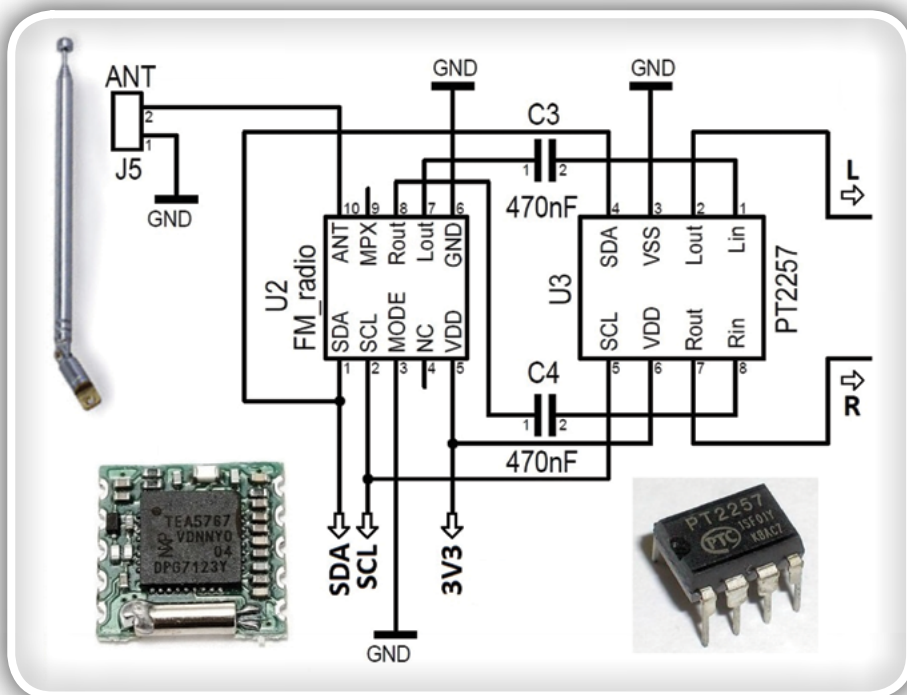
Ta delitev kanalov se odvija v delu sprejemnika, ki se imenuje stereo dekodler. Končno, če ima vgrajen RDS dekodler, bo radijski sprejemnik prepoznal tudi RDS signal in iz njega izluščil koristne informacije.

Shema FM radijskega sprejemnika

Naš FM radijski sprejemnik je sestavljen iz tunerja, močnostnega ojačevalnika in krmilnega vezja. Funkcijo FM tunerja izvaja modul z integriranim vezjem TEA5767 (U2 na sliki 73). Njegova naloga je, da iz šuma signala na FM področju izlušči signal želene radijske postaje, ga primerno ojači in obdela ter iz njega izlušči avdio signale levega in desnega kanala. Ta signala imata amplitudo do 75 mV in sta prisotna na priključkih Lout in Rout.

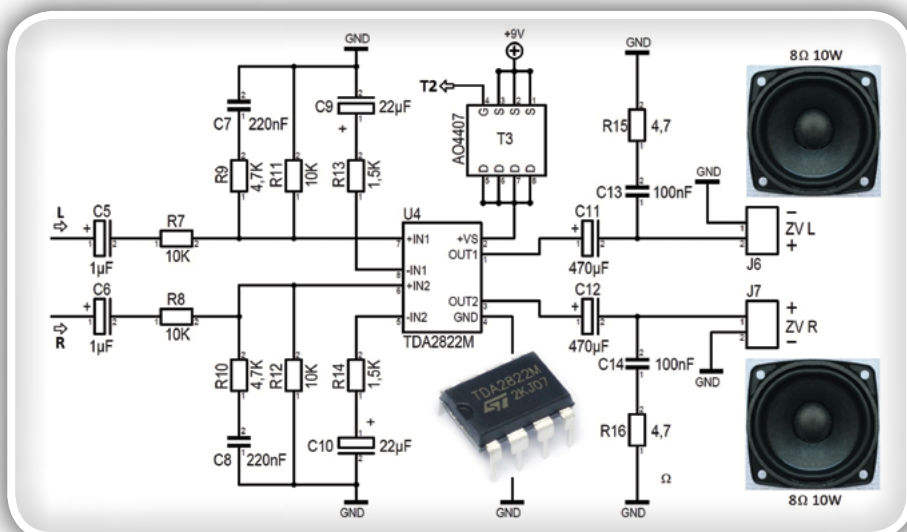
TEA5767 nima možnosti regulacije glasnosti; zato smo tunerju dodali elektronski potenciometer PT2257 (U3), ki omogoča neodvisno dušenje avdio signala levega in desnega kanala v razponu od 0 do -79 dB s korakom po 1 dB.

Shema močnostnega ojačevalnika je prikazana na sliki 74. Izbrano je integrirano vezje TDA2822M, ki pri 9 V napajalni napetosti na zvočnikih upornosti 8 Ω zmore do 1 W izhodne

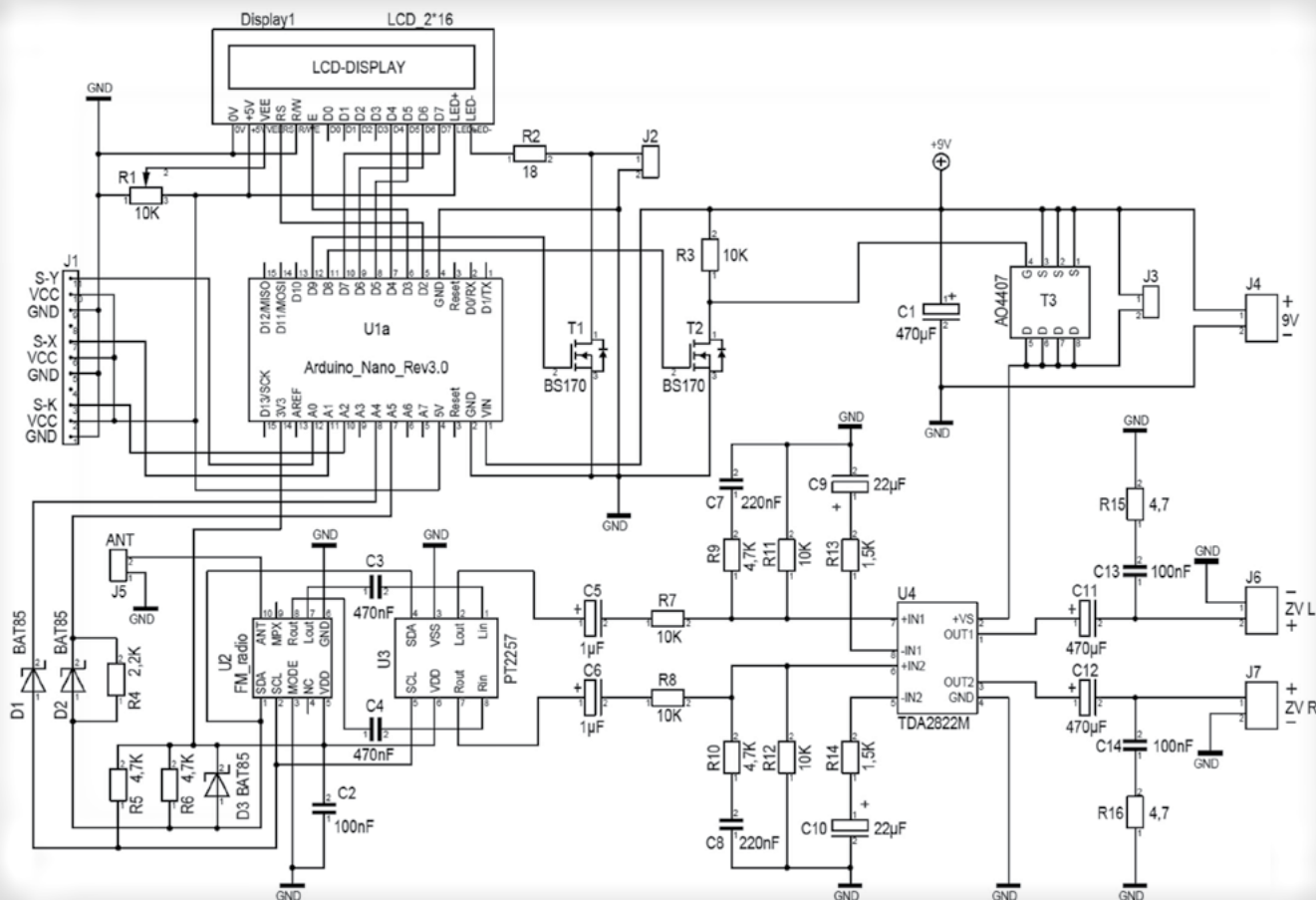


Slika 73: Modul z integriranim vezjem TEA5767 opravlja funkcijo FM tunerja.

moči. Zaradi boljše kvalitete zvoka priporočam uporabo širokopasovnih zvočnikov nekoliko večje moči; jaz sem uporabil zvočnike moči 10 W in premera 57 mm, podobne tistim na sliki 74. Od tako malih zvočnikov se pač ne more pričakovati kvalitetna reprodukcija nižjih tonov. Da bi lahko kompenzirali ta primanjkljaj, sta na vhod ojačevalnika postavljena RC filtra R7-R9-R11-C7 (levi kanal), oziroma R8-R10-R12-C8 (desni kanal). Navedene RC mreže so frekvenčno odvisni slabilniki, ki bolj dušijo signale visokih frekvenc. Gledano na drugi način, gre za korekcijo barve zvoka, ki dviguje base: frekvence pod 150 Hz so ojačene za približno 6 dB, vpliv filtra pa postopno slabi z rastjo frekvence in postane zanemarljivo majhen pri frekvencah višjih od 300 Hz. S tem smo dosegli bolj bogat zvok brez preglasnih ali popačenih basov. Vrednosti komponent, ki sestavljajo filtre, se lahko po potrebi popravi in prilagodi konkretnemu zvočniku.



Slika 74: Močnostni ojačevalnik z integriranim vezjem TDA2822M



Slika 75: Shema celotnega radijskega sprejemnika

Napetostno ojačenje integriranega vezja TDA2822M znaša okoli 40 dB, kar je za naše potrebe preveč: pri maksimalni glasnosti je bil zvok preglašen in popačen. Zato mu je potrebno ojačenje zmanjšati z upori R13 in R14, katerih vrednosti so določene s poizkusom. Skupaj s kondenzatorjema C9 in C10 ter komponentami znotraj integriranega vezja določajo stopnjo povratne povezave in s tem vplivajo na skupno ojačenje. V praksi se je pokazalo da takšna intervencija ne vpliva na stabilnost ojačevalnika. Po potrebi se ojačenje lahko poveča z zmanjšanjem vrednosti uporov R13 in R14; za vrednosti pod 150 Ω je kapaciteti kondenzatorjev C9 in C10 potrebno povečati na 100 μF .

T3 je močan P-kanalni MOSFET; ima vlogo stikala in izključuje napajanje integriranega vezja TDA2822M, kadar je radijski sprejemnik v stanju pripravljenosti. Z njim in tudi z delom vseh ostalih komponent radijskega sprejemnika krmili vezje sestavljeno iz Arduino Nano modula, alfanumeričnega displeja in krmilne palice (joystick). Kako je vse to medsebojno povezano, prikazuje shema celotnega radijskega sprejemnika na sliki 75.

Mikrokontroler ATmega328P v Arduino Nano modulu bere signale s krmilne palice, in na podlagi tega pošilja ukaze FM modulu, regulatorju glasnosti in drugim vezjem ter izpisuje ustrezna sporočila na alfanumeričnem displeju. Poleg mikrokontrolerja Arduino Nano vsebuje še napetostna stabilizatorja, ki zagotavljata stabilno napetost napajanja za mikrokontroler in alfanumerični displej (5 V) ter FM modul in regulator glasnosti (3,3 V).

Krmilna palica (slika 76) je sestavljena iz potenciometrov RX in RY, nameščenih eden proti drugemu pod pravim kotom. Prvi potenciometer ustreza X, drugi pa Y osi koordinatnega sistema. Palica se veže na ustrezno napajalno napetost, v našem radijskem sprejemniku je to 5 V. Kadar je palica v nevtralnem položaju, so drsniki obeh potenciometrov v srednjem položaju, zato bo tudi napetost na S-X in S-Y priključkih znašala 2,5 V. S premikanjem palice (oziroma njenega pokrova v obliki gobe) od enega do drugega skrajnega položaja v horizontalni smeri, se bo napetost

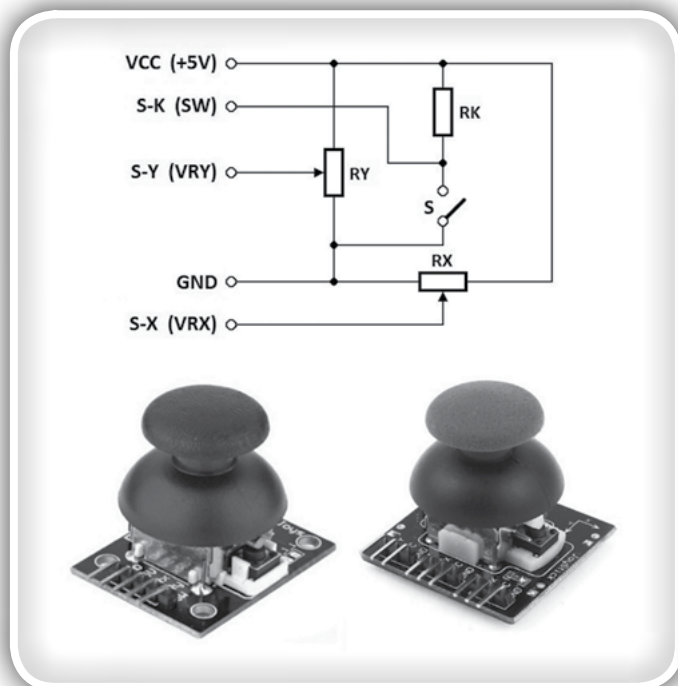
RAČUNALNIŠKE NOVICE
bralcem revije
SVET ELEKTRONIKE
ponujajo POSEBNO
PONUDBO!

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

Navedete geslo
SVET ELEKTRONIKE.

**12 števil
BREZPLAČNO**

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



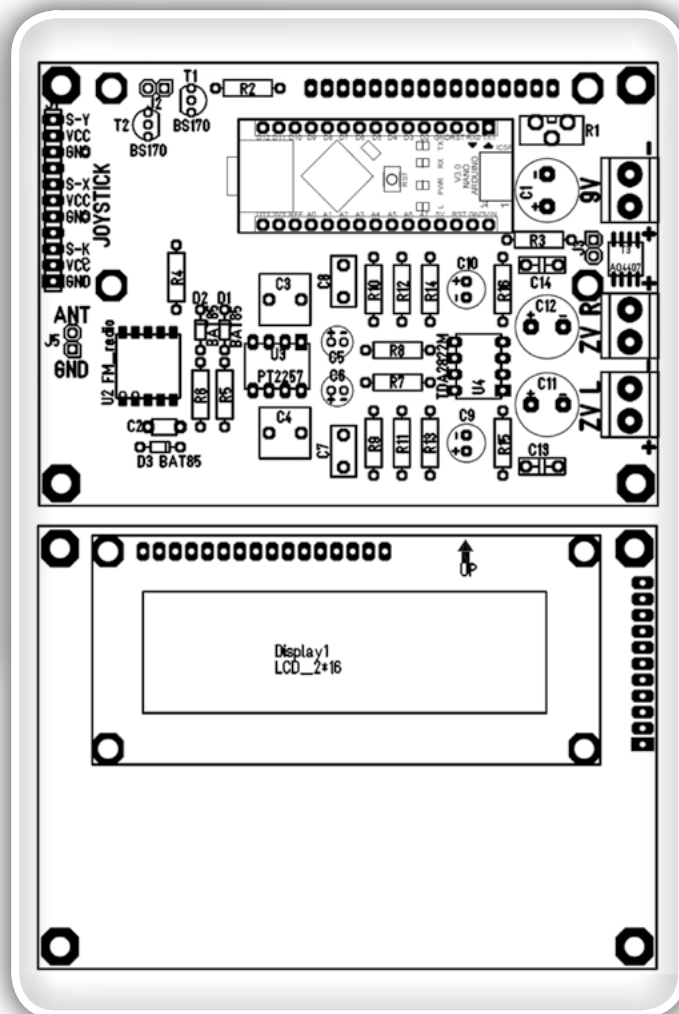
Slika 76: Krmilna palica (joystick)

S-X priključka menjala od 0 do 5 V. Te spremembe bo mikrokontroler razumel kot ukaz za spremembo radijske postaje ali frekvence. Prav tako s premikanjem palice v vertikalni smeri se bo napetost S-Y priključka menjala od 0 do 5 V. Te spremembe bo mikrokontroler razumel kot ukaz za spremembo glasnosti. Te izraze "horizontalno" in "vertikalno" je potrebno gledati pogojno, ker so prvenstveno odvisne od načina, kako je krmilna palica montirana, oziroma obrnjena.

Krmilna palica ima še stikalo S, ki je v normalnih pogojih nesključeno, zato je napetost njegovega izhodnega priključka S-K = 5 V. Stikalo se sklene, ko os palice ("gobo") pritisnemo navzdol, in takrat napetost S-K priključka pade na 0 V. Mikrokontroler razlikuje kratke in dolge pritiske na palici in odvisno od trajanja pritiska, izvršuje različne aktivnosti. Tako z dolgimi pritiski sprejemnik vključujemo in izključujemo ali potrjujemo izbrano vrednost, medtem, ko s kratkimi pritiski menjamo način dela ali preprečimo neko aktivnost.

Večina analognih krmilnih palic ima podoben princip dela, dve prikazani na sliki 76 sta pa tudi na videz zelo podobni. Navkljub različnemu številu priključkov in različnim oznakam na njih, sta obe sestavljeni iz istih komponent in se lahko uporabita v našem FM radijskem sprejemniku.

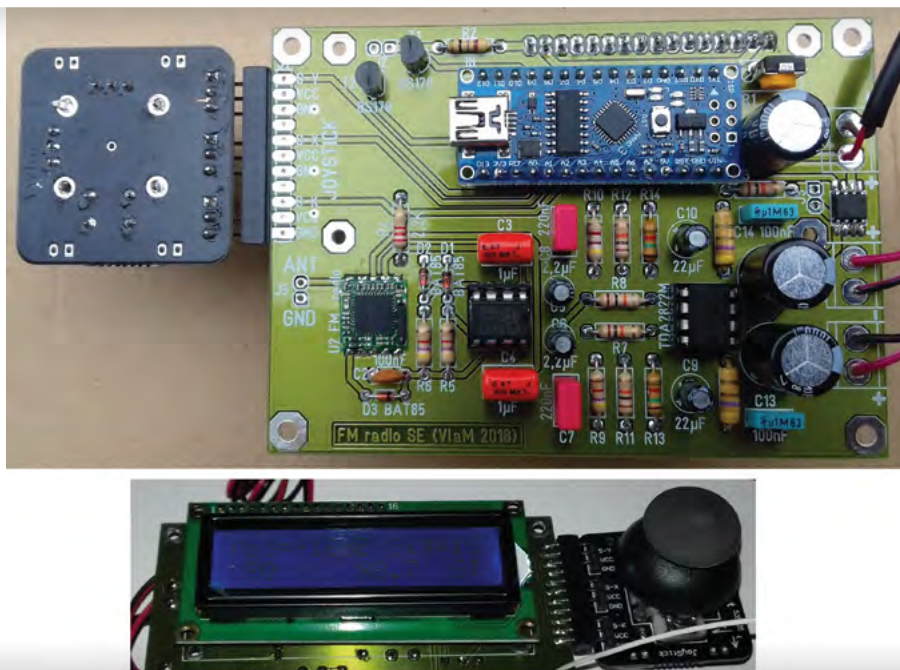
Razen krmilne palice je na mikrokontroler vezan tudi alfanumerični displej tipa 2x16. Uporabljamo ga za prikaz osnovnih informacij o trenutnem statusu radijskega sprejemnika (kot so frekvenca in jakost signala radijske postaje, ko jo trenutno poslušamo, glasnost in podobno), pa tudi za bolj zahtevne postopke, kot je izbira nove radijske postaje in memoriranje njene frekvence. S trimer potenciometrom R1 nastavljamo kvaliteto prikaza na displeju.



Slika 77: Razpored komponent na tiskani plošči

Mikrokontroler iz Arduino Nano modula v celoti krmili FM radijski sprejemnik. Poleg do sedaj navedenih aktivnosti on poskrbi, da bo radijski sprejemnik prilagojen navadam svojega uporabnika. Tako si bo npr., v trenutku, ko želimo ugasniti radijski sprejemnik, zapomnil katero radijsko postajo in s kakšno glasnostjo smo jo poslušali, da bi nas iste vrednosti počakale tudi takrat, ko ga naslednjič vključimo. Mikrokontroler poskrbi tudi za racionalno porabo električne energije. Dva največja potrošnika v radijskem sprejemniku sta izhodni ojačevalnik z integriranim vezjem TDA2822M in osvetlitev ozadja LCD alfanumeričnega displeja. O izključevanju izhodnega ojačevalnika smo že govorili, sedaj bomo samo razložili, kako ga mikrokontroler krmili preko tranzistorja T2. Osvetlitev ozadja potrebujemo dokler je sprejemnik vključen, zato ga bo mikrokontroler s pomočjo tranzistorja T1 ugasnil takoj, ko ugasnemo sprejemnik. S kratkostičniki J2 in J3 lahko "zaobidemo" škodljivo obnašanje mikrokontrolerja ter osvetlitev ozadja in napajanje izhodnega ojačevalnika obdržimo stalno vključeni.

Ukaze krmilne palice mikrokontroler pretvarja v obliko, ki jo FM modul in integrirano vezje PT2257 razumeta in nato jim jih prenaša preko SCL in SDA linij. Za komunikacijo se uporablja I2C protokol. Mikrokontroler najprej naslovi enega od integriranih vezij na vodilu in nato nadaljuje



Slika 78: Zaključena tiskana ploščica (izdelava: PCB parcele, AX elektronika)

s njim "pogovor"; vsa ostala integrirana vezja na istem vodilu "ne govorijo" in čakajo da jih "pokličemo". V FM radijskem sprejemniku se je pojavil problem povezovanja komponent preko I2C vodila, ker mikrokontroler dela na 5 V, medtem ko se FM modul in PT2257 napajata z napetostjo 3,3 V; napetostno prilagoditev rešujejo diode D1-D3 in upor R2.

Izdelava radijskega sprejemnika

Za radijski sprejemnik je projektirana ustrezna tiskana ploščica, na katero se spajkajo vse komponente. Večina komponent, vključno z Arduino Nano modulom, se postavlja z gornje strani ploščice, s spodnje strani se nahaja samo alfanumerični displej (slika 77). U2 in T3 sta SMD komponenti, ki ju je potrebno spajkati zelo pazljivo, z ostalimi komponentami ne bi smelo biti problemov. Za U3 in U4 je zaželeno predvideti kvalitetna podnožja, medtem ko se za zvočnike in priključek napetosti napajanja lahko uporabijo ustrezni konektorji (vrstne sponke) ali pa se vodniki zaspajkajo direktno na ploščico.

Na robu ploščice su predvideni "otočki" na katere se spojijo priključki krmilne palice. Če se uporablja palica z 9 priključki (slika 76 spodaj desno), se lahko zaspajka direktno na tiskano ploščico ali pa se na ploščico zaspajka "ženska" letvica, v katero se nato vtaknejo priključki krmilne palice. V obeh primerih, palico je potrebno obrniti tako, da "goba" gleda na stran, na kateri se nahaja displej. Če je ohišje, v katerega se ugrajuje radijski sprejemnik takšne izvedbe, da je treba krmilno palico postaviti na večji oddaljenosti od ploščice in displeja, ja za vezavo palice in ploščice potrebno uporabiti ustrezno dolge žice. V tem primeru je smiselno uporabiti palico s 5 priključki, prikazano na sliki 76 spodaj levo, ker so na njeni ploščici predvidene luknje za vijake – zato jo je lažje pritrditi na

podlago. Pri nekaterih izvedbah takšne palice ne obstaja RK; v tem primeru je potrebno zaspajkati upor vrednosti 4,7 kΩ med priključka SW in +5V.

Kako izgleda ploščica, na katero so zaspajkane vse komponente, prikazuje fotografija na sliki 78. V tej izvedbi je uporabljena krmilna palica z 9 priključki, ki je vezana s tiskano ploščico preko ustreznega konektorja. Na sprejemnik so še vezani zvočniki, antena in napajalna napetost; uporabili smo omrežni adapter, ki zmore 1 A izhodnega toka pri izhodni napetosti 9 V. Na spodnji fotografiji vidimo, kako se postavi displej, na katerem je že izpisano sporočilo z informacijami o sprejemu - radijski sprejemnik deluje! (Opomba: prikaz na displeju v končni verziji sprejemnika se rahlo razlikuje od tega s slike.)

Da bi radijski sprejemnik pričel delovati, mu je treba "vdahniti dušo": v mikrokontroler v Arduino Nano modulu je potrebno vpisati program, ki ga bo naučil, kako prepoznati naše ukaze in kako jih pretočiti v ukaze, ki jih prepoznajo posamezni deli radijskih sprejemnikov. Programiranju bomo posvetili naslednje nadaljevanje; sedaj samo še pojasnimo, kako upravljamo z delom našega radijskega sprejemnika.

Navodilo za uporabo radijskega sprejemnika

Vklop/izklop: pritisnite joystick dalj od 1 s

FM radijski SE 2019
Hello!!!

FM radijski SE 2019
Goodbye...

Prikaz na displeju (normalni način, prednastavljene frekvence):

<P0> 88.7 MHz
Vol=12 Sig=15 ST

P0 spomin (0-39)
88.7 MHz shranjena frekvenca (87.5-108.0)
Vol=12 glasnost (0-24)
Sig=15 nivo signala (0-15)
ST stereo (MO = mono)

Sprememba glasnosti: joystick gor-dol

Sprememba memorije: joystick levo-desno (naprej-nazaj)

Sprememba frekvence:

- pritisnite kratko joystick (<1s), prikaz na displeju se menja v način za spremembo frekvence:

P0 <88.7>MHz
Vol=12 Sig=15 ST

- sprememba frekvence: joystick levo-desno (naprej-nazaj)
- vrnitev v normalni način: kratko pritisnite joystick
- če je frekvenca spremenjena glede na shranjeno, bo vprašal

Save? <107.3>MHz
Vol=12 Sig=9 ST

- DA: joystick pritisniti dalj kot 1 s, shranila se bo nova frekvenca
- NE: joystick pritisniti krajše od 1 s, ostala bo shranjena stara frekvenca

Opomba: na ta način je možno v spomin dodati novo radijsko postajo ali spremeniti vsako prednastavljeno frekvenco. Prednastavljenih je lahko 40 frekvenc, <P0> - <P39>. Če je shranjeno manjše število frekvenc, npr. 12 (<P0> - <P11>), se bo pri spremembi spomina pojavila prazna spominska lokacija, na katero lahko dodate novo radijsko-postajo:

P12 <_.>MHz
Vol=12 Sig=15 ST

Ko je polnih vseh 40 spominov, nove postaje ni možno dodati, lahko pa spremenite vsebino katerega koli obstoječega spomina.

Resetiranje: izključite napetost napajanja, pritisnite joystick in ga držite pritisnjenega in nato vključite napetost napajanja. Pojavilo se bo sporočilo

FM radijski SE 2019
Reset!!!

Radio se bo postavil v začetno stanje in vsi spomini bodo zbrisani.

<https://svet-el.si>

OPTIČNE ILUZIJE

PREVARAJTE MOŽGANE
Z ILUZIJAMI, KI BEGAJO
MISLI, NATO USTVARITE
LASTNE ILUZIJE, KI BODO
NAVDUŠILE PRIJATELJE!

Domiselni eksperimenti, lahko razumljive razlage in vrhunski nasveti za risanje optičnih umetnin skupaj ustvarijo izredno zbirko presenetljivih optičnih iluzij. Spoznajte znanost, ki se skriva za iluzijami, od toka tekočine na listu papirja do izginjajočih likov in nenavadnih barv. Ugotovite, zakaj vidite, kar vidite.



Izdelajmo Arduino robotsko roko z brezžičnim upravljanjem prek pametnega telefona

How To Mechatronics collects

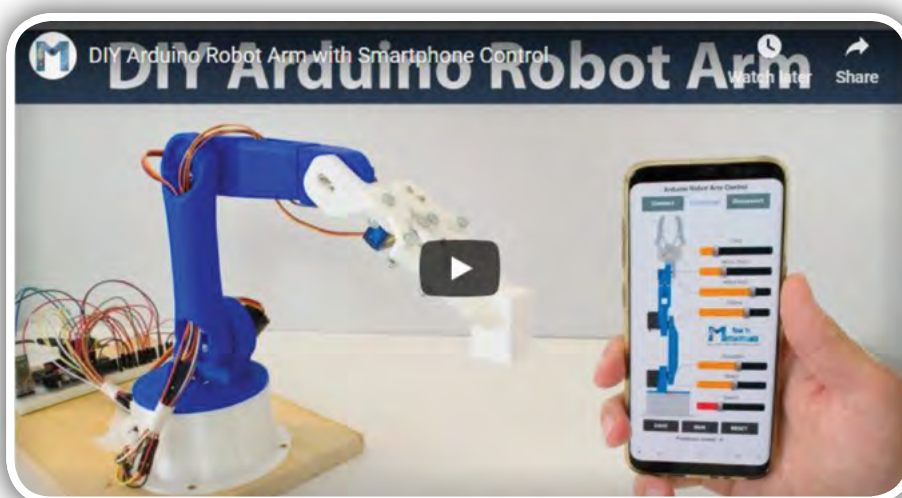
Prevod: Bojan Kovač

V tem članku sem pripravil podrobna navodila, kako narediti Arduino robotsko roko, ki jo potem lahko brezžično upravljate s pomočjo Android aplikacije za pametni telefon. Prikazan bo celoten proces gradnje, od oblikovanja in 3D tiskanja robotskih delov, povezovanja elektronskih komponent in programiranja Arduina, pa vse do razvoja lastne Android aplikacije za nadzor robotske roke.



Opis možnosti

S pomočjo drsnikov, ki jih najdemo v aplikaciji, lahko ročno upravljamo gibanje vsakega posameznega servomotorja ali takoimenovane osi robotske roke. Z gumbom »Shrani« lahko posnamemo vsak položaj ali posamezen korak, nato pa se lahko robotska roka samodejno premika s ponovitvijo teh korakov. Z istim gumbom lahko zaustavimo samodejno delovanje in ponastavimo ali celo izbrišemo vse posamezne korake, namesto njih pa posnamemo nove.



3D model robotske roke Arduino

Čisto na začetku sem oblikoval in narisal robotsko roko z uporabo programske opreme Solidworks 3D. Roka ima 5 stopenj svobode (sika 2).



Slika 2

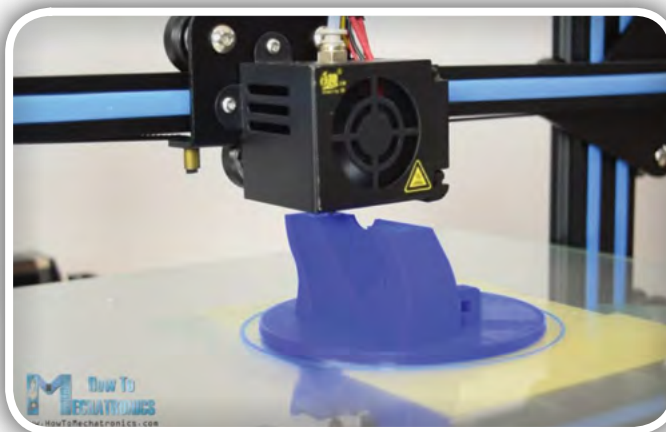
Za prve 3 osi, pas, ramo in komolec sem uporabil servo motorje z oznako MG996R, za drugi dve osi, za višino in nagib zapestja ter za prijemalo, pa sem uporabil manjši mikro servo z oznako SG90.

Na spodnjih povezavah si lahko prenesete datoteke 3D-modela te robotske roke:

- <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/diy-arduino-robot-arm-with-smartphone-control/>

3D tiskanje robotske roke

S svojim novim 3D tiskalnikom z oznako Creality CR-10,



Slika 3

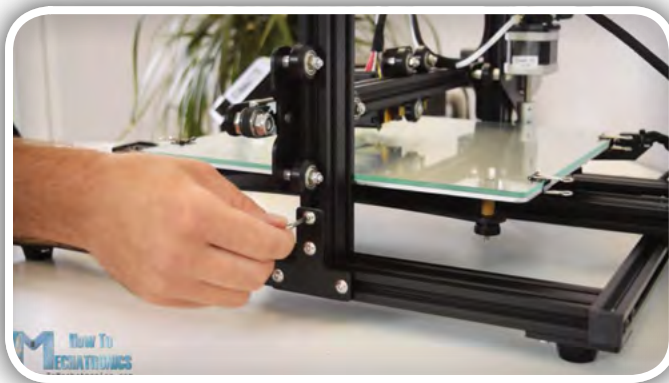
sem lahko doma čisto sam v 3D tehniki natisnil vse sestavne dele za Arduino robotsko roko (sika 3).

Tukaj bi rad izkoristil priložnost in izrekel zahvalo spletni trgovini Banggood.com, prek katere sem si ta odličen 3D tiskalnik lahko kupil. Kakovost tiskanja tiskalnika Creality CR-10 je prav neverjetna glede na svojo ceno in je zelo ugodna glede na to, da je tiskalnik že ob dobavi skoraj 90% sestavljen (slika 4).



Slika 4

Da pa bi montažo dokončali, moramo zgornje in spodnje dele okvirja povezati z nekaj vijaki in nosilci, nato pa elektronske komponente in ohišje krmilnika med seboj povezati s priloženimi kabli (slika 5).



Slika 5

Pred 3D tiskalnik prvič vklopite, vam priporočam, da preverite, če se drsna kolesca dovolj tesno prilegajo vodilom in če se ne, lahko težavo preprosto odpravite z uporabo ekscentričnih matic, ki jih po potrebi privijete. In to je to, ko imate poravnano osnovno ploščo za 3D, ste pripravljeni, da se vaše 3D stvaritve spremenijo v resničnost (slika 6)!



Slika 6

Vse dele za robotsko roko Arduino sem uspel pripraviti v samo nekaj urah.

Sestavljanje robotske roke

No, zdaj pa smo prišli do tiste točke, ko lahko začnemo robotsko roko sestavljati. Začel sem z osnovo, podnožjem, na katerega sem z vijaki, ki so sestavni del servo kompleta, pritrdil servo motor. Nato sem na pogonsko os servo motorja z vijakom pritrdil ročico, vzvod v obliki diska (slika 7).



Slika 7

Na zgornjo stran tega vzvoda sem z dvema vijakoma pritrdil zgornji del robotske roke (slika 8).



Slika 8

Tudi v nadaljevanju sestavljanja najprej namestimo servo, nato vzvod v obliki diska na naslednji gibljivi del robotske roke, nato pa ju, že pritrjena drug na drugega, z vijakom pritrdimo na izhodno gred servo motorja (slika 9).



Slika 9



Slika 10

Najbrž boste opazili, da bi bilo pri ramenski osi dobro dodati kakšno vzmet ali kot vidite v mojem primeru, uporabiti navadno gumico. S tem nekoliko pomagamo servomotorju, ki nosi tako celotno težo preostale roke, kot tudi težo tovora, ki jo nosi (slika 10).

Na podoben način sem nadaljeval s sestavljanjem preostalih delov robotske roke. Kar zadeva prijemalni mehanizem, sem za sestavljanje uporabil nekaj vijakov in matic M4 (slika 11).



Slika 11

Nazadnje sem mehanizem prijemala pritrdil na zadnji servo in sestavljanje Arduino robotske roke je bilo s tem končano (slika 12).

Shema robotske roke Arduino

V naslednji fazi bomo povezali elektroniko. Vezje tega projekta je pravzaprav dokaj preprosto. Za

Slika 12





PHOENIX CONTACT
INSPIRING INNOVATIONS

Edinstven sistem vrstnih sponk **CLIPLINE COMPLETE** po zaslugi dvojnega mostičnega omogoča svobodno kombiniranje različnih tehnologij spajanja z uporabo enakih dodatkov.



Prihranite na prostoru in času z distribucijskimi bloki **PTFIX**.



Izboljšajte delovanje vaših sistemov z Phoenix Contactovimi visokokakovostnimi industrijskimi napajalniki, ki dopolnjujejo vašo aplikacijo z najmodernejšo tehnologijo.



Zagotovite edinstveno zaščito vaše opreme z avtomatskimi odklopniki iz Phoenix Contacta.



Phoenix Contactova tehnologija polnjenja postavlja nove standarde v elektromobiliteti.



Konektorji za signale, podatke in moč so preprosta rešitev za vsako aplikacijo. Obsežen izbor konektorjev iz Phoenix Contacta nudi veliko odgovorov za industrijske in polindustrijske aplikacije.



S pomočjo logičnih funkcij in intuitivnim softverom kombinirajte releje in analogne module.





ALKATRON
d. o. o., Novo mesto

8000 Novo mesto
Kolodvorska ulica 4
☎ : 07 3375 470
✉ : alkatron@siol.net
www.alkatron.si

komunikacijo s pametnim telefonom potrebujemo samo ploščo Arduino in Bluetooth modul HC-05. Krmilni priključki šestih servo motorjev so priključeni na šest digitalnih priključkov Arduino plošče (slika 13).

Za napajanje servomotorjev potrebujemo napetost 5V, vendar jo moramo zagotoviti iz nekega zunanega vira, saj Arduino ne zmore zagotavljati tolikšnega toka, ki bi ga v nekem trenutku lahko zahtevali vsi servo motorji za svoje delovanje. Vir napajanja mora za delovanje servo motorjev namreč zagotavljati vsaj 2A toka. Ko vse skupaj povežemo, lahko že kar nadaljujemo s programiranjem Arduina in Android aplikacije.

Slika 13

Komponente, ki jih potrebujete za ta primer, lahko kupite v bolj znanih spletnih trgovinah, na primer Banggood ali Amazon, potrebovali pa boste:

- Servo MG996R
- Micro servo SG90
- Bluetooth modul HC-05
- Arduino UNO
- Napajalnik z izhodno napetostjo 5 V, ki zmore vsaj 2 A toka

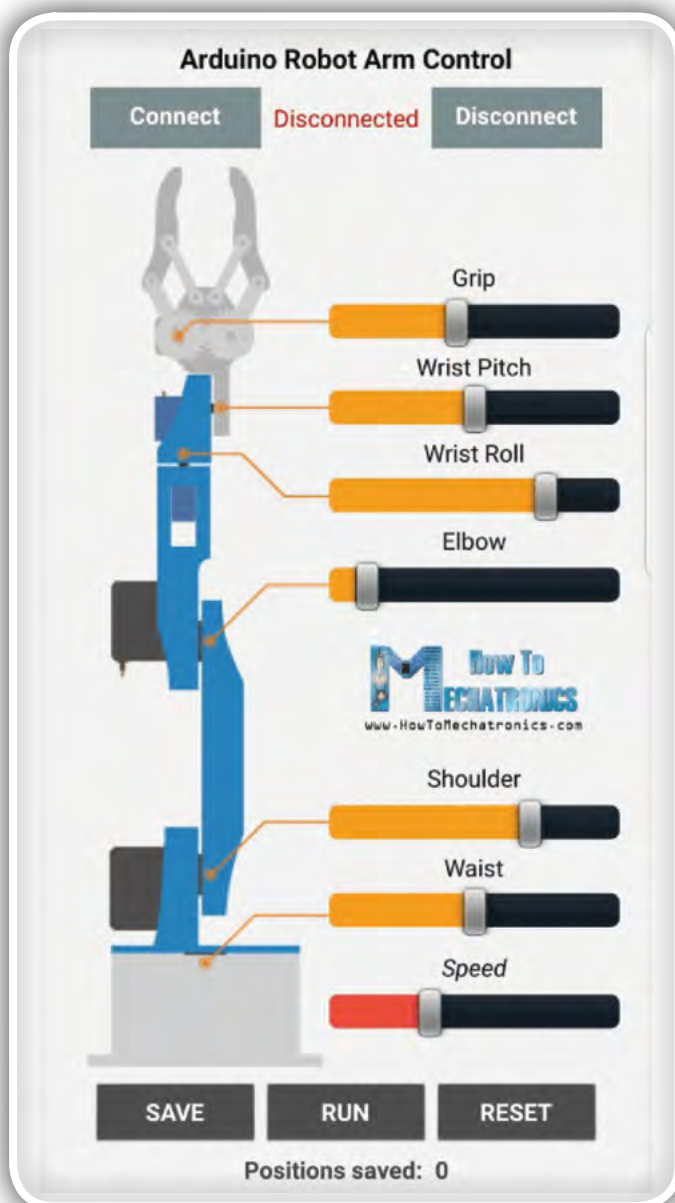
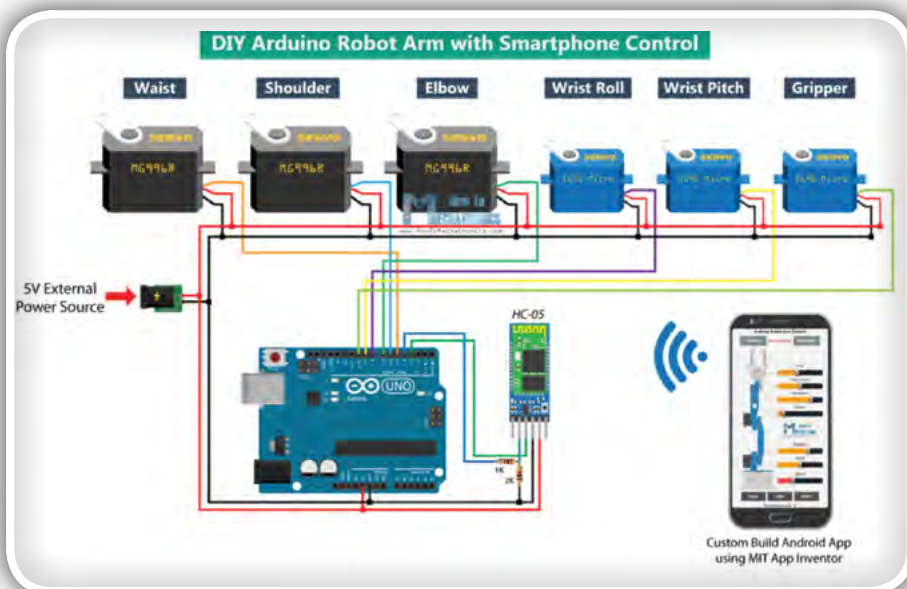
Programska koda Arduino robotske roke

Ker je ta programska koda malo daljša, bom za boljše razumevanje objavil izvirno kodo programa po delih z opisom vsakega dela, na koncu tega članka bo objavljena celotna izvirna koda.

Najprej moramo vključiti knjižnico z imenom SoftwareSerial za serijsko komunikacijo modula Bluetooth in knjižnico za servo motorje. Obe knjižnici sta že vključeni v Arduino IDE, zato ju ni potrebno dodatno namestiti. Zatem moramo določiti šest servomotorjev, Bluetooth modul HC-05 in nekatere spremenljivke za shranjevanje trenutnega in predhodnega položaja servomotorjev, kot tudi nizov za shranjevanje pozicij ali posameznih korakov za samodejni način delovanja, glej program 1.

V odseku z uvodnimi nastavitvami moramo inicializirati servo sisteme in Bluetooth modul ter premakniti robotsko roko v začetni položaj. To naredimo z uporabo funkcije write (), ki preprosto premakne servo na kateri koli položaj med 0 in 180 stopinjami, glej program 2.

Nato v delu zanke s funkcijo Bluetooth.available () ves čas preverjamo, če iz pametnega telefona prihajajo kakšni podatki. Če so, jih s funkcijo readString () preberemo kot niz znakov in jih shranimo kot spremenljivko dataIn. Glede na prejete podatke bomo robotski roki ukazovali, kaj naj počne, glej program 3.



Slika 14

program 1

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Servo.h>

Servo servo01;
Servo servo02;
Servo servo03;
Servo servo04;
Servo servo05;
Servo servo06;

SoftwareSerial Bluetooth(3, 4); // Arduino(RX, TX) - HC-05 Bluetooth (TX, RX)

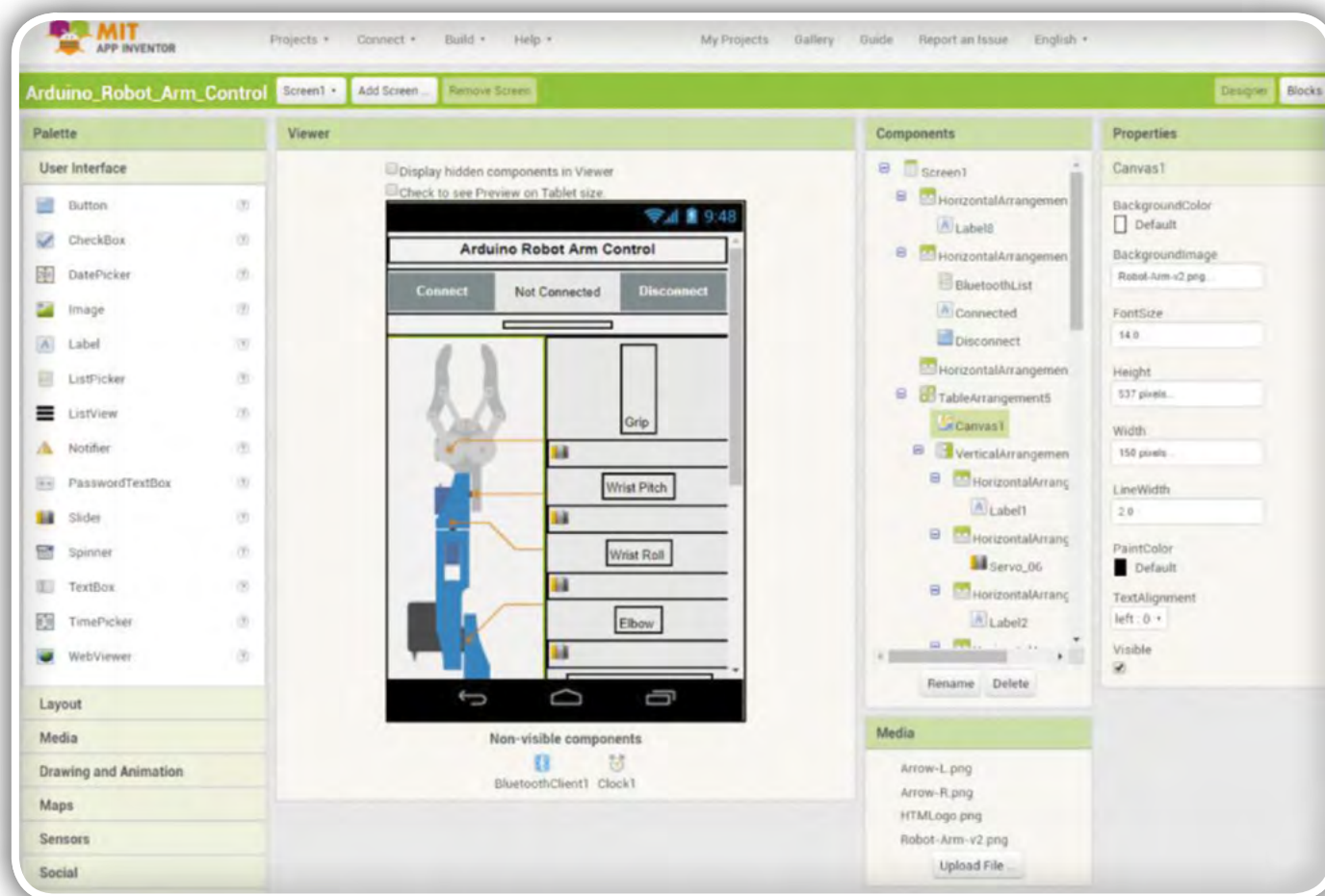
int servo1Pos, servo2Pos, servo3Pos, servo4Pos, servo5Pos, servo6Pos; // current position
int servo1PPos, servo2PPos, servo3PPos, servo4PPos, servo5PPos, servo6PPos; // previous position
int servo01SP[50], servo02SP[50], servo03SP[50], servo04SP[50], servo05SP[50], servo06SP[50];
// for storing positions/steps
int speedDelay = 20;
int index = 0;
String dataIn = "";
```

program 2

```
void setup(){
servo01.attach(5);
servo02.attach(6);
servo03.attach(7);
servo04.attach(8);
servo05.attach(9);
servo06.attach(10);
Bluetooth.begin(38400); // Default baud rate of the Bluetooth module
Bluetooth.setTimeout(1);
delay(20);
// Robot arm initial position
servo1PPos = 90;
servo01.write(servo1PPos);
servo2PPos = 150;
servo02.write(servo2PPos);
servo3PPos = 35;
servo03.write(servo3PPos);
servo4PPos = 140;
servo04.write(servo4PPos);
servo5PPos = 85;
servo05.write(servo5PPos);
servo6PPos = 80;
servo06.write(servo6PPos);
}
```

program 3

```
// Check for incoming data
if(Bluetooth.available()>0){
dataIn = Bluetooth.readString(); // Read the data as string
```

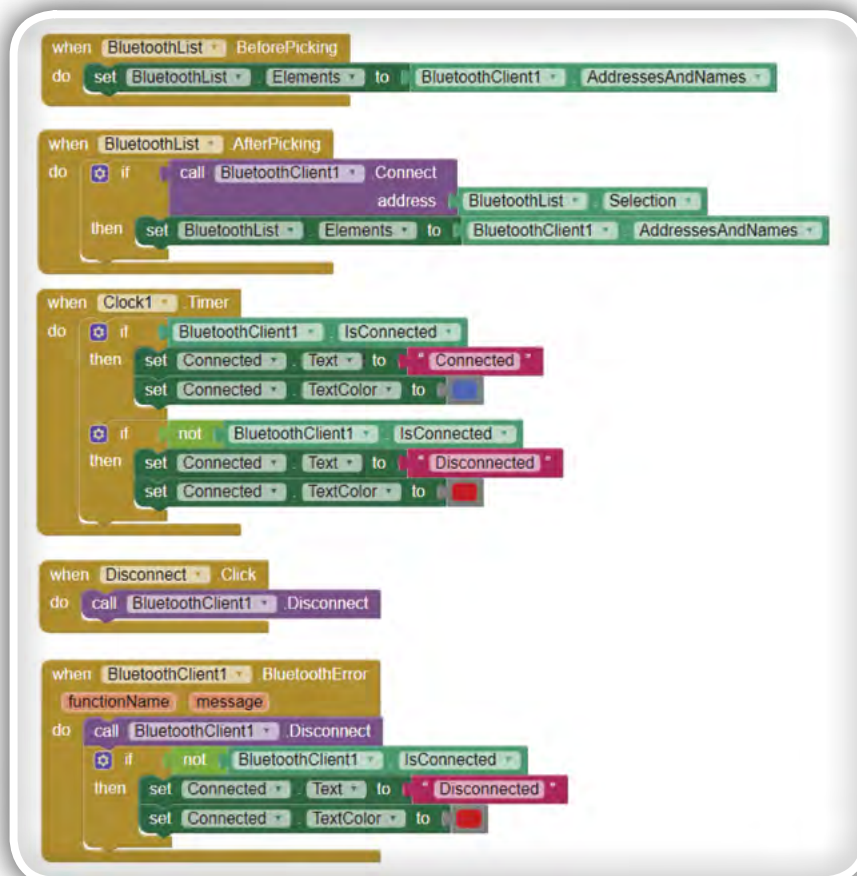
Slika 15

Android aplikacija za upravljanje Arduino robotske roke

Zdaj pa si oglejmo Android aplikacijo in preverimo, kakšne podatke lahko dejansko pošilja Arduino (slika 14).

Aplikacijo sem naredil s spletno aplikacijo MIT App Inventor in tukaj vam bom opisal, kako deluje. Na vrhu imamo dva gumba za povezavo pametnega telefona z Bluetooth modulom HC-05. Na levi strani imamo sliko robotske roke, na desni strani pa šest drsnikov za krmiljenje delovanja servomotorjev in en drsniak za nastavljanje hitrosti (slika 15).

Vsak drsniak ima drugačno začetno, minimalno in maksimalno vrednost, ki ustreza členku robotske roke. Na dnu aplikacije imamo tri tipke SAVE, RUN in RESET, s katerimi lahko sprogramiramo robotsko roko tako, da deluje samodejno. Spodaj je tudi napis s prikazanim številom korakov, ki smo jih shranili. Če želite, so vam na razpolago podrobna navodila, kako zgraditi takšne aplikacije, kot je ta



Slika 16

program 4

```
// If "Waist" slider has changed value - Move Servo 1 to position
if(dataIn.startsWith("s1")){
String dataInS = dataIn.substring(2, dataIn.length()); // Extract only the number. E.g. from
"s1120" to "120"
servo1Pos = dataInS.toInt(); // Convert the string into integer
```

program 5

```
// We use for loops so we can control the speed of the servo
// If previous position is bigger then current position
if(servo1PPos > servo1Pos){
for( int j = servo1PPos; j >= servo1Pos; j--){// Run servo down
servo01.write(j);
delay(20); // defines the speed at which the servo rotates
}
}
// If previous position is smaller then current position
if(servo1PPos < servo1Pos){
for( int j = servo1PPos; j <= servo1Pos; j++){// Run servo up
servo01.write(j);
delay(20);
}
}
servo1PPos = servo1Pos; // set current position as previous position
}
Ista metoda se uporablja za premikanje vsake posamezne osi robotske roke.
Pod temi bloki je gumb SAVE. Če pritisnemo gumb SAVE, se položaj vsakega servo motorja shrani
v polje spremenljivk, ki se nahaja v pomnilniku, z vsakim pritiskom na gumb pa se poveča tudi
kazalec na to spremenljivko znotraj tega polja, ki ga zapolnimo s takšnim programiranjem
korak za korakom.
// If button "SAVE" is pressed
if(dataIn.startsWith("SAVE")){
servo01SP[index] = servo1PPos; // save position into the array
servo02SP[index] = servo2PPos;
servo03SP[index] = servo3PPos;
servo04SP[index] = servo4PPos;
servo05SP[index] = servo5PPos;
servo06SP[index] = servo6PPos;
index++; // Increase the array index
}
```

z uporabo MIT App Inventor-ja. Vabim vas, da preverite ta in še druga moja podrobna navodila, ki vam utegnejo koristiti pri delu.

No, zdaj pa si oglejmo program, oziroma bloke, ki so uporabljeni v tej aplikaciji. Na levi strani imamo najprej bloke za povezavo pametnega telefona z Bluetooth modulom (slika 16).

V nadaljevanju so bloki za drsnike, s katerimi krmilimo položaje servomotorjev in bloki z gumbi za programiranje robotske roke. Torej, v trenutku, ko spremenimo položaj drsnika, hkrati s funkcijo Bluetooth .SendText, pošljemo besedilo Arduino. To besedilo je sestavljeno iz predpone,

ki označuje, na katerem drsniku je prišlo do spremembe, poleg nje pa še trenutna vrednost tega drsnika (slika 17).

Na naslednji povezavi boste našli datoteko opisanega projekta MIT App Inventor in Android aplikacijo, ki je že pripravljena za namestitev na vaš pametni telefon:

- <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/diy-arduino-robot-arm-with-smartphone-control/>

Torej, na strani Arduina z uporabo funkcije startWith () preverimo predpono vsakega vhodnega podatka in že po njej vemo, kaj bomo v naslednjem koraku spreminjali. Če naletimo na primer na predpona "s1", vemo, da moramo premakniti servo številka ena. S funkcijo substring () potem

program 6

```
// Automatic mode custom function - run the saved steps
void runservo(){
while(dataIn != "RESET"){// Run the steps over and over again until "RESET" button is pressed
for(int i = 0; i <= index - 2; i++){// Run through all steps(index)
if(Bluetooth.available()>0){// Check for incoming data
dataIn = Bluetooth.readString();
if( dataIn == "PAUSE"){// If button "PAUSE" is pressed
while(dataIn != "RUN"){// Wait until "RUN" is pressed again
if(Bluetooth.available()>0){
dataIn = Bluetooth.readString();
if( dataIn == "RESET"){
break;
}
}
}
}
// If SPEED slider is changed
if(dataIn.startsWith("ss")){
String dataInS = dataIn.substring(2, dataIn.length());
speedDelay = dataInS.toInt(); // Change servo speed (delay time)
}
}
// Servo 1
if(servo01SP[i] == servo01SP[i + 1]){
}
if(servo01SP[i]> servo01SP[i + 1]){
for( int j = servo01SP[i]; j >= servo01SP[i + 1]; j--){
servo01.write(j);
delay(speedDelay);
}
}
if(servo01SP[i]< servo01SP[i + 1]){
for( int j = servo01SP[i]; j <= servo01SP[i + 1]; j++){
servo01.write(j);
delay(speedDelay);
}
}
}
```

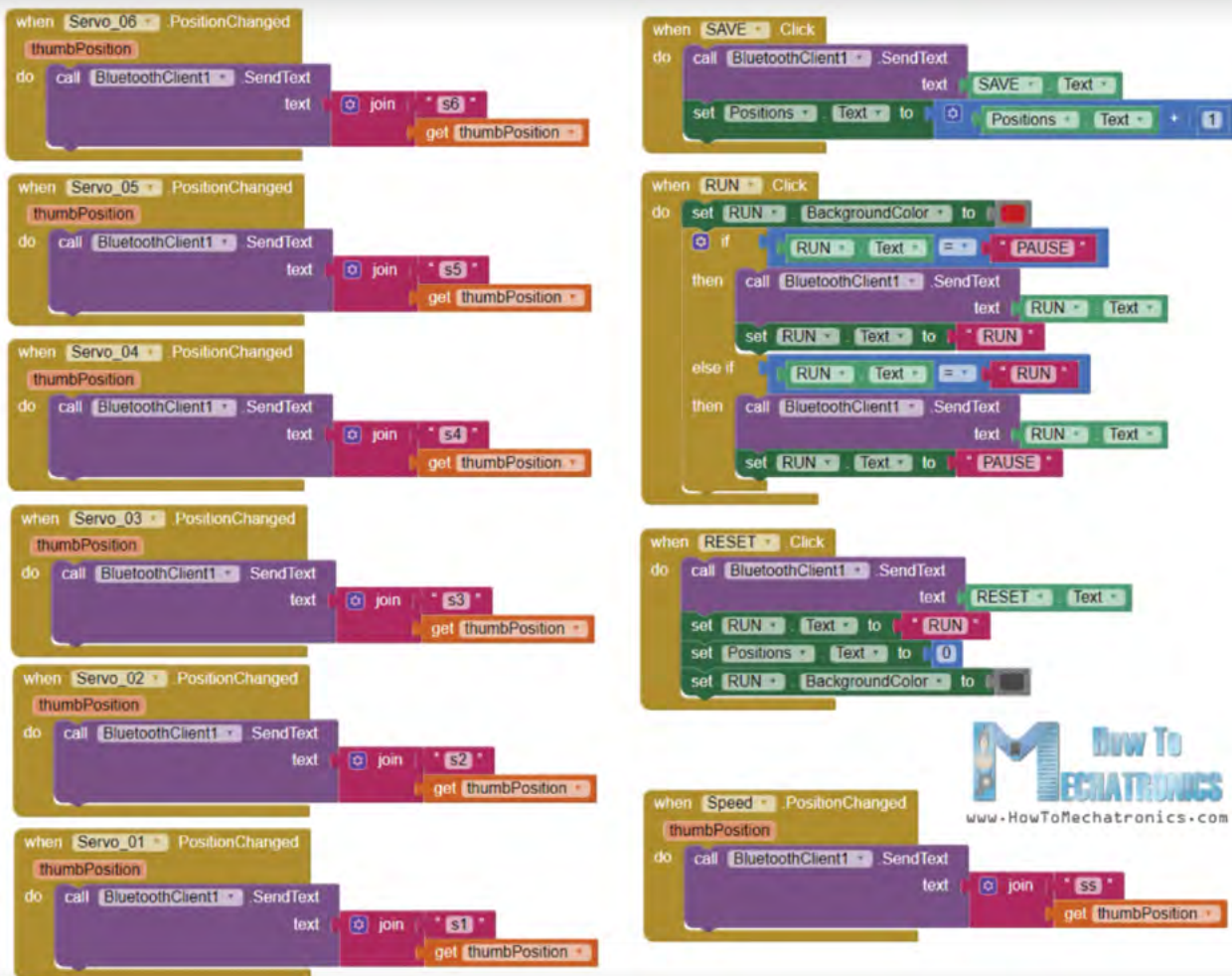
program 7

```
// If button "RESET" is pressed
if( dataIn == "RESET"){
memset(servo01SP, 0, sizeof(servo01SP)); // Clear the array data to 0
memset(servo02SP, 0, sizeof(servo02SP));
memset(servo03SP, 0, sizeof(servo03SP));
memset(servo04SP, 0, sizeof(servo04SP));
memset(servo05SP, 0, sizeof(servo05SP));
memset(servo06SP, 0, sizeof(servo06SP));
index = 0; // Index to 0
}
```

pridobimo še preostali del besedila, ki predstavlja vrednost položaja, ga pretvorimo v celo število in dobljeno vrednost uporabimo za premik serva v ta položaj, glej program 4.

Tukaj lahko čisto preprosto le pokličemo funkcijo write

() in servo se bo takoj premaknil v ta položaj, vendar se bo ta premik serva izvedel pri največji možni hitrosti, kar pa je za robotsko roko preveč zahtevno. Namesto takega načina uvedemo nadzor nad hitrostjo servomotorjev, ki sem ga izvedel z nekaj FOR zankami, s katerimi postopoma



Slika 17

premaknemo servo iz prejšnjega v željeni novi položaj z neko časovno zakasnitvijo med vsako posamezno ponovitvijo. S spreminjanjem tega časa zakasnitve lahko prilagajamo hitrost servomotorja pri premiku sklepa robotske roke v nov položaj, glej program 5.

Če potem pritisnemo gumb RUN, s tem priključimo uporabniško funkcijo z imenom runservo(), ki izvaja shranjene korake. Oglejmo si pobliže to funkcijo!

Tu ciklično znova in znova izvajamo shranjene korake, dokler ne pritisnemo gumba RESET. V FOR zanki izvajamo premike v vse položaje, ki so shranjeni v nizih, hkrati pa preverjamo, če morda iz pametnega telefona prihajajo kakšni podatki. Ti podatki so med drugimi lahko tudi pritisk na tipko RUN / PAUSE, ki ustavi delovanje robota in ob ponovnem pritisku nadaljuje s samodejnim delovanjem. Če uporabnik spremeni položaj drsnika hitrosti, bomo to vrednost uporabili za spremembo oziroma novo nastavitve časa zakasnitve med vsako posamezno ponovitvijo v spodnjih FOR zankah, ki krmilijo hitrost, s katero servo motorji izvedejo premik iz starega na novi položaj, glej program 6.

Na podoben način, kot je bilo pojasnjeno že prej, z IF stavki in FOR zankami premikamo servomotorje na njihov

ciljni položaj. Čisto na koncu imamo blok, s katerim obravnavamo pritisk na tipko RESET, s katerim bomo vse podatke iz nizov izbrisali in ponastavili kazalec, ki kaže na trenutno spremenljivko znotraj niza na vrednost nič, tako da bomo lahko robotsko roko ponovno sprogramirali s čisto novimi premiki, glej program 7.

In to je to, zdaj lahko začnemo uživati in se zabavamo z upravljanjem robotske roke.

Na naši strani <https://svet-el.si> si lahko ogledate celotni program.

Upam, da vam je všeč tudi videoposnetek, ki prikazuje delovanje Arduino robotske roke in da ste se naučili nekaj novega. Vesel bom vaših vprašanj in komentarjev, hkrati pa vas vabim, da preverite mojo celotno zbirko Arduino projektov na spletni strani:

- <https://howtomechatronics.com/arduino-projects/>

Povzeto po:

- <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/diy-arduino-robot-arm-with-smartphone-control/>
- <https://howtomechatronics.com>

<https://svet-el.si>

KAKO, KJE in KAJ potrebujem za naročilo?

- Naročilo je možno poslati po pošti (AX ELEKTRONIKA d.o.o., Špruha 33, 1236 TRZIN), po telefonu (01 528 56 88 ali 01 549 14 00) ali e-pošti (prodajao4@svet-el.si). Naročeni material pošljamo po pošti, poštni stroški se zaračunavajo po veljavnem ceniku PTT Slovenije.
- Garancija za gotove izdelke velja 12 mesecev (datum na računu), KIT kompleti nimajo garancije.
- Plačevanje je možno po povzetju (plačilo ob prevzemu), na obroke (2 obroka), po predračunu, kreditnimi karticami ali po vnaprej dogovorjenem plačilnem roku!
- Naročene izdelke pošljemo najkasneje v roku dveh dnevov od prejema naročila oziroma vam sporočimo predvideni rok dobave. Vračilo izdelkov je možno v osmih dneh po prevzemu. Kontaktna oseba za naročila in vprašanja je Samo Gregorčič.
- Katerikoli **brezplačni PDF letnik revije Svet elektronike** si lahko izbere vsak novi naročnik ali obstoječi naročnik, ki podaljša naročnino.
- Popust na vse stare letnike revije Svet elektronike** v PDF in v pisni obliki imajo vsi trenutni naročniki na revijo Svet elektronike.
- Pri obeh naročninah (pisni + internet) dobite **internet naročnino za 50% ceneje**.
- Konec leta vsak naročnik **prejme stenski planer**.

Naročnine na revijo Svet elektronike

- PRAVNE OSEBE (1 leto).** Naročnina na revijo Svet elektronike, za pravne osebe. Naročnina velja eno leto (11 števil, julij/avgust dvojna). Cena naročnine z vštetim popustom je **44,95 EUR**. Plačilo po predračunu, katerega pošljemo po pošti.
- FIZIČNE OSEBE (1 leto).** Naročnina na revijo Svet elektronike, za fizične osebe. Naročnina velja eno leto (11 števil, julij/avgust dvojna). Cena naročnine z vštetim popustom je **39,95 EUR**. Plačilo po položnici, ki jo pošljemo po pošti.
- ŠOLAJOČE SE OSEBE (1 leto, potrdilo o šolanju).** Naročnina na revijo Svet elektronike, za šolajoče se osebe. Naročnina velja eno leto (11 števil, julij / avgust dvojna). Cena naročnine z vštetim popustom je **37,46 EUR**. Plačilo po položnici, ki jo pošljemo po pošti. Brez potrdila o šolanju se naročniku avtomatično pošlje naročnino z 20% popustom.
- INTERNET NAROČNIKI (1 leto, fizične ali pravne osebe).** Naročnina na internet revijo Svet elektronike. Naročnina velja eno leto (vpogled revije v PDF datoteki na www.svet-el.si). Cena naročnine znaša **19,99 EUR**. Nujna je prijava na spletni strani, kjer si lahko ogledate tudi svoj vse informacije glede naročnine.
- VSI NAROČNIKI (-50% popusta pri internetni naročnini 1 leto).** Pri naročilu na pisno revijo Svet elektronike in internet naročnino vam za internetno naročnino priznamo **50% popust**. Izberite si želeno pisno naročnino in jo obkrožite skupaj z internet naročnino. Vsi pogoji ostanejo enaki, lahko si jih ogledate v zgornjih naročninah. Za vse ostale informacije smo vam na voljo na tel.: 01 549 14 00 ali e-naslov: prodajao4@svet-el.si.
- AVTORJI** člankov imajo brezplačno pisno naročnino (svojo naročnino lahko tudi podarijo kumarkoli)

Več naročnin vam prihrani denar. Pravnim osebam, ki naročijo več

izvodov revije Svet elektronike, nudimo **za 2. naročen izvod 50% popust**,

za 3. izvod in vse naslednje pa 70% popust do preklica. Velja tudi za

podaljšanje naročnine. Vsi izvodi revije morajo imeti istega plačnika.

Naročilnica za revijo Svet elektronike

PODJETJE / FIZIČNA OSEBA (IME IN PRIIMEK)

ULICA / HIŠNA ŠTEVILKA / POŠTA / KRAJ

DAVČNA ŠTEVILKA / ZAVEZANEC (DA ALI NE)

TELEFON / FAX

E-POŠTA

PODPIS / ŽIG

Podarite naročnino ali darilni BON

- Obdarovanje svojih najbližjih je vsako leto težje. Imamo že toliko stvari, da ne vemo več kaj potrebujemo in kaj si v življenju res želimo, zato je obdarovanje včasih težko, ker ne vemo natančno kaj podariti. V uredništvu revije Svet elektronike smo za take primere pripravili nekaj novosti. Lahko podarite



naročnino na revijo Svet elektronike ali vrednostni BON. Oboje vam olajša odločitev kaj podariti.

Brezplačni PDF letnik za naročnika

- Svet elektronike nagradi vsakega naročnika z brezplačnim letnikom preteklih revij v PDF obliki od leta 2004 po svoji izbiri. Vsak naročnik se ob podaljšanju naročnine odloči, kateri letnik bi želel prejeti. Svojo odločitev nam lahko sporočite po elektronski pošti, telefonu ali preko virtualne trgovine.



Brezplačno vsi letniki do 2005

Vsi letniki **do 2005** so sedaj brezplačno na naši spletni strani!

Download Now

Vsi naročniki

- 50% popusta pri internetni naročnini 1 leto. Pri naročilu na pisno revijo Svet elektronike in internet naročnino, vam za internetno naročnino priznamo **50% popust**. Izberite si želeno pisno naročnino, ter jo obkrožite skupaj z internet naročnino.



Brezplačni ogledni izvod

- Verjamemo, da se želite prepričati, zakaj je Svet elektronike najboljša revija za prave elektrone. Ker smo ponosni na to, kar delamo, vam bomo z veseljem poslali brezplačni ogledni izvod na vaš naslov - seveda brez zaračunanih stroškov poštnine!



AX ELEKTRONIKA

PCB parcele

profesionalna tiskana vezja:
stop lak, montažni tisk, poljubne oblike

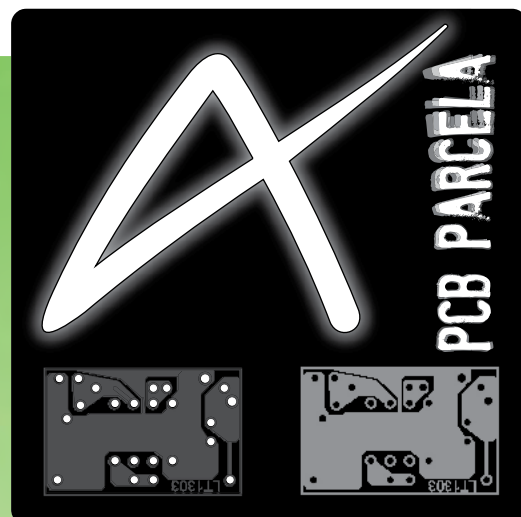
hitra izdelava

vaše tiskanine izdelamo v 7 do 14 dnevih
od dneva naročila

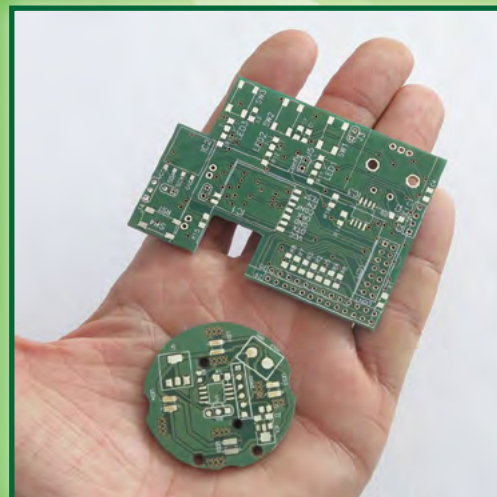
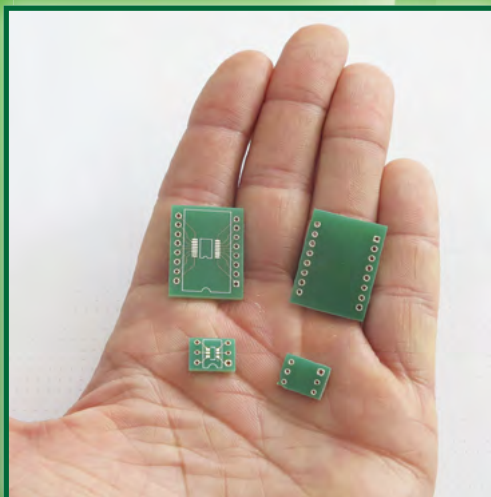
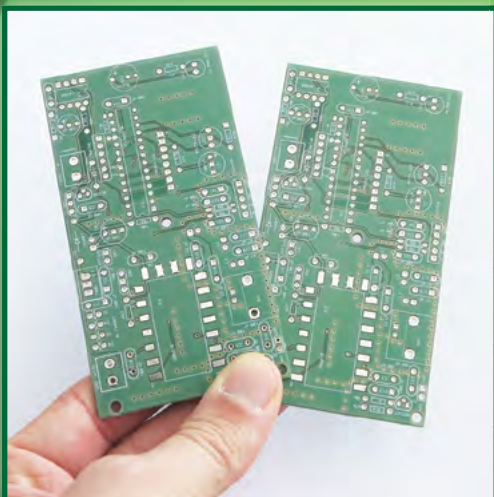
cenovno ugodno:

enostranska ali dvostranska vezja
po ceni 0,22 Evro/cm²

racionalna količina za prototipe:
najmanjše naročilo 2 kosa



Najcenejša
izdelava
vašega
prototipnega
vezja
v Sloveniji!



telefon: 01 549 14 00,
e-pošta: bojan@svet-el.si

enoslojna ali dvoslojna
tiskana vezja, enaka cena

AX elektronika d.o.o
Špruha 33
1236 Trzin
<https://svet-el.si>

Na voljo na zalogi in pravočasna dobava

**Največja izbira elektronskih
komponent na svetu – na voljo
za takojšnjo odpremo**



+31 53 484 9584
DIGIKEY.SI



VEČ KOT 7,7 MILIJONOV IZDELKOV NA SPLETU | 800+ VODILNIH DOBAVITELJEV V INDUSTRIJI | 100% FRANŠIZNI DISTRIBUTER

*Pri vseh naročilih pod 50,00 € bodo zaračunani stroški pošiljanja v vrednosti 20,00 €. Pri vseh naročilih pod 100,00 USD bodo zaračunani stroški pošiljanja v vrednosti 30,00 USD. Vsa naročila so poslana prek UPS, Federal Express ali DHL in dostavljena v roku 2 do 4 dni (odvisno od končnega cilja). Brez stroškov obdelave. Vse cene so v evrih ali ameriških dolarjih. Digi-Key je pooblaščen distributer za vse partnerske dobavitelje. Dnevno dodajamo nove izdelke. © 2019 Digi-Key Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, ZDA

ECIA MEMBER
Supporting The Authorized Channel