

M5DIAL NA SEJMU EMBEDDED WORLD 2024

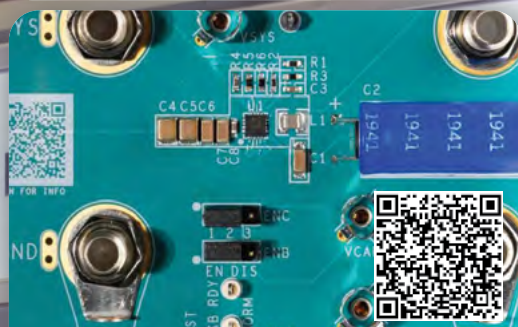


ISSN 1318-4679



letnik XXXI
maj 2024
številka 329
cena:

5,00 €



Zasnova preprostega in kompaktnega UPS na osnovi superkondenzatorja



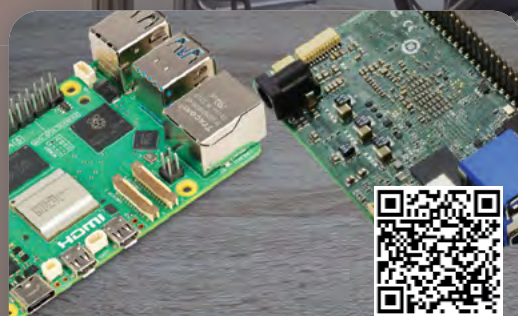
Predstavljamo M5Dial

Referenčna zasnova, ki je skladna s standardi Qi® v2.0 in temelji na dsPIC33

Zaščita izstrelkov pred elektromagnetnimi motnjami: resnična raketna znanost

Inteligentni napajalni moduli 7. generacije

Vektorsko krmiljenje elektromotorjev



Raspberry Pi 5

AAEON UP200

PC Pi: Med mini PC in Raspberry Pi 5



Vaše zaupanje je naš cilj

Od originalnih komponent z garancijo proizvajalca do milijonov delov na zalogi, ki jih odpremimo še isti dan. Prepričani ste lahko, da bo podjetje DigiKey priskrbelo tisto, kar potrebujete – ko to potrebujete.

Obiščite [digikey.si](https://www.digikey.si) še danes, ali pokličite (+386)-1-888 9071.

DigiKey

we get technical

DigiKey je pooblaščen distributer za vse partnerske dobavitelje. Dnevno dodajamo nove izdelke. © 2024 DigiKey Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, ZDA

 **ECIA MEMBER**
Supporting The Authorized Channel

UVODNIK

- 4 Poletje ali zima?
Jurij Mikeln

NOVICE

- 5 Microchip Technology predstavlja referenčno zasnovano, ki je skladna s standardi Qi® v2.0 in temelji na dsPIC33
<https://www.microchip.com>
- 7 Ščit omogoča dodajanje Click plošč na inženirsko platformo Red Pitaya
<https://www.mikroe.com>
- 8 Neprekosljiva kapacitivnost za miniaturne zasnove: novi hibridni kondenzatorji serije ZL
<https://holdings.panasonic/global>
- 9 Zaščita izstrelkov pred elektromagnetnimi motnjami: resnična raketna znanost
Avtor: Tim Kearvell
<https://www.parker.com>
- 12 Inteligentni napajalni moduli 7. generacije na osnovi IGBT za zmanjšanje porabe energije pri ogrevanju in hlajenju
<https://www.onsemi.com>
- 13 Večpasovni LoRa radijski modul poenostavlja brezžično zasnovano in upravljanje dobavne verige za razvijalce IoT naprav
<https://www.murata.com>

PREDSTAVLJAMO

- 14 Reševanje izzivov na področju letalstva in obrambe, satelitskega komuniciranja in 5G komunikacij z GaN na SiC močnostnimi ojačevalniki
Avtor: Baljit Chandhoke
<https://www.microchip.com>
- 20 Zasnova preprostega in kompaktnega UPS na osnovi superkondenzatorja
Avtor: Rolf Horn
<https://www.digikey.com>
- 25 Vektorsko krmiljenje elektromotorjev
Avtor: Primož Kosi
<https://www.um.si>

PROGRAMIRANJE

- 31 Geekcreit UNO R3 starter kit (8) - integrirano vezje HC595
Avtorja: Vladimir Mitrović in Robert Sedak
<https://svet-el.si>
- 39 Predstavljamo M5Dial
Avtor: Brian Millier
<https://svet-el.si>
- 46 PC Pi: Med mini PC in Raspberry Pi 5
Avtor: dr. Simon Vavpotič
<https://pcusbprojects.com>

Reševanje izzivov na področju satelitskega komuniciranja in 5G komunikacij

RF-sistemi potrebujejo močnostne ojačevalnike (PA), ki zagotavljajo linearno in učinkovito visoko izhodno moč. Ker sistemi prehajajo na modulatorske sheme višjega reda, kot je 64/128/256 kvadraturna amplitudna modulacija (QAM), morajo zagotavljati visoko linearnost in učinkovitost tudi v gostejših okoljih...

**Stran:14****Zasnova preprostega in kompaktnega UPS na osnovi superkondenzatorja**

Brezprekinitveno napajanje (UPS) je bistvenega pomena za aplikacije, kot so zaščita podatkov v RAID-u (Redundant Array of Independent Disks), avtomobilska telemetrija za varnostne operacije in naprave za dovajanje zdravil, kot so inzulinske črpalke v zdravstvu. Vendar pa lahko zasnova UPS predstavlja velik izziv...

**Stran:20****Predstavljamo M5Dial**

Ko so majhni okrogli TFT zasloni postali dostopni navdušencem nad elektroniko, kot sem sam, sem se spraševal, za kaj bi jih lahko uporabili - razen za pametne ure ali morda kot nadomestilo za okrogle analogne števecce (npr. d'Arsonvalove merilnike). Kasneje sem naletel na sporočilo o izdelku podjetja Grayhill (izdelovalca rotacijskih kodirnikov...

**Stran:39****PC Pi: Med mini PC in Raspberry Pi 5**

Raspberry Pi 5 je odličen računalnik. Pa je s 40-polno razširitveno vtičnico res boljši od mini PC-ja z Arduino ali podobnim razvojnim modulom prek USB? Primerjali smo Raspberry Pi 5, AAEON UP7000 in klasične mini PC-je. Raspberry Pi je gotovo najbolj priljubljen goli računalnik...

**Stran:46**

M5Dial na sejmu Embedded World 2024 (avtor: Jurij Mikeln)



Jurij Mikeln

REVIJA ZA ELEKTRONIKO,
AVTOMATIKO,
RACUNALNIŠTVO
IN TELEKOMUNIKACIJE

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

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

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

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

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

Antivirusni program: PANDA security

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

Direktor:
JURIJ MIKELN, dipl.inž.

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

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

Cena za posamezni izvod je 5,00 EUR, za letno naročnino priznavamo 25% popust za dijake in študente s potrdilom o šolanju, 20% popust ostalim fizičnim osebam ter 10% popust za podjetja. Za revijo Svet elektronike se plačuje in obračunava 5% DDV.

Izid publikacije je 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 lažno uporabo, prepoveduje pa se kakršnakoli reprodukcija projektov ali posameznih delov revije brez pisnega soglasja uredništva.

Poletje ali zima?

Če se to vprašanje nanaša na vreme, potem bi gladko lahko odgovoril: malo mešano. Še dan pred sneženjem sem v kratkih hlačah in rokavih delal na vrtu. Naslednji dan pa je zvečer že snežilo. Običajno je, da se v pomladnem času proti Evropi spusti polarni zrak, ki precej shladi ozračje.

Vse pa tudi kaže, da se bo začelo ohlajati »ozračje« v industriji elektronike. Na sejmumu/konferenci Embedded World (EW) sem namreč na več mestih slišal, da so nekateri proizvajalci polprevodnikov v slabši situaciji, kot so bili. Zato se bo – kot kaže, spet pojavilo pomanjkanje nekaterih polprevodnikov. Pomenljivo je tudi to, da nekaterih proizvajalcev polprevodnikov na EW sploh ni bilo, drugi so imelo precej manjše razstavne prostore. Očitno je torej, da se »nekaj dogaja«, vsaj pri tistih podjetjih, ki so delniške družbe. Pri podjetjih, ki so v privatni lasti, kot je recimo DigiKey, takih težav nisem zaznal.

Ko že omenjam EW boste lahko reportažo prebrali v naslednji številki. Videti je bilo marsikaj zanimivega.

Zanimivi pa so tudi članki v tokratni številki revije Svet elektronike. Naj poudarim Brianov članek, ki opisuje zanimivo komponento/napravo z imenom M5Stack. Gre za rotacijski enkoder z vgrajenim majhnim okroglim TFT zaslonom, ki je občutljiv na dotik. Da je naprava še bolj zanimiva, ima enkoder vgrajen RFID čitalnik, Bluetooth in WiFi. Osnova za delovanje pa se skriva v varianti ESP32 mikrokontrolerja. Kar pomeni, da boste M5Stack lahko programirali v Arduino okolju, kar je opisal Brian v tokratnem članku. V naslednji številki pa bomo objavili članek, kjer je Brian z M5Stack naredil praktični izdelek, ki bo zanimiv za marsikaterega elektronika. Nekateri kolegi pa so že naredili prve korake za integracijo M5Stack v Home Assistant.

Ker je globalna politična situacija v svetu zelo težka, je v tokratni številki malce več člankov na temo obrambne industrije. V bistvu gre za zaščito elektronskih vezij pred RF motnjami. Takšno zaščito bi pravzaprav potrebovale vse elektronske naprave do zadnjega radijskega sprejemnika. Spomnite se, kako se signal mobilnega telefona sliši v radiu...

Naj bodo prihajajoči dnevi in meseci manj stresni za vas – tako v pogledu vremena, v pogledu dobavljivosti elektronskih komponent, kot tudi v globalno političnih razmerah v svetu!

Lep pozdrav!
Jure



Električni pastir

Pašni aparat majhne in srednje moči. Za domače živali (psi, mačke) ali za večje živali (ovce, koze, konje) Možen dokup tudi različnih dodatkov







<https://svet-el.si>

Kode:
5ELU0056, 5ELU0059,...

Microchip Technology predstavlja referenčno zasnovo, ki je skladna s standardi Qi® v2.0 in temelji na dsPIC33

Microchip Technology Inc.

Brezžično polnjenje z dvema polnilnima tuljavama podpira tako profil razširjenega napajanja kot profil magnetnega napajanja z enim samim krmilnikom.

Ker si glavni proizvajalci polnilnikov, vključno s tistimi v avtomobilski industriji, prizadevajo za uvedbo Qi® v2.0 (Qi2) standardov, je Microchip Technology (Nasdaq: MCHP) izdal referenčno zasnovo brezžičnega oddajnika energije Qi 2.0 z dvema tuljavama [1]. Referenčna zasnova Qi2, ki jo poganja en sam digitalni signalni krmilnik dsPIC33 (DSC), ponuja učinkovit nadzor za optimalno delovanje. Ključna značilnost novega Qi2 standarda, ki ga je nedavno izdal konzorcij WPC (Wireless Power Consortium), je uvedba magnetnega profila napajanja (MPP) s podporo za magnetno poravnavo med oddajnikom in sprejemnikom. Prilagodljiva programska arhitektura DSC omogoča podporo kombinaciji MPP in razširjenega profila napajanja (EPP) Qi 2.0 z enim krmilnikom.

Uporaba referenčne zasnove Qi2 pomaga zmanjšati tveganje strank pri certificiranju končnega izdelka, ki mora prestati po-

stopek Qi certificiranja. Ker združuje več Microchipovih delov, ki so kvalificirani za avtomobilsko industrijo, polnilec z dvema tuljavama izpolnjuje tudi avtomobilске standarde za zanesljivost in varnost. Strojna in programska rešitev, primerna za avtomobilsko industrijo, omogoča lažjo avtomobilsko integracijo s podporo za odprto sistemsko arhitekturo AUTOSAR® (AUTomotive Open System ARchitecture) in arhitekturo MCAL (AUTOSAR Microcontroller Abstraction Layer Architecture), funkcionalno varnost in drugo. Vgrajena integrirana enota CryptoAuthentication™ zagotavlja varnost za izpolnjevanje strogih zahtev glede avtentikacije, ki jih določajo Qi standardi.

„Referenčna zasnova z dvema tuljavama proizvajalcem polnilnih modulov za avtomobile zagotavlja prilagodljivost in programabilnost za optimizacijo MPP Power Loss Accounting (MPLA)



in Q-Based Foreign Object Detection (Q-FOD) ter skrajšanje časa do certificiranja. Omogoča tudi nemoteno integracijo v avtomobilsko okolje,“ je dejal Joe Thomsen, podpredsednik poslovne enote Microchipovih digitalnih signalnih krmilnikov. „Zasnova, primerna za avtomobilsko industrijo, ter celoten nabor strojne in programske podpore pomagata našim strankam optimizirati njihove končne rešitve in skrajšati čas, potreben za vstop na trg.“

Kot del referenčnega načrta lahko Microchip dostavi datoteke za načrtovanje in programsko opremo, ki je zasnovana tako, da omogoča enostavno načrtovanje in uspeh v prvem koraku. Zasnova vključuje dsPIC33 DSC in podsistem za varno shranjevanje TA100/TA010 Trust Anchor, ki ga Microchip zagotavlja kot licenčni organ za izdajo potrdil proizvajalca Wireless Power Consortium (WPC). Poleg tega zasnova vključuje tudi Microchipov oddajnik ATA6563 CAN, gonilnike vrat MCP14700 ter regulatorja MCP16331 in MCP1755.

Ključne značilnosti:

- Oddajnik z dvema tuljavama podpira Qi 2.0
- MPLA in Q-FOD
- Termična zaščita
- Oddajnik, ki temelji na upravljanju topologije s fiksno frekvenco za optimizacijo EMI/EMC učinkovitosti
- Enostavna integracija v avtomobilsko okolja s strojno/programsko opremo CAN FD

- dsPIC33 z možnostjo integracije tehnologije NFC (Near Field Communication) za zaznavanje/zaščito kartic in komunikacijo
- UART-USB komunikacija in grafični uporabniški vmesnik za napredno poročanje/razhroščevanje podatkovnih paketov
- Strojna rekonfiguracija in podpora večini topologij oddajnikov

Za več informacij ali zahtevo po predstavitvi ali dokumentaciji se obrnite na prodajnega zastopnika podjetja Microchip, pooblaščenega svetovnega distributerja ali obiščite Microchipovo spletno mesto za nabavo in storitve za stranke, www.microchipdirect.com.

Vir:

- https://www.microchip.com/en-us/tools-resources/reference-designs/qi-2-0-dual-pad-wireless-power-transmitter-reference-design?utm_source=pressrelease&utm_pressrelease=medium&utm_dualpadref=campaign&utm_bu=mcu16

Opomba: Ime in logotip Microchip sta registrirani blagovni znamki podjetja Microchip Technology Incorporated v ZDA in drugih državah. Vse druge blagovne znamke, ki so morda tu omenjene, so last njihovih podjetij.

<https://www.microchip.com>



10. SLOVENSKA FOTOVOLTAIČNA KONFERENCA

RITTAL

hse

HE
HIDROELEKTRARNE NA SPODLJNJI SAVI

ETI



SIST

SLO-PV 2024

19. junij 2024

www.slo-pv.si



UNIVERZA
V LJUBLJANI

FE

Fakulteta
za elektrotehniko

Laboratorij za fotovoltaiiko
in optoelektroniko

Ščit omogoča dodajanje Click plošč na inženirsko platformo Red Pitaya

MikroElektronika

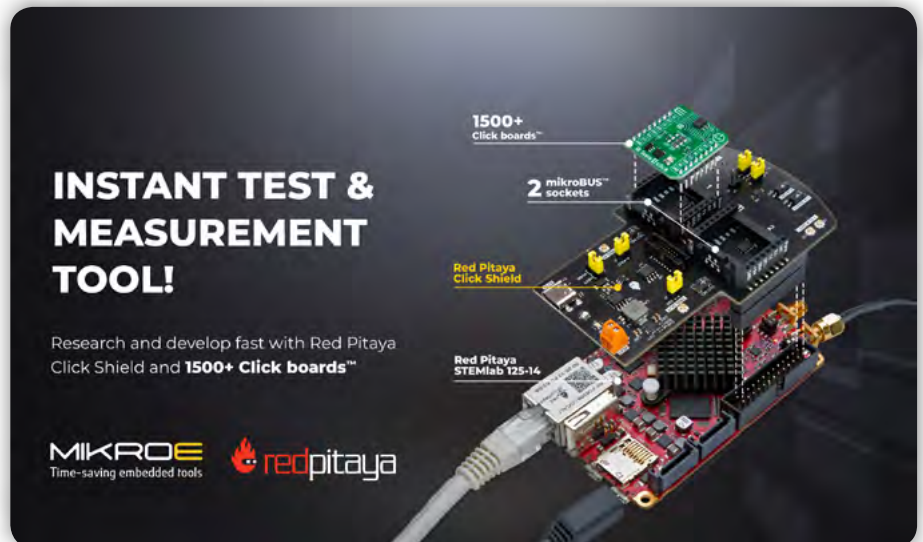
MIKROE odpira še več možnosti za inženirske in programske projekte.

MikroElektronika (MIKROE), podjetje za ugnezdene rešitve, ki z inovativnimi strojnimi in programskimi izdelki, temelječimi na preverjenih standardih, občutno skrajšuje čas razvoja, je objavilo Click Shield za inženirsko platformo Red Pitaya. Red Pitaya je odprtokodni programsko opredeljen instrument in FPGA razvojno orodje, ki ga pogosto imenujejo inženirski „švicarski vojaški nož“. Red Pitaya, velik kot kreditna kartica, združuje funkcionalnosti več laboratorijskih instrumentov - osciloskopa, generatorja signalov in spektralnega analizatorja - z obsežnimi programskimi zmogljivostmi in odprtokodno programsko opremo za zagon vsakega projekta. Click ščiti so adapterji, ki omogočajo povezljivost Click board™ plošč s priljubljenimi razvojnimi platformami, kot so Arduino, Raspberry Pi, STM32 Nucleo in zdaj tudi Red Pitaya.

Nebojša Matic, izvršni direktor podjetja MIKROE je dejal: „Ta Click Shield je idealen spremljevalec za Red Pitaya ploščo in je zasnovan tako, da odpira še več možnosti za inženirske in programske projekte. Omogoča nemoteno integracijo Click plošč z vašo gostiteljsko ploščo Red Pitaya ter tako širi njene zmogljivosti in vsestranskost. Ko je gostiteljska plošča Red Pitaya povezana z našim Click ščitom, lahko razvijalci dostopajo do več kot 1550 Click plošč ter do knjižnice s funkcijami in primeri kod za MIKROE prevajalnike.“

Red Pitaya Click Shield z dvema mikroBUS™ vtičnicama se lahko napaja prek zunanega napajalnika, ki podpira širok razpon napetosti od 12 do 24 V, ali prek USB tipa C priključka, kar zagotavlja prilagodljivost pri nastavitvah. Prav tako je uporabniku na voljo možnost uporabe katere koli Click plošče s pomočjo obstoječih dvosmernih napetostnih prilagodilnikov nivoja, ne glede na to, ali plošča Click deluje na izbranem nivoju logične napetosti 3,3 V ali 5 V.

Ena od značilnih lastnosti Click ščita je priključek, podoben shuttle konektorju, ki je namenjen za povezavo z logičnim analizatorjem. Ta priključek je vaša smernica za enostavno spremljanje in analiziranje SPI, UART ali I2C signalov, kar omogoča dragocen vpogled v vaše projekte. Druga izjemna lastnost je integracija ZL40213, ventilatorskega bufferja LVDS ure z dvema identičnima izhodnima gonilnikoma ure. Ta komponenta je zasnovana za distribucijo referenčnih ur z



nizkim potresavanjem (ang. jitter), iz zunanjih ali notranjih virov, odvisno od vaših potreb. Ne glede na to, ali gre za žične ali optične komunikacijske aplikacije, Click Shield zagotavlja minimalno potresavanje in ohranja celovitost signala. Poleg tega svojo uporabnost razširi tudi na več kot le taktne signale z namenskim razdelkom za distribucijo in sinhronizacijo prožilnega signala.

O podjetju MikroElektronika

Podjetje MikroElektronika (MIKROE) si prizadeva spremeniti industrijo ugnezdene elektronike z uporabo standardnih strojnih in programskih rešitev. Leta 2011 je podjetje izumilo standard za razvojne vtičnice mikroBUS™ in kompaktne Click™ plošče za periferne naprave, ki uporabljajo ta standard, da bi bistveno skrajšali čas razvoja. Zdaj podjetje ponuja 1550 Click plošč - desetkrat več kot konkurenti, standard mikroBUS pa v svoje razvojne plošče vključujejo številna vodilna podjetja za mikrokontrolerje. SiBRAIN™ je MIKROE-jev standard za MCU razvojne dodatne plošče in vtičnice, standard DISCON™ podjetja pa omogoča izbiro med široko paleto podprtih LCD-zaslonov in zaslonov na dotik. MIKROE ponuja tudi NECTO™, najbolj prilagodljiv IDE na svetu, ter najširšo paleto prevajalnikov v industriji, poleg tega pa še razvojne plošče, programatorje in razhroščevalnike. MIKROE-jev Planet Debug™ - prva strojna oprema kot storitev v ugnezdni industriji - omogoča razvijalcem razvoj in odpravljanje napak ugnezdenih sistemov na daljavo prek interneta, ne da bi vlagali v strojno opremo.

<https://www.mikroe.com>



Neprekosljiva kapacitivnost za miniaturne zasnove: novi hibridni kondenzatorji serije ZL

Panasonic Industry

Kompaktna serija EEH-ZL, skladna s standardom AEC-Q200, se odlikuje z najboljšo kapacitivnostjo v panogi in visokimi specifikacijami za hiter odziv na visoke tokove.

Serija ZL je najnovejši član ponudbe elektrolitskih polimernih hibridnih kondenzatorjev podjetja Panasonic Industry. Zaradi svojih kompaktnih dimenzij ponuja neprekosljive vrednosti kapacitivnosti - in tako lahko na trgu sproži izjemen odziv:

Kapacitivnost

Pri petih velikostih ohišij od $\varnothing 5 \times 5,8$ mm do $\varnothing 10 \times 10,2$ mm ponuja ZL serija največjo kapacitivnost v industriji in za približno 170 % presega vrednosti konkurenčnih standardnih izdelkov.

Hiter odziv na visoke tokove presega specifikacije konkurenčnih izdelkov, poleg nižjega ESR pri enaki velikosti ohišja.

Novi ZL je skladen s standardom AEC-Q200, ki uveljavlja stroge standarde nadzora kakovosti, kar je še posebej pomembno za avtomobilsko industrijo. Ponaša se z odpornostjo na visoke temperature in zagotavlja delovanje pri 125 °C in 135 °C v 4000 urah. Serija ZL je osredotočena na vzdržljivost, zato ponuja različice, odporne na vibracije, ki lahko prenesejo udarce do 30 G, zaradi česar je zanesljiva izbira.

Skratka, ta hibridni kondenzator naslednje generacije, ki izpolnjuje zahteve RoHS, je popolna rešitev za avtomobilске in industrijske aplikacije, pri katerih so kompaktne dimenzije bistven predpogoj.

Prilagojen je za uporabo v različnih avtomobilskih komponentah, kot so vodne črpalke, oljne črpalke, hladilni ventilatorji, zmogljivi DC/DC pretvorniki in napredni sistemi za pomoč voznikom (ADAS), prav tako pa je neprecenljiv v industrijskih okoljih, kot so inverterski napajalniki za robotiko, hladilni ventilatorji in sistemi za sončno energijo. Poleg tega ima ključno vlogo pri industrijskih napajalnikih za enosmerno in izmenično napetost, od inverterjev do usmernikov, in se uporablja v opremi komunikacijske infrastrukture, kot so bazne postaje, strežniki, usmerjevalniki in stikala.

Izvedite več o celotni Panasonicovi paleti elektrolitskih polimernih hibridnih kondenzatorjev:

- <https://industry.panasonic.eu/products/components/capacitors/hybrid-capacitors>



O podjetju Panasonic Industry Europe GmbH

Panasonic Industry Europe GmbH je del globalne družbe Panasonic Industry, ki je ena od petih glavnih operativnih družb v skupini Panasonic Holding. Panasonic Industry Europe zagotavlja izdelke in storitve za industrijske stranke po vsej Evropi. Panasonic Industry Europe si prizadeva strankam omogočiti doseganje njihovih ciljev v številnih industrijskih sek-

torjih, kot so mobilnost, infrastruktura, avtomatizacija, medicina, naprave, pametno življenje in varnost. Z znanjem o napravah in tehnologijah rešitev, ki ga goji z globalno miselnostjo in več kot stoletno tradicijo, Panasonic Industry tesno sodeluje s strankami pri ustvarjanju trajnostne prihodnosti. Širok in raznolik portfelj izdelkov družbe Panasonic Industry Europe zajema ključne sektorje elektronskih komponent, vključno z elektromehanskimi in pasivnimi komponentami, baterijami in drugimi energetskimi izdelki, senzori in moduli za brezžično povezljivost, materiali za upravljanje toplote in rešitvami po meri ter napravami in rešitvami za avtomatizacijo. Več o Panasonic Industry Europe:

- <http://industry.panasonic.eu>

O skupini Panasonic

Skupina Panasonic, ki je bila ustanovljena leta 1918 in je danes vodilna na področju razvoja inovativnih tehnologij in rešitev za široko uporabo v sektorjih širokopotrošne elektronike, stanovanjske gradnje, avtomobilске industrije, industrije, komunikacij in energije po vsem svetu, je 1. aprila 2022 prešla na sistem delujočih družb, pri čemer je Panasonic Holdings Corporation v vlogi holdinga, pod njenim okriljem pa deluje osem družb.

Skupina je za leto, ki se je končalo 31. marca 2023, poročala o konsolidirani čisti prodaji v višini 59,40 milijarde evrov (8.378,9 milijarde jenov). Če želite izvedeti več o skupini Panasonic Group, obiščite:

- <https://holdings.panasonic/global/>



<https://holdings.panasonic/global/>

Zaščita izstrelkov pred elektromagnetnimi motnjami: resnična raketna znanost

Parker Hannifin Corporation

Avtor: Tim Kearvell, vodja izdelkov iz elastomerov, oddelek Parker Hannifin Chomerics

V zadnjih letih je žal prišlo do več odmevnih konfliktov. Številne države so zdaj v visoki pripravljenosti, pripravljajo svoje oborožene sile in obrambne mehanizme, bodisi za lastno zaščito, bodisi za podporo drugim državam.

Proizvajalci originalne opreme za rakete in njihovi partnerji v dobavni verigi obrambne industrije so pod pritiskom, da vojaškim silam razvijajo in dobavijo orožje, ki zagotavlja zmogljivost in zanesljivost. Doseganje tega cilja pomeni zagotavljanje zelo učinkovite zaščite za občutljivo raketno elektroniko pred potencialno uničujočimi učinki EMI (elektromagnetnih motenj).



Ker je malo verjetno, da se bo večina svetovnih konfliktov kmalu umirila, se bo trg protiraketne obrambe v prihodnjih letih le še okrepil. Po podatkih podjetja MarketsandMarkets [1] naj bi se trg raket in izstrelkov povečal s 57,7 milijarde dolarjev v letu 2023 na 77,4 milijarde dolarjev do leta 2028, kar je impresivna 34-odstotna rast v samo petih letih. Družba Mordor Intelligence [2] ocenjuje, da bo v Evropi trg leta 2024 znašal 3,79 milijarde dolarjev, do leta 2029 pa bi lahko dosegel 4,83 milijarde dolarjev, kar pomeni 27-odstotno povečanje.

Septembra 2023 se je Evropska unija (EU) dogovorila, da bo namenila 500 milijonov evrov [3] za podporo naložbenim projektom v vrednosti do 1,4 milijarde evrov, s čimer bo spodbudila povečanje proizvodnje streliva in raket v EU. Podporo zagotavlja tudi Združeno kraljestvo: decembra 2023 je obrambni minister napovedal, da je na stotine raket zračne obrambe britanske izdelave [4] na poti v konfliktno situacije za zaščito civilistov in infrastrukture.

Ravni zmogljivosti raket

Med pomembnejšimi dejavniki, ki jih je treba skrbno preučiti pri povečevanju proizvodnje, je načrtovanje izstrelkov. Osnovna predpostavka načrtovanja izstrelkov se je v zadnjih letih močno spremenila, saj je za sisteme letenja in natančnost določanja položaja potrebne več elektronike. Dejansko se je zapletenost elektronike izstrelkov in inteligence na krovu znatno povečala pri vseh mehanizmih izstrelitve: iz zraka, z morja in s kopnega.

Elektronika v izstrelkih se uporablja v številnih aplikacijah, vključno s krmilnimi sistemi za statiko in zakrilca, navigacijskimi sistemi na krovu, enotami za iskanje in sledenje ter žiroskopskimi enotami, ki zagotavljajo nadzor stabilnosti in orien-

tacije. Nekateri izstrelki uporabljajo celo podatkovne povezave za komunikacijo s talnimi ali zračnimi nadzornimi sistemi, kar omogoča vodenje in nadzor na daljavo.

Čeprav so te zmogljivosti impresivne, jih lahko napadejo številne nevidne sile. Glavna med njimi je EMI: motnje v električni napeljavi ali vezju, ki jih povzročata zunanji vir, na primer radar ali celo sovražni sistemi. Danes je elektronsko bojevanje bojna strategija, v kateri prevladujejo grožnje z motenjem radarjev, elektronskim zavajanjem in napadi z elektromagnetnimi impulzi (EMP). Ti dejavniki spodbujajo potrebo po večji zaščiti pred elektromagnetnimi motnjami, saj se lahko vsaka napaka na tem področju izkaže za katastrofalno.

Premoščanje pomanjkljivosti

Rešitve za zaščito pred EMI so običajno v obliki prevodnih tesnilnih materialov, ki zapolnijo vrzeli v mehanskih sklopih in preprečujejo EMI. Rakete imajo več kovinskih vmesnikov ter številne pokrove in plošče za dostop, ki jih je treba zaščititi. Vse nezaščitene potencialne poti za EMI lahko ogrozijo učinkovitost izstrelka.

Prevodni materiali za tesnila so običajno elastomeri, impregnirani s kovino (silikon ali fluorosilikon), kot je družina izdelkov Parker Chomerics CHO-SEAL®. Ti elastomeri so videti in se obnašajo kot guma za lažjo uporabo in prilagodljivost, vendar je približno 75 % njihove vsebine dejansko prevlečenih kovinskih delcev, ki zagotavljajo električno prevodnost.

Elektroprevodna tesnila iz elastomera so običajno na voljo kot oblikovani listi ali deli po meri, kar omogoča večjo kompleksnost in podrobnosti sestavnih delov, ali pa so ekstrudirani v trakove in na voljo kot dolge vrvi ali spojnici (vulkanizirani), da tvorijo neprekinjeno tesnilo. Tipične raketne aplikacije za prevodne elastomere vključujejo plošče za dostop, pokrove loput in radarje.

Prevodna barva

Nadaljnje priljubljene možnosti, ki pogosto služijo kot dopolnilna rešitev prevodnim elastomerom, so električno prevodni premazi in barve na osnovi uretana ali epoksida, ki se dobro oprimejo zahtevnih podlag. Ti premazi, kot je družina izdelkov Parker Chomerics CHO-SHIELD®, imajo ponovno prevlečene

delce plemenitih kovin, zaradi česar so idealni za zagotavljanje prevodne poti na stičnih robovih.

Takšne rešitve so kot nalašč za strukturne plošče in prirobnice izstrelkov, kjer zagotavljajo tudi pomembno zaščito pred galvansko korozijo: te barve so odporne na ekstremna temperaturna nihanja, visoko vlažnost in slano meglo.

Glede tržnih razlik pri izbiri prevodnega elastomera ali barve vedno preverite dejansko ustreznost vojaškim specifikacijam, kot sta MIL-DTL-83528 ali MIL-C-22750. Nekateri izdelki navajajo, da so „izdelani v skladu z“ vojaškimi specifikacijami, vendar se to razlikuje od dejanske akreditacije. Akreditacija zahteva pogoste stroge preskuse, da se zagotovi skladnost in primernost za zahtevne aplikacije, kot so izstrelki. Podjetje Parker Chomerics je zelo ponosno na svojo akreditacijo.



Radijska tišina

Poleg EMI so nevidni „sovražniki“ izstrelkov tudi RFI (radiofrekvenčne motnje), ki so neželeni elektromagnetni signali, ki motijo sprejem radijskih signalov. Tipične rešitve temeljijo na absorpcijskih materialih na osnovi elastomerov, ki so namenjeni usmerjanju valovanja.

Dober primer so izdelki Parker Chomerics CHO-MUTE®, ki so sestavljeni iz silikonskega elastomera z železnim polnilom in zagotavljajo absorpcijo radijskih valov za rakete v širokopasovnem frekvenčnem območju, vključno z zelo visokimi frekvencami. Ti materiali tudi zmanjšujejo navzkrižno povezavo med komorami in resonance mikrovalovnih komor. Na splošno so na voljo kot listi in omogočajo enostavno rezanje.

Opozoriti velja, da so rešitve za EMI/RFI tesnila, ki so na voljo za rakete, primerne tudi za pripadajočo opremo, kot so lansirne naprave in zemeljski sistemi.

Pristop k ozemljitev

Pomembna je tudi električna ozemljitev. Ozemljitev je zapletena tema, vendar se ne more skriti pred njeno ključno vlogo pri zaščiti občutljivih in visoko zmogljivih raket. Ustrezna ozemljitev preprečuje okvare vezja, kar je pri teh kritičnih sistemih bistvenega pomena.

Glede na zahteve zasnove so lahko primerna tesnila v obliki prevodne pene/tkanine nad peno, prevodnih elastomerov ali kovinskih prstnih elementov. Z uporabo teh rešitev za ozemljitev se tok, ki nastaja pri EMI, odvede na varno mesto.

Seveda so številni izdelki za ozemljitev zasnovani tudi kot naprave za zaščito pred elektromagnetnimi motnjami in so zato namenjeni kot prevodni vmesnik med zaščito in ozemljenimi površinami.

Ostati hladen

Druga težava je toplota, ki lahko zmanjša učinkovitost elektronike in skrajša življenjsko dobo komponent. Novi materiali za uravnavanje toplote so nujni za zagotavljanje, da občutljive elektronske komponente ostanejo v mejah svojega temperaturnega območja delovanja.

Tipična rešitev je blazinica za reže: mehak in lahko prilagodljiv material, ki zagotavlja toplotni vmesnik med hladilniki in elektronskimi napravami ter se prilagaja neravnim površinam, zračnim režam in hrapavim teksturam površin. Najboljši primer je serija toplotno prevodnih blazinic in gelov za zapolnjevanje rež Parker Chomerics THERM-A-GAP™, ki so na voljo v različnih konfiguracijah nosilcev in oblog za večjo zmogljivost delovanja.

Izbrani partner

Ko je treba najti ustreznega tehnološkega partnerja za EMI/RFI, električno ozemljitev in toplotna vprašanja pri vseh vrstah izstrelkov, morajo razvijalci skrbno preučiti svoje možnosti.



Tehnološki partnerji, ki lahko nudijo podporo od koncepta zasnove do poprodajnega trga, hkrati pa strankam pomagajo racionalizirati proizvodnjo in sestavljanje modulov, imajo očitno prednost. Obsežen katalog visokokakovostnih izdelkov in lastna proizvodnja, akreditirana v skladu z vojaškimi standardi, sta dodatni razlikovalni značilnosti, ki pomagata zagotoviti popolno zaščito bojno pripravljenih in kritičnih raketnih sistemov.

Več informacij najdete tukaj [5]

O podjetju Chomerics

Chomerics je oddelek družbe Parker Hannifin Corporation in je del njene skupine za inženirske materiale. Je vodilno podjetje na področju razvoja in uporabe električno in toplotno prevodnih materialov v elektroniki, prometu in alternativnih energetskih sistemih. Za podrobnosti obiščite www.parker.com/chomerics

O podjetju Parker Hannifin

Podjetje Parker Hannifin je vodilno podjetje na področju tehnologij za gibanje in krmiljenje, ki je uvrščeno na lestvico 250 najboljših podjetij na svetu. Že več kot stoletje omogoča inženirske preboje, ki vodijo k boljšemu jutri. Več na www.parker.com ali [@parkerhannifin](https://twitter.com/parkerhannifin).

Viri:

- 1: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/rocket-missile-market-203298804.html>



- 2: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/europe-missiles-and-missile-defense-systems-market>
- 3: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_5105
- 4: [https://www.gov.uk/government/news/the-uk-bolsters-ukraines-air-defence-after-putins-latest-air-strikes#:~:text=The package of around 200,and one-way attack drones.](https://www.gov.uk/government/news/the-uk-bolsters-ukraines-air-defence-after-putins-latest-air-strikes#:~:text=The%20package%20of%20around%20200,and%20one-way%20attack%20drones.)
- 5: <https://www.parker.com/us/en/divisions/chomerics-division/industries/aerospace-defense.html>

<https://www.parker.com>



VEČ KOT 90 KNJIG
PO AKCIJSKIH CENAH!

POMLADNA AKCIJSKA PONUDBA!

WWW.TZS.SI

-24%

-27%

-37%

-44%

Tehniška založba Slovenije

www.tzs.si
narocila@tzs.si

MODRA ŠTEVILKA

080 17 90

Intelligentni napajalni moduli 7. generacije na osnovi IGBT za zmanjšanje porabe energije pri ogrevanju in hlajenju

ONSEMI

SPM 31 inteligentni močnostni moduli (angl. Intelligent Power Modules - IPM) omogočajo učinkovitejšo pretvorbo energije in boljšo zmogljivost za pogone trifaznih inverterjev.

Podjetje onsemi je najavilo razpoložljivost 1200V inteligentnih napajalnih modulov SPM31 (IPM) z najnovejšo generacijo tehnologije Field Stop 7 (FS7) z bipolarnim tranzistorjem z izoliranimi vrati (IGBT). SPM31 IPM moduli zagotavljajo višjo učinkovitost, manjšo površino in večjo gostoto moči, zaradi česar so skupni stroški sistema nižji, kot pri drugih vodilnih rešitvah na trgu. Zaradi večje učinkovitosti, dosežene z uporabo optimiziranih IGBT, so ti IPM idealni za pogone trifaznih inverterjev, kot so toplotne črpalke, komercialni HVAC sistemi, servomotorji ter industrijske črpalke in ventilatorji. Ocenjuje se, da obratovanje stanovanjskih in poslovnih stavb prispeva 26 % emisij toplogrednih plinov, posredne emisije, kot so ogrevanje, hlajenje in napajanje stavb, pa približno 18 % [1]. Ker si vlade po vsem svetu prizadevajo izpolniti svoje energetske in podnebne zaveze, postajajo energetske učinkovitejša in nizkoogljive rešitve vse bolj pomembne. SPM31 IPM nadzorujejo pretok energije v inverterjski kompresor in ventilatorje v toplotnih črpalkah in klimatskih sistemih s prilagajanjem frekvence in napetosti napajanja trifaznih motorjev za največjo učinkovitost. Na primer, SPM31 podjetja onsemi z močjo 25 A, ki uporablja FS7 IGBT tehnologijo, lahko v primerjavi z njihovimi izdelki prejšnje generacije, zmanjša izgube energije do 10 % in poveča gostoto moči do 9 %. S prehodom na elektrifikacijo in povečanimi zahtevami glede učinkovitosti, ti moduli pomagajo proizvajalcem drastično izboljšati zasnovo sistema in hkrati povečati učinkovitost v aplikacijah za ogrevanje in hlajenje. Z izboljšano zmogljivostjo njihova družina SPM31 IPM z FS7 omogoča visoko učinkovitost z zmanjšanimi energetskimi izgubami, kar še dodatno zmanjša škodljive emisije po vsem svetu. Ti visoko integrirani moduli vsebujejo integrirane elemente za krmiljenje vrat, številne zaščitne funkcije na modulu in IGBT

FS7, ki omogočajo vrhunsko toplotno zmogljivost in podpirajo širok razpon tokov, od 15 A do 35 A. Zaradi najboljše gostote moči v svojem razredu so integrirani moduli SPM31 FS7 IGBT idealen odgovor za varčevanje s prostorom za montažo in izboljšanje pričakovanih zmogljivosti, hkrati pa skrajšujejo čas razvoja. Poleg tega imajo SPM31 IPM naslednje prednosti:

Krmilniki za gonilnike in zaščitne vrat

- IGBT-ji z nizkimi izgubami in zaščito pred kratkim stikom
- Negativni IGBT priključki so na voljo za vsako fazo, da podpirajo najrazličnejše algoritme krmiljenja.
- Vgrajena zaščita pred prenizko napetostjo (UVP)
- Vgrajene diode in upori za zagon
- Vgrajeno hitro visokonapetostno integrirano vezje
- Napajanje z eno ozemljitvijo

Več informacij je na voljo na spletni strani:

- <https://tinyurl.com/ms7evckr>

Poglejte na blogu:

- *How Intelligent Power Modules are Making Heat Pumps Smarter [2]*

Aplikacijski primer:

- *Three-phase Inverter Power Module 1200 V SPM 31 Version 2 Series [3]*
- *Vodnik za sistemske rešitve: Heat Pump [4]*

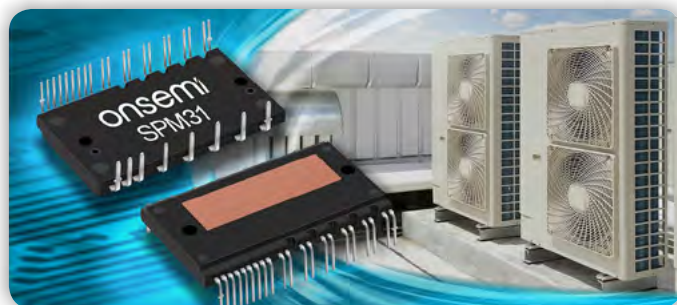
Viri:

- 1: *International Energy Agency, Energy System, Buildings* (<https://tinyurl.com/yxj5wba9>)
- 2: <https://www.onsemi.com/company/news-media/blog/industrial/en-us/how-intelligent-power-modules-are-making-heat-pumps-smarter>
- 3: <https://www.onsemi.com/design/resources/technical-documentation#ZHq9QXBwbGlyYXRpb24gTm90ZXM-7c3A9YW5kOTAyNjI7cD0xOw==>
- 4: <https://www.onsemi.com/design/resources/technical-documentation#ZHq9Q29sbGF0ZXJhbCBCcm9jaH-VyZTtzCD1CUkQ4MjAzL0Q7cD0xOw==>

Povzeto po:

- <https://tinyurl.com/ms7evckr>

<https://www.onsemi.com>



Novi močnostni moduli (vir: onsemi)

Večpasovni LoRa radijski modul poenostavlja brezžično zasnovo in upravljanje dobavne verige za razvijalce IoT naprav

Murata Electronics Ltd

Murata je predstavila svoj revolucionarni modul Type 2GT, večpasovni radijski modul (LoRa) z nizko porabo energije, ki pomeni pomemben korak naprej pri razvoju naprav interneta stvari, ki potrebujejo vsestransko brezžično povezljivost.

Ta visoko integrirani modul odlikuje celovita rešitev, ki ustreza kompleksnim zahtevam globalnih certifikacijskih standardov in omogoča nemoteno uvajanje v različnih regijah in panogah.

Modul Type2GT je velik 9,98 x 8,70 x 1,74 mm in je vgrajen na tiskanem vezju, ki je nameščeno v kovinskem ohišju. Tehnična dovršenost modula je poudarjena z uporabo Semtechovega naprednega RF sprejemnika LR1121, termično kompenziranega kristalnega oscilatorja (TCXO), drugega 32 kHz kristala, RF stikala in RF prilagodilnega vezja. Te komponente zagotavljajo največjo frekvenčno natančnost in zanesljivo delovanje v različnih okoljskih pogojih. Za razvijalce končnih naprav to pomeni preprostejše in manjše zasnove tiskanih vezij, krajši čas za vstop na trg in nižje stroške razvoja zaradi enostavne integracije modula in poenostavljenega postopka certificiranja.

Type2GT podpora več frekvenčnih pasov, vključno s sub-GHz pasovi, 2,4GHz pasom ISM in 2,1GHz pasom S za satelitske komunikacije, zagotavlja prilagodljivost in razširljivost, saj izpolnjuje potrebe različnih aplikacij interneta stvari, kot so pametno kmetijstvo, industrijsko in okoljsko zaznavanje ter avtomatizacija stavb in domov. Drugi trgi, ki bi lahko imeli koristi od funkcij modula, vključujejo sledenje premoženju, merjenje komunalnih storitev, daljinsko vodene igranje in brezpilotna letala. Podpora pasu ISM 2,4 GHz omogoča višje hitrosti prenosa podatkov, skupen načrt kanalov po vsem svetu in oblikovalcem omogoča, da se izognejo omejitvam delovnega cikla, ki jih za komunikacije pod GHz določajo evropski standardi.

„Navdušeni smo nad Muratino strateško širitvijo z vrhunskimi večpasovnimi LoRa moduli tretje generacije,“ je dejal Carlo Tinella, višji vodja trženja izdelkov pri družbi Semtech. „Ta napredek zagotavlja industriji ključno orodje za racionalizacijo in varnost razvojnega procesa za aplikacije, ki delujejo na sub-GHz in 2,4GHz frekvencah LoRa. Muratina zavezanost k zmanjševanju zapletenosti načrtovanja in izzivov certificiranja razvijalcem po vsem svetu omogoča hitre in vsestranske rešitve interneta stvari za vse, od pametnega kmetijstva do mestne infrastrukture.“



Muratin Type2GT modul je certificiran v skladu z evropskimi standardi CE in ameriški standardi FCC, japonskim standardom TELEC in kanadskim standardom IC, kar razvijalcem omogoča ponovno uporabo poročil o RF testiranju modula pri različnih certifikacijskih organih.

To bo znatno zmanjšalo ovire za skladnost in spodbudilo inovacije v celotnem ekosistemu interneta stvari, ki bo služil uporabnikom na več geografskih območjih.

Murata vabi razvijalce, partnerje in inovatorje, da raziščejo možnosti Type2GT modula. Skupaj lahko izkoristimo moč LoRa tehnologije za ustvarjanje rešitev interneta stvari, ki niso le pametne in učinkovite, temveč tudi dostopne in trajnostne. Podjetje Murata je predano sodelovanju s svojimi partnerji, da bi premikalo meje mogočega in naredilo svet bolj povezan, inteligenten in okoljsko ozaveščen.

Vzorci so na voljo že zdaj, serijska proizvodnja pa se je začela konec marca 2024. Za več informacij o Muratovem Type2GT modulu obiščite:

- <https://www.murata.com/en-global/products/connectivitymodule/lpwa/overview/line-up/type-2gt>



<https://www.murata.com>

Reševanje izzivov na področju letalstva in obrambe, satelitskega komuniciranja in 5G komunikacij z GaN na SiC močnostnimi ojačevalniki

Microchip Technology Inc.

Avtor: Baljit Chandhoke, produktni vodja za RF izdelke pri Microchip Technology

RF-sistemi potrebujejo močnostne ojačevalnike (PA), ki zagotavljajo linearno in učinkovito visoko izhodno moč.

Ker sistemi prehajajo na modulacijske sheme višjega reda, kot je 64/128/256 kvadraturna amplitudna modulacija (QAM), morajo zagotavljati visoko linearnost in učinkovitost tudi v gostejših okoljih s strogim razmerjem med vršnjo in povprečno močjo (PAPR). Nova generacija monolitnih mikrovalovnih integriranih vezij (MMIC), ki ima za osnovo galijev nitrid (GaN) na silicijevem karbidu (SiC), ponuja rešitev za te izzive z največjo gostoto moči za ustvarjanje visoke linearne izhodne moči z visokim izkoristkom. Ta članek obravnava 5G zahteve, satelitske komunikacije, vesoljske in obrambne aplikacije, vključno z različnimi vrstami arhitekture oblikovanja snopa in kako GaN na

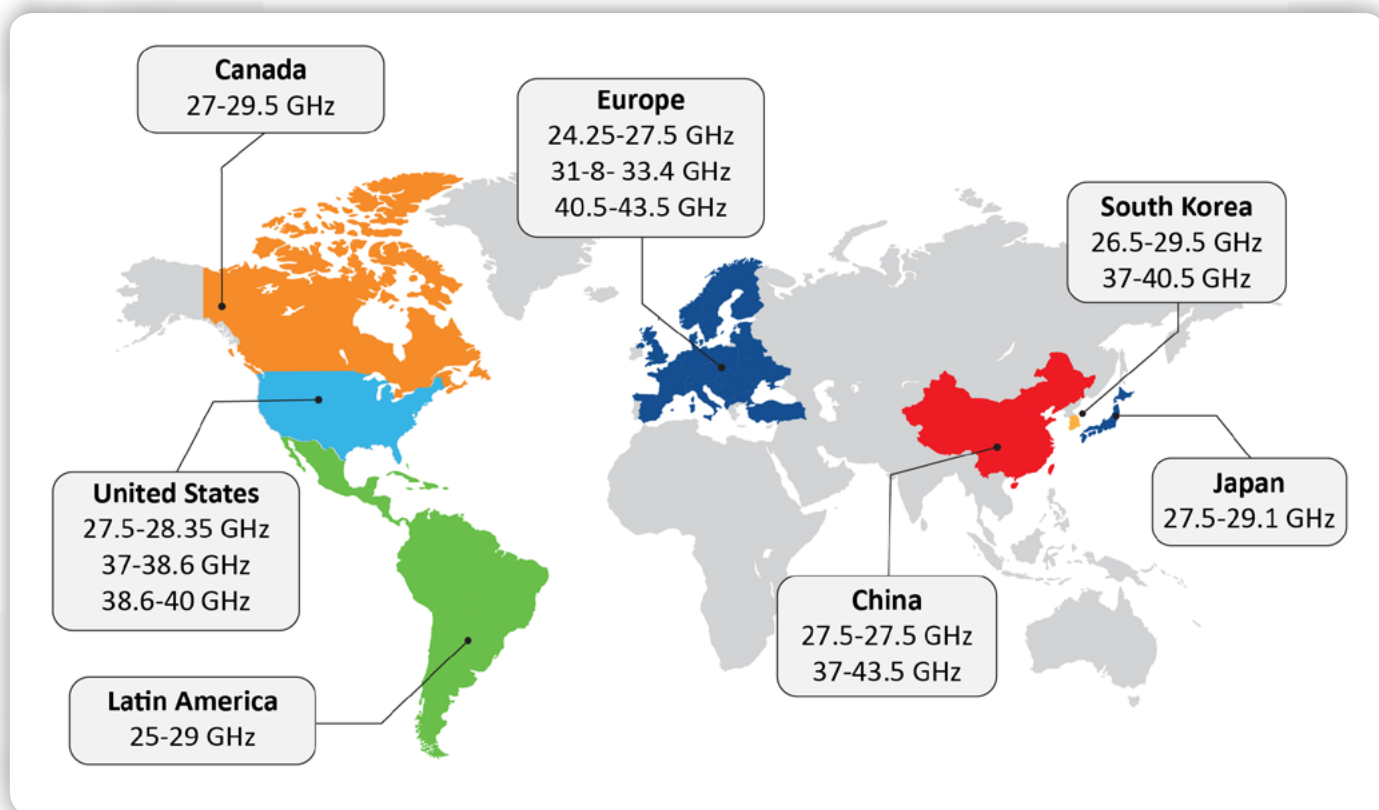
SiC močnostni ojačevalniki rešujejo komunikacijske izzive v teh RF aplikacijah.

Priložnosti in izzivi RF močnostnih ojačevalnikov

Največje priložnosti za rast in izzive za močnostne RF ojačevalnike so v satelitskih komunikacijah in nastajajočih komunikacijskih 5G rešitvah. NASA je podjetjem iz zasebnega sektorja omogočila izstrelitev več tisoč satelitov v nizki zemeljski orbiti



Slika 1: Aplikacije 5G na področju milimetrskih valov



Slika 2: Milimetrski 5G frekvenčni pasovi na svetovni ravni

(LEO), ki zdaj krožijo okoli Zemlje in zagotavljajo širokopasovni dostop do interneta, navigacijo, pomorski nadzor, daljinsko zaznavanje in druge storitve. Pri teh RF aplikacijah se nenehno iščejo prednosti glede velikosti, teže, moči in stroškov (SWaP-C). Velike antene s krožniki se nadomeščajo s polji faziranih anten za satelitsko komunikacijo, ki zahtevajo manjše komponente za integracijo in manjšo težo. Za te RF aplikacije je bistvena visoka RF moč, ki je linearna z visokima P1dB in IP3, da se zmanjša popačenje, in učinkovita z visokim PAE, da se zmanjša poraba energije.

Millimeterske 5G komunikacije

Nove generacije milimetrskih 5G komunikacijskih rešitev zaradi svoje hitrosti, izjemno široke pasovne širine in nizke latence za širokopasovno komunikacijo, bistveno povečujejo količino informacij, ki se lahko izmenjujejo v podporo odločanju v realnem času in drugim vojaškim aplikacijam. 5G sistemi, ki delujejo v nižjih frekvenčnih pasovih (pod 6 GHz), so bili ranljivi za močne motilne signale, vendar 5G milimetrski valovi (24 GHz in višje) za aplikacije na bojišču in izven njegove prinašajo 5G omrežje, ki ni tako ranljivo za močne motilne signale. Primeri vključujejo senzorska omrežja na bojišču za zbiranje podatkov za poveljevanje in nadzor ter zaslone z obogateno resničnostjo, ki izboljšujejo situacijsko zavedanje pilotov in pehotnih vojakov. 5G bo omogočil tudi rešitve virtualne resničnosti za upravljanje vozil na daljavo v zračnih, kopenskih in pomorskih misijah. Zunaj bojišča bo 5G omogočil različne aplikacije za pametna skladišča, telemedicino in prevoz vojakov.

5G milimetrski frekvenčni pasovi

Različne države imajo različne pasove za 5G milimetrske valove. V Združenih državah Amerike je bil prvi uporabljen pas 28 GHz 5G, ki mu sledi 39 GHz. Kitajska uvaja 5G milimetrski pas v frekvenčnem pasu od 24,25-27,5 GHz in zaostaja pri uvajanju 5G milimetrskih valov.

Arhitektura 5G omrežja

5G omrežje sestavljajo makro bazne postaje in majhne celične postaje. Makro bazna postaja je s hrbtničnim omrežjem povezana z milimetrskimi valovi ali optičnimi povezavami. Makro bazne postaje se lahko pogovarjajo neposredno z mobilnimi telefoni uporabniške opreme ali z malimi celičnimi postajami, ki se pogovarjajo z mobilno napravo uporabniške opreme in zagotavljajo povezljivost do zadnjega kilometra. Obstajajo pico in femto celične postaje, ki zagotavljajo omrežno povezljivost znotraj pisarniških stavb, kjer je povezava lahko šibka ali kjer je gostota uporabnikov velika.

Femtocelične postaje običajno namestijo uporabniki, da izboljšajo območje pokritosti v majhni okolici, na primer v domači pisarni ali mrtvi coni v stavbi. Femtocelične postaje so zasnovane tako, da podpirajo le peščico uporabnikov in lahko opravijo le nekaj hkratnih klicev - imajo zelo majhno izhodno moč do 0,2 W.

Pikocelične postaje ponujajo večje zmogljivosti in območja pokritosti, saj podpirajo do 100 uporabnikov na razdalji do 300 metrov. Pikocelične postaje se pogosto nameščajo v zaprtih prostorih za izboljšanje slabe brezžične in celične pokritosti

v stavbi, na primer v pisarniškem nadstropju ali v maloprodajnem prostoru. Pikočelične postaje se lahko namestijo začasno v pričakovanju velikega prometa na omejenem območju, na primer na športnem dogodku, lahko pa se namestijo tudi kot stalna sestavina mobilnih celičnih omrežij v heterogenem omrežju, ki deluje v povezavi z makroceličnimi postajami, da se zagotovi neprekinjena pokritost za končne uporabnike. Pikočelične postaje imajo izhodno moč do 2 W.

Makro bazne postaje so velike bazne postaje, ki pokrivajo veliko območje > km in imajo izhodno moč > 100 W.

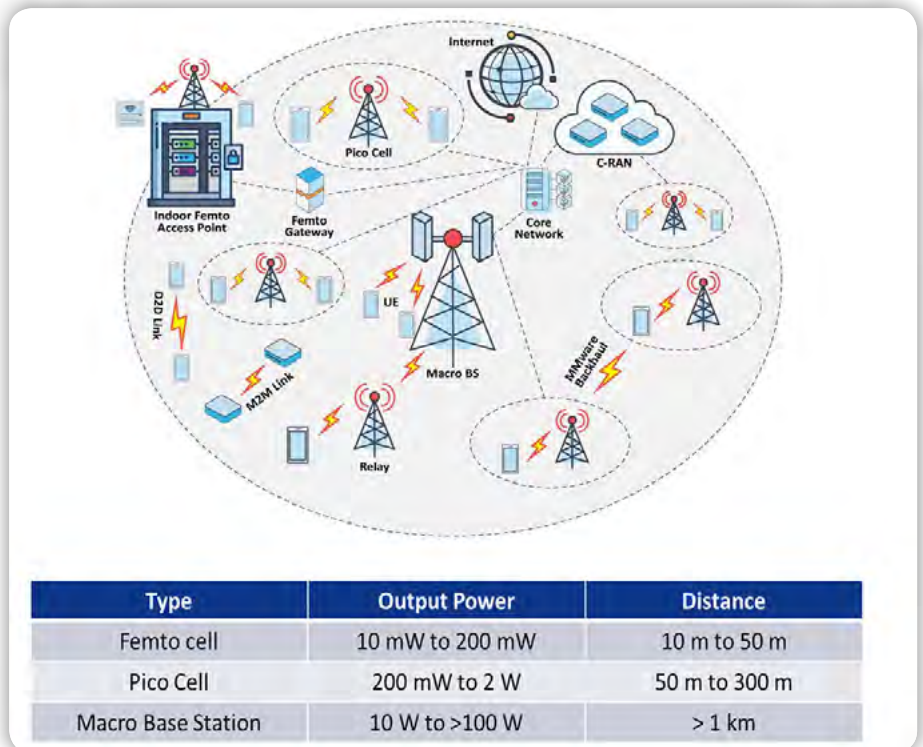
Uporaba v radarjih

Radarski sistemi delujejo v pasu L od 1 GHz do 2 GHz in se uporabljajo za prepoznavanje prijatelja ali sovražnika, merjenje razdalje ter sledenje in nadzor. Pas S (od 2 GHz do 4 GHz) se uporablja za aplikacije s selektivnim odzivom Mode S in za vremenske radarske sisteme. Pas X (8 GHz do 12 GHz) se uporablja za vremenske in letalske radarje, pas C (4 GHz do 8 GHz) pa se uporablja za 5G in druge komunikacijske aplikacije pod 7 GHz. 5G milimetrski valovi zagotavljajo največje pasovne širine in hitrosti prenosa podatkov, saj deluje v frekvenčnih pasovih 24 GHz in višjih. Satelitske komunikacije za LEO in geosinhrono komunikacije delujejo v pasu K, ki se razteza od 12 GHz do 40 GHz.

Oblikovanje RF snopa

V teh radijskih aplikacijah se uporabljajo različne vrste arhitekture oblikovanja snopa s faziranimi polji:

- 1> Analogno oblikovanje snopa

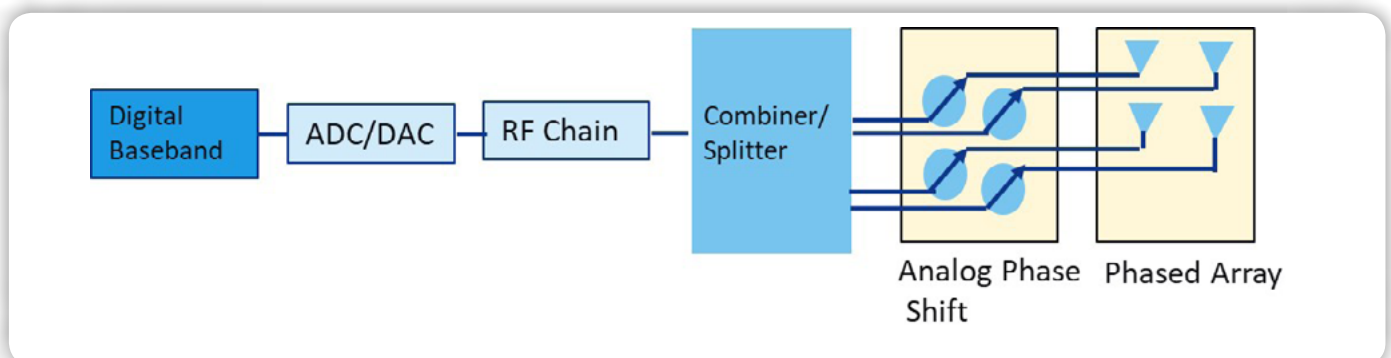


Slika 3: Arhitektura 5G omrežja, sestavljena iz malih celičnih in makro baznih postaj



Slika 4: Pomorska radarska komunikacija uporablja frekvence v pasovih S, L, C, X vse do pasu Ku/Ka.

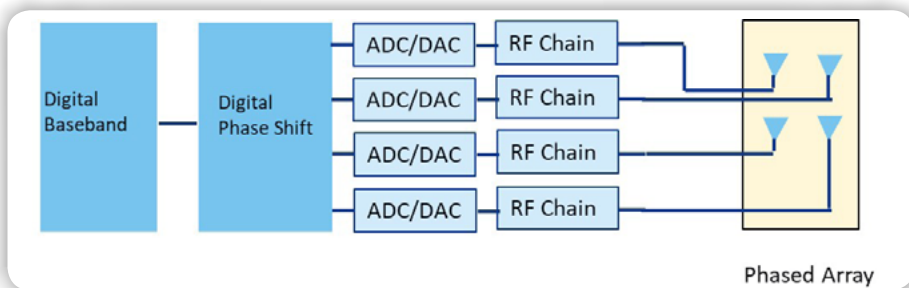
- 2> Digitalno oblikovanje snopa
- 3> Hibridno oblikovanje snopa



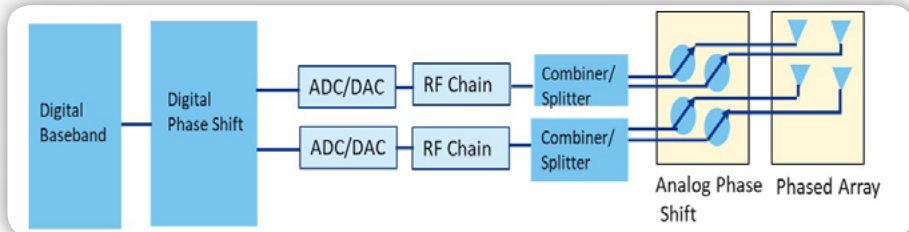
Slika 5: Blok shema analognega oblikovanja snopa s štirimi elementi faziranega polja anten

Analogno oblikovanje snopa

Za vsako fazirano polje anten je idealna razdalja med elementi polovica valovne dolžine ($\lambda/2$). Blok diagram prikazuje analogno oblikovanje snopa. Za 30 GHz signal je razdalja med faziranimi elementi 5 mm. Pri analognem oblikovanju snopa fazni pretvornik oblikuje snop tako, da spreminja fazo, s čimer izvede konstruktivno interferenco za sprejemanje in oddajanje signala z usmerjanjem energije snopa v določeno smer. Vse to se izvaja pri RF frekvenci, zato je najbolj občutljiva na izgube v medsebojnih povezavah. Nato gre signal iz faznega pretvornika v močnostni sklopnik/razdelilnik, sledi pretvornik navzgor/navzdol in ADC/DAC do osnovnega frekvenčnega pasu. V tem primeru je za N elementov faziranega polja samo en digitalni prednji del. Kot je razvidno iz blok diagrama, je za 4 elemente faziranega polja samo en digitalni prednji del, ki ga sestavlja ADC/DAC. Prednost te arhitekture je najmanjše število sestavnih delov in najnižja razpršena moč. Ker pa se fazni premik izvaja v radiofrekvenčnih pasovih, je ta vrsta arhitekture oblikovanja snopa najbolj občutljiva na izgube pri povezovanju in zapletenost faznega premika.



Slika 6: Blok shema digitalnega oblikovanja snopa s 4 elementi faziranega polja anten



Slika 7: Blok shema hibridnega oblikovanja snopa s 4 elementi faziranega polja anten

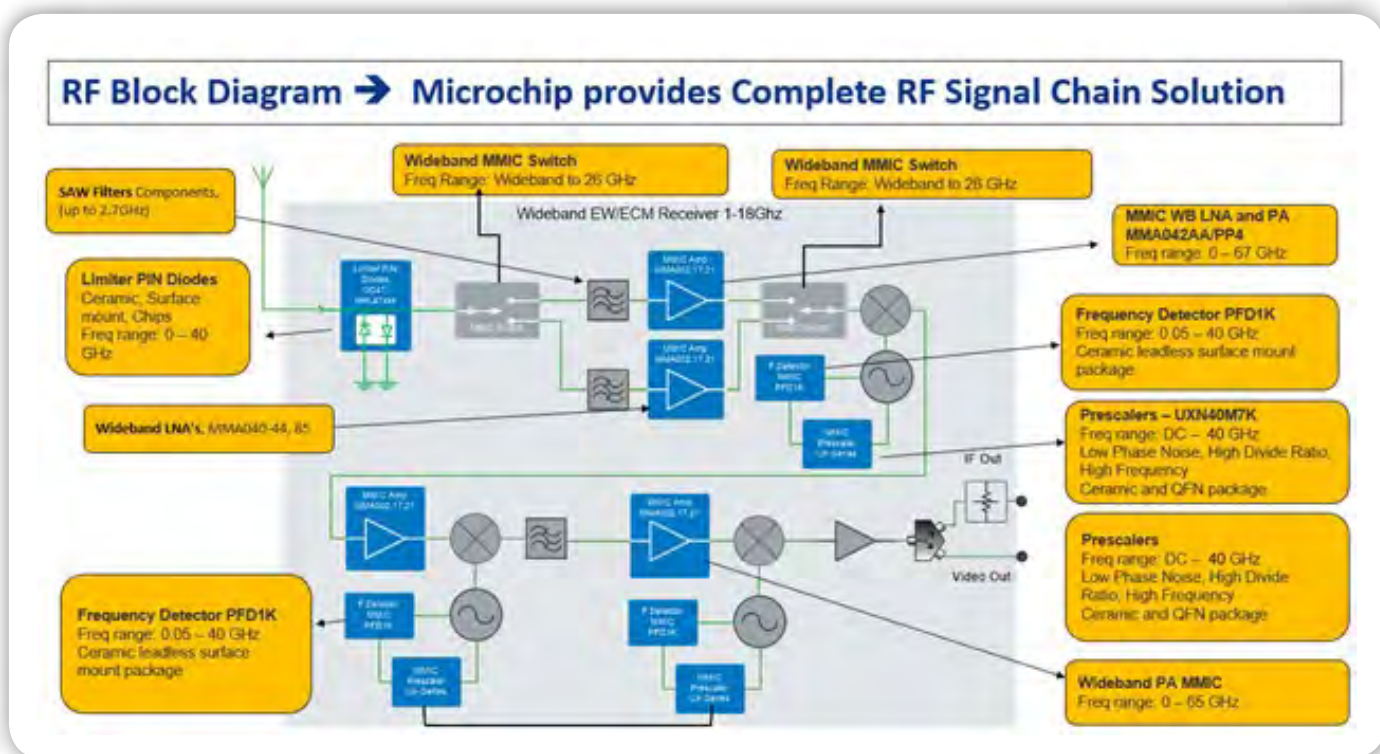
nato pa se izvede digitalni fazni premik. Ta arhitektura zagotavlja večjo natančnost, saj se v osnovnem pasu izvede digitalno oblikovanje snopa. Vendar je potreben ADC/DAC za vsak element fazne matrice, kar pomeni veliko število komponent in veliko razpršitev energije. V tem primeru je za N elementov fazirane mreže N digitalnih vhodnih enot. Kot je razvidno iz bloka diagrama, so za 4 elemente fazirane mreže 4 digitalne vhodne enote, ki jih sestavljajo ADC/DAC-ji.

Digitalno oblikovanje snopa

Digitalno oblikovanje snopa ima tradicionalno pretvorbo navzgor/navzdol na frekvenco osnovnega frekvenčnega pasu,

Hibridno oblikovanje snopa

Hibridno oblikovanje snopa, ki združuje digitalno in analogno oblikovanje snopa, je optimalno za večja fazirana polja, da se



Slika 8: Blok shema RF signalne verige

doseže učinkovitost analognega oblikovanja snopa z manjšim številom elementov, razpršitvijo energije in natančnostjo digitalnega oblikovanja snopa. Kot je razvidno iz blok sheme, sta za 4 elemente faziranega polja na voljo 2 digitalni vhodni enoti, ki sta sestavljeni iz ADC/DAC. V primerjavi z analognim oblikovanjem snopa je bil samo ena ADC/DAC v digitalni vhodni enoti, pri digitalnem oblikovanju snopa pa 4 ADC/DAC v digitalni vhodni enoti.

RF signalna veriga

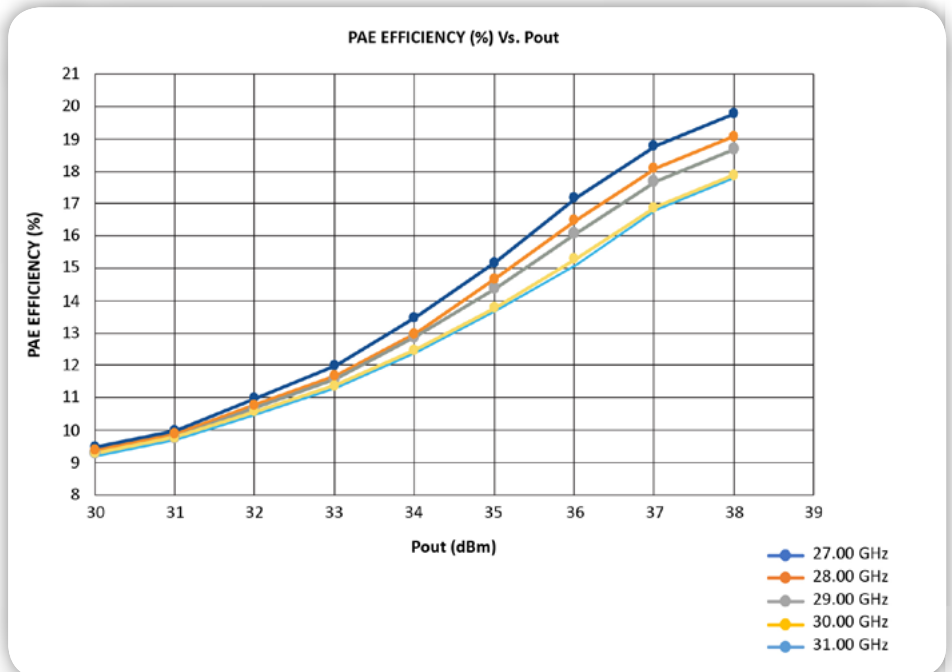
Na sliki je prikazan blok diagram RF verige signalov. V sprejemniku RF signal prihaja prek antene, gre skozi omejevalno diodo, nato sledi stikalo, želena RF frekvenca pa se izloči s pomočjo SAW filtrov. Željeni signal se nato ojači z nizkošumnim ojačevalnikom z izjemno nizko stopnjo šuma, da se čim bolj zmanjša poslabšanje razmerja med signalom in šumom sprejetega signala. Nato se signal transformira navzdol z mešalnikom. Signal lokalnega oscilatorja (LO) se generira z uporabo diskretnih PLL komponent, ki jih sestavljajo fazni detektor, preskaler za zagotavljanje frekvence LO mešalniku za pretvorbo signala navzdol na medfrekvenco (IF), ki ji sledi pretvorba iz IF v osnovni pas za obdelavo signala.

Na oddajniku se signal osnovnega pasu pretvori v IF in nato v želen RF signal. RF signal se ojači z močnostnim ojačevalnikom.

RF Figure of Merit

Product Type	Key parameter	Key Benefit
LNA	Noise Figure (dB)	Improved Range/Signal Sensitivity
PA	OIP3 (dBm) & P1dB (dBm)	Linear Power – Low Distortion
Prescalers	Phase Noise (dBc) @ kHz offset	Low Noise Floor – More Range
Switches	Low Loss (dB) / High Isolation (dB)	Low Harmonics in system

Tabela RF lastnosti



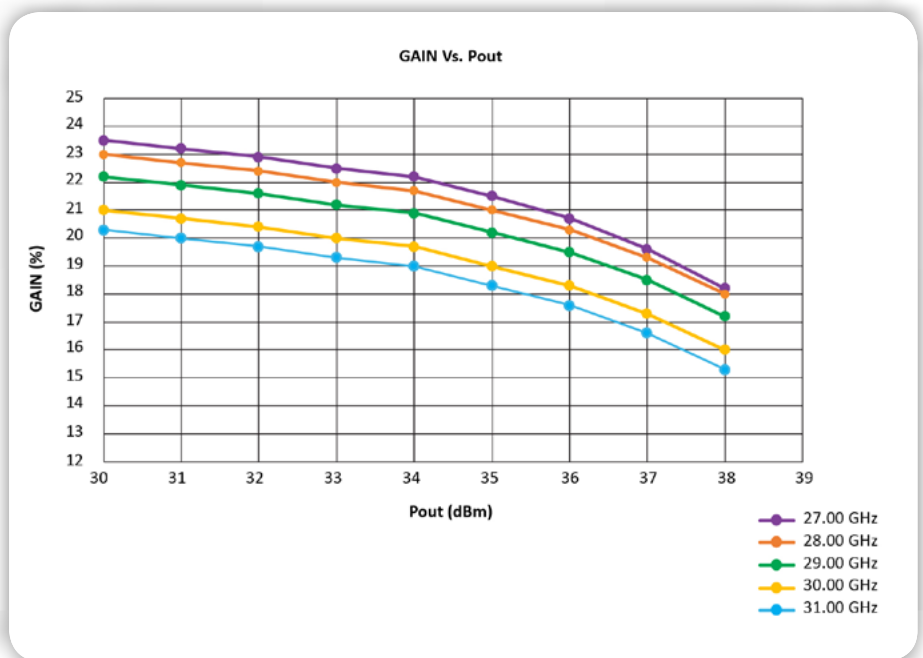
Slika 9: Linearna PAE ICP2840 pri različnih frekvencah in ravneh izhodne moči

RF lastnosti

Tabela prikazuje RF lastnosti in prednosti za komponente, uporabljene v RF blok diagramu.

Zahteve močnostnega ojačevalnika

Močnostni ojačevalniki [1] (PA) imajo ključno vlogo pri oddajniku v radijskih aplikacijah. Ena od najpomembnejših zahtev za močnostne ojačevalnike je, da lahko delujejo v svojem linearnem območju, da se čim bolj zmanjša RF popačenje. Satelitski komunikacijski sistemi, ki uporabljajo modulatorske sheme višjega reda, kot je 64/128/256 kvadraturna amplitudna modulacija (QAM), so izredno občutljivi na nelinearno delovanje. Drug izziv je doseganje zadovoljivega razmer-



Slika 10: Linearno ojačenje ICP2840 pri različnih frekvencah in ravneh izhodne moči



Slika 11: GaN na SiC MMIC močnostni ojačevalniki za pas Ku Ka podjetja Microchip Technology vključujejo ICP2840 [2], ki zagotavlja 9 W izhodne moči neprekinjenega oddajanja v pasu Ka od 27,5 do 31 GHz za uplink.

ja med največjo in povprečno močjo (PAPR) - to je razmerje med največjo močjo, ki jo proizvede PA, in njegovo povprečno močjo. PAPR določa, koliko podatkov je mogoče poslati, in je sorazmeren s povprečno močjo. Hkrati je velikost PA, ki je potrebna za določen format, odvisna od največje moči. Zahteve za učinkovito izotropno sevano moč (EIRP) milimetrskih valov v 5G območju, ki jo je predpisala FCC, vključujejo oddajno moč 43 dBm EIRP za mobilne telefone in prenosno moč bazne postaje 55 dBm EIRP. Tem in drugim nasprotujočim si izzivom je mogoče zadostiti le z močnostnimi ojačevalniki GaN na SiC za satelitske komunikacije, 5G, vesoljske in obrambne aplikacije.

Močnostni ojačevalniki, ki bazirajo na galij nitridu (GaN) na silicijevem karbidu (SiC):

- GaN na SiC ima največjo gostoto moči za gradnjo zelo li-
nearnih močnostnih ojačevalnikov z visokim izkoristkom. Močnostni ojačevalniki GaN na SiC lahko delujejo pri visokih frekvencah v Ka in Ku pasu od 12 GHz do 40 GHz za satelitske komunikacije, 5G in imajo široko pasovno širino, visoko ojačenje in boljše toplotne lastnosti, kar izpolnjuje zahteve radijskih aplikacij. Microchip ponuja RF rešitve s tehnologijo GaN na SiC, ki izpolnjujejo zahteve SWaP-C za komponente. ICP2840 je vodilna naprava, ki deluje v frekvenčnem območju 27,5-31 GHz in zagotavlja izhodno moč neprekinjenega oddajanja (CW) 9 W in impulzno izhodno moč 10 W z ojačitvijo 22 dB in učinkovitostjo dodane moči 22 %.

Microchip močnostni ojačevalniki za K Band področje

ICP2840 [2] zagotavlja 9 W izhodne moči neprekinjenega oddajanja v frekvenčnem pasu Ka od 27,5 do 31 GHz za uplink za satelitsko komunikacijo in 28 GHz frekvenčni pas 5G.

ICP2637 [3] ima široko pasovno širino od 23 do 30 GHz in zagotavlja 5 W CW izhodne moči ter je na voljo v QFN ohišju in v obliki rezine.

ICP1445 [4] zagotavlja 35 vatov impulzne izhodne moči v frekvenčnem pasu 13-15,5 GHz.

ICP1543 [5] deluje v Ku pasu od 12 do 18 GHz in zagotavlja 20 vatov CW izhodne moči.

Ti ojačevalniki imajo visoko ojačenje in dodaten izkoristek zaradi uporabe GaN na SiC tehnologije ter izpolnjujejo zahteve v pasu Ku/Ka za aplikacije 5G, satelitske komunikacije, vesoljske in obrambne aplikacije. GaN na SiC s svojo največjo gostoto moči zagotavlja optimalne rešitve močnostnih ojačevalnikov za te aplikacije.

Viri:

1. <https://www.microchip.com/en-us/products/rf-and-microwave/power-amplifiers>
2. <https://www.microchip.com/en-us/product/ICP-2840-Power-Amplifier>
3. <https://www.microchip.com/en-us/product/ICP-2637-Power-Amplifier>
4. <https://www.microchip.com/en-us/product/ICP-1445-Power-Amplifier>
5. <https://www.microchip.com/en-us/product/ICP-1543-Power-Amplifier>

Opomba: Ime in logotip Microchip sta registrirani blagovni znamki podjetja Microchip Technology Incorporated v ZDA in drugih državah. Vse druge blagovne znamke, ki so morda tu omenjene, so last njihovih podjetij.

<https://www.microchip.com>



Zasnova preprostega in kompaktnega UPS na osnovi superkondenzatorja

Digi-Key Electronics

Avtor: Rolf Horn

Brezprekinitveno napajanje (UPS) je bistvenega pomena za aplikacije, kot so zaščita podatkov v RAID-u (Redundant Array of Independent Disks), avtomobilska telemetrija za varnostne operacije in naprave za dovajanje zdravil, kot so inzulinske črpalke v zdravstvu.

Vendar pa lahko zasnova UPS predstavlja velik izziv, še posebno v primeru omejenega prostora. Za mnoge aplikacije, ki ne tolerirajo pretoka energije iz shrambe nazaj v napajalni vir, je potrebna previdna zasnova.

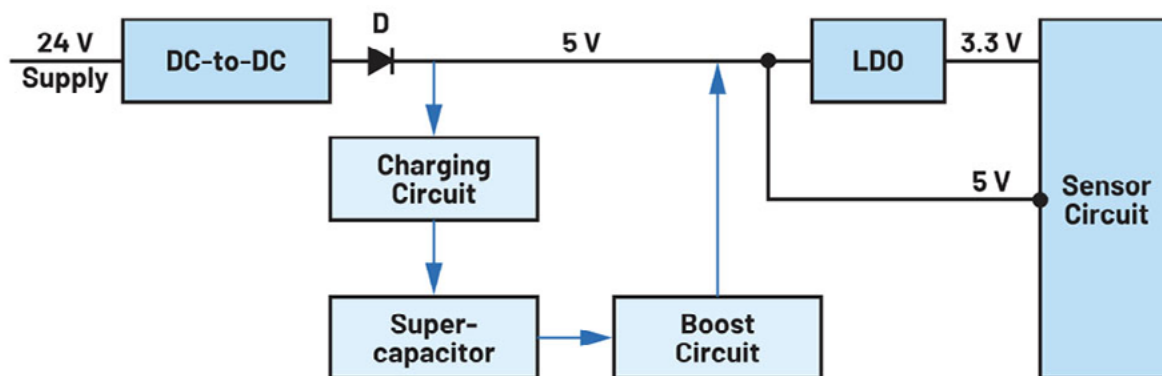
Take izzive pri zasnovi pa se lahko premosti z integriranim pristopom, kjer se več pretvornikov in polnilnih vezij nadomesti z eno samo komponento. Ta integriran pristop poenostavi zasnovno vezja in olajša zagotavljanje, da med rezervnim delovanjem tok ne teče nazaj v napajalnik.

V tem članku so predstavljeni izzivi zasnove UPS in konvencionalna rešitev. V članku je nato opisana poenostavljena,

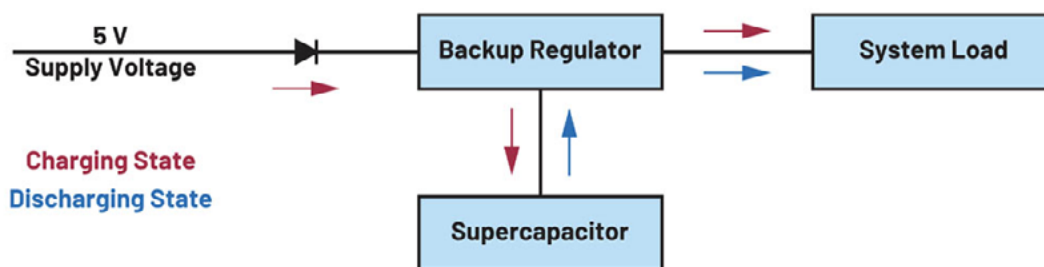
integrirana rešitev, ki temelji na preklonem regulatorju buck/boost na analognih napravah.

Uporaba superkondenzatorja kot zalogovnik energije

Slika 1 prikazuje konvencionalen pristop do zasnove UPS. V tem primeru UPS napaja 24-voltni senzor z enosmernim tokom (VDC). Vezje senzora potrebuje 3,3- in 5-voltni vnos. UPS uporablja linearni regulator za polnjenje superkondenzatorja, če je na voljo sistemska napetost. Če sistemska napetost pade,



Slika 1: UPS polni superkondenzator v normalnem območju sistemske napetosti in črpa energijo, če sistemska napetost pade. (Vir slike: Analog Devices)



Slika 2: integrirani rezervni regulator omogoča lažjo in bolj kompaktno zasnovo UPS. (Vir slike: Analog Devices)

se energija v kondenzatorju poveča na zahtevano raven napajalne napetosti s stopenjskim regulatorjem.

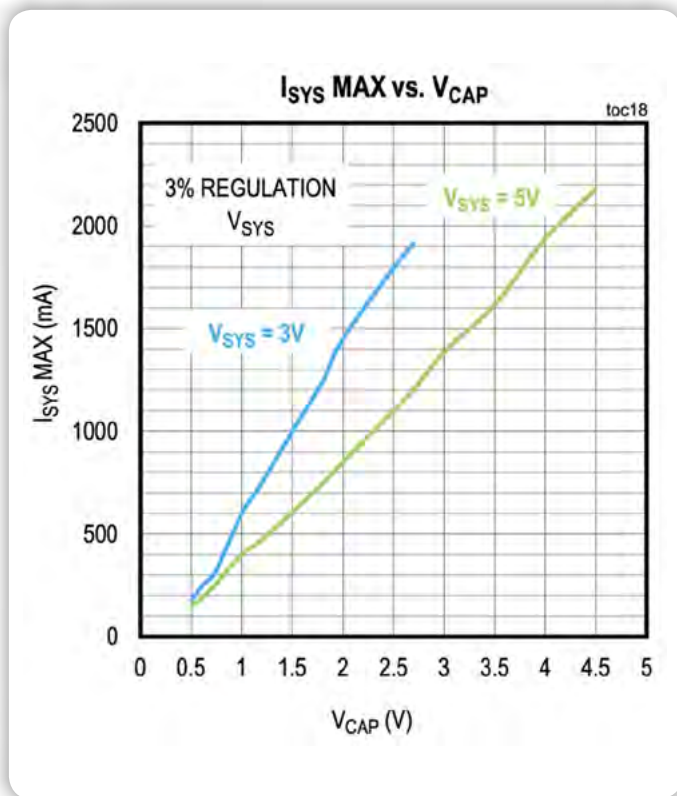
Če se 24-voltno napajanje poleg senzorjev uporablja tudi za napajanje drugih elementov vezja, mora biti superkondenzator vgrajen tako, da napaja samo vezje senzorja in ne druge elektronike, povezane s 24-voltno linijo. Diode »D« preprečujejo, da bi se to zgodilo, če je vezje v rezervnem načinu.

Sistem dobro deluje, vendar ga je lahko težko uvesti, ker uporablja več napetostnih pretvornikov. Izziv lahko predstavlja tudi omejen prostor. Slika 2 predstavlja alternativni pristop. Ta pristop uporablja en rezervni regulator, ki nadomesti več regulatorjev v vezju, prikazanem na sliki 1, kar prihrani prostor in poenostavi zasnovu.

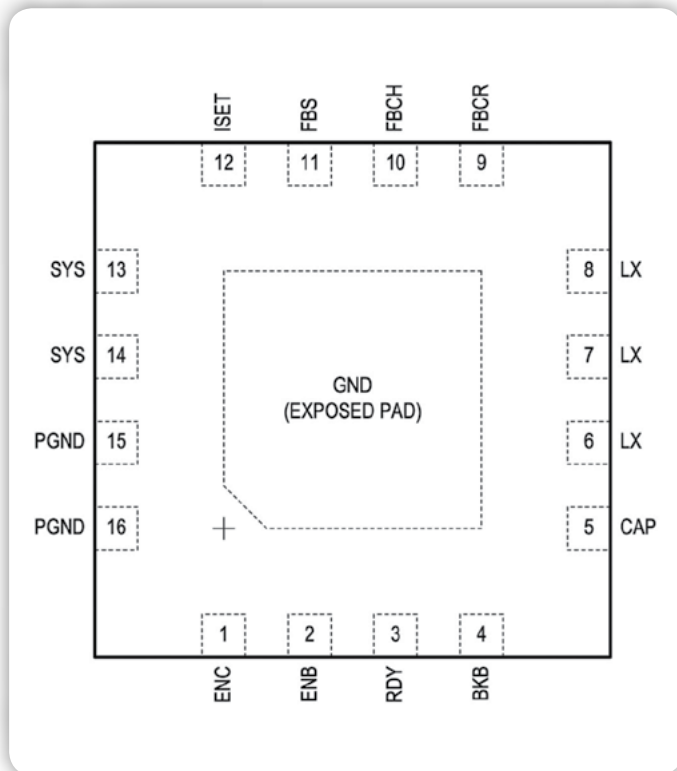
Integrirana rezervna rešitev

Koncept zasnove, prikazan na sliki 2, je mogoče uresničiti s preklopnim regulatorjem družbe Analog Devices MAX38889, ki deluje v načinu buck/boost. To je prilagodljiv in kompakten regulator za shranjevanje kondenzatorjev ali rezervno baterijo kondenzatorjev za učinkovit prenos energije med shranjevalnim elementom in sistemsko napajalno tirnico. Meri 3 x 3 milimetre (mm) in oddaja 2,5 do 5,5 volta (V_{SYS}) pri največjem toku 3 amperi (A) (I_{SYSMAX}) z vhoda superkondenzatorja (V_{CAP}) od 0,5 do 5,5 volta (slika 3). Območje delovanja regulatorja je od -40 do +125 °C.

Ko je prisotno glavno napajanje in je njegova napetost nad minimalno mejno sistemsko napajalno napetostjo, regulator



Slika 3: za UPS, ki temelji na regulatorju MAX38889, je I_{SYSMAX} za dani V_{SYS} odvisen od V_{CAP} . (Vir slike: Analog Devices)



Slika 4: zunanji pini MAX38889 omogočajo nastavitve največje napetosti superkondenzatorja V_{CAPMAX} , V_{SYS} ter največjega polnilnega in praznilnega toka induktorja; stanje rezervnega sistema lahko spremljate prek oznake RDY. (Vir slike: Analog Devices)

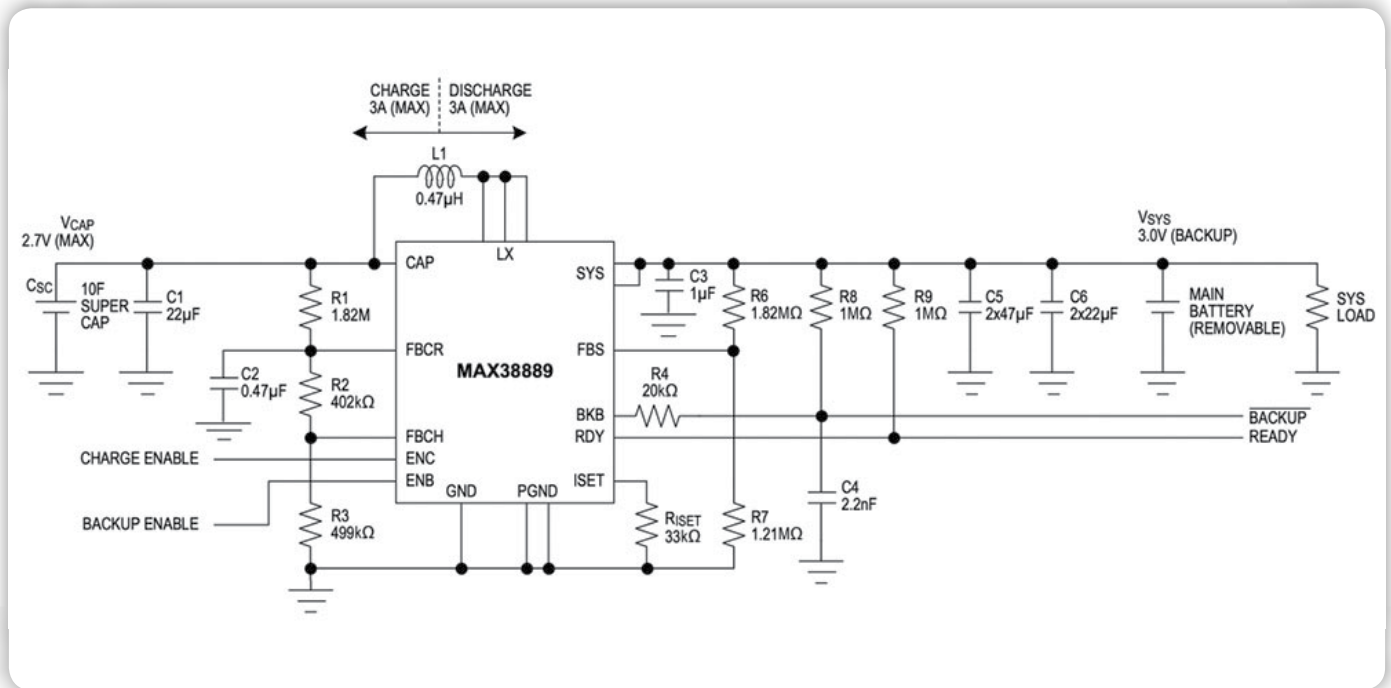
polni superkondenzator z največ 3 A in 1,5 A povprečnega indukcijskega toka. Ko je superkondenzator popolnoma napolnjen, porablja le 4 mikroampere (μA) mirujočega toka, medtem ko je v stanju pripravljenosti. Superkondenzator mora biti za rezervno delovanje popolnoma napolnjen.

Ko je glavno napajanje izključeno in je superkondenzator popolnoma napolnjen, regulator prepreči, da bi sistem padel pod nastavljeno varnostno delovno napetost sistema (V_{BACKUP}). To doseže tako, da poveča napetost praznjenja superkondenzatorja na V_{SYS} – regulirano sistemsko napetost. Med rezervnim delovanjem MAX38889 uporablja prilagodljivo, natančno shemo krmiljenja s pulzno frekvenčno modulacijo (PFM), ki je tokovno omejena.

Zunanji pini regulatorja omogočajo nadzor različnih nastavitvev, kot so največja napetost superkondenzatorja (V_{CAPMAX}), V_{SYS} , ter največji polnilni in praznilni tok induktorja.

MAX38889 implementira funkcijo True Shutdown, ki odklopi SYS od CAP in ščiti pred kratkim stikom SYS, če velja $V_{CAP} > V_{SYS}$. Polnjenje in varnostno kopiranje lahko onemogočite tako, da sta pina ENC in ENB nizka (slika 4).

Stanje rezervnega sistema lahko spremljate z dvema statusnima izhodoma: z oznako stanja pripravljenosti (RDY), ki označuje, kdaj je superkondenzator napolnjen, in oznako stanja varnostne kopije (BKB), ki označuje delovanje varnostne kopije.



Slika 5: prikazan je poenostavljena aplikacija vezja za UPS, ki temelji na regulatorju MAX38889. Superkondenzator se polni z največ 3 A največjega in 1,5 A povprečnega induktivnega toka. Med praznjenjem je največji induktivni tok 3 A. (Vir slike: Analog Devices)

Izbira superkondenzatorja

Slika 5 prikazuje poenostavljeno aplikacijo vezja za UPS, ki temelji na regulatorju MAX38889. VCAPMAX med polnjenjem določi uporni delilnik, ki vodi pin FBCH. V tem primeru vrednosti uporov R1 = 1,82 megaohmov (MΩ), R2 = 402 kiloohmov (kΩ) in R3 = 499 kΩ zagotavljajo, da je VCAPMAX nastavljeno na 2,7 volta. Superkondenzator se polni z največ 3 A največjega in 1,5 A povprečnega induktivnega toka. Med praznjenjem je največji induktivni tok 3 A.

Previdno je treba izbrati superkondenzator za rezervno delovanje. Kadar glavni vir napajanja odpove, napajanje zagotavlja MAX38889, ki deluje v rezervnem ali ojačevalnem načinu in kot vir energije uporablja superkondenzator. Moč, ki jo superkondenzator lahko zagotovi pri minimalni regulacijski napajalni napetosti, mora biti večja, kot jo potrebuje sistem.

MAX38889 zagotavlja neprekinjen donos moči superkondenzatorju, zaradi česar se porabi manj toka, ko deluje pri vrednostih blizu VCAPMAX. Vendar se pri praznjenju superkondenzatorja poveča tok, ki se črpa iz superkondenzatorja (in pade napetost), da se ohrani konstantna moč bremena. Energija, zahtevana v rezervnem načinu je produkt neprekinjene rezervne moči (V_{SYST} × I_{SYST}) v obdobju rezervnega delovanja (T_{BACKUP}).

Količina energije v džulih (J), ki je na voljo v superkondenzatorju (C_{SC}), je izračunana z enačbo 1:

$$E = \frac{1}{2} \times C_{SC} \times (V_{CAPMAX}^2 - V_{CAPMIN}^2)$$

Količina energije, potrebne za dokončanje rezervnega delovanja, je izračunana z enačbo 2:

$$E = V_{SYST} \times I_{SYST} \times T_{BACKUP}$$

Kjer je I_{SYST} tok bremena med rezervnim delovanjem.

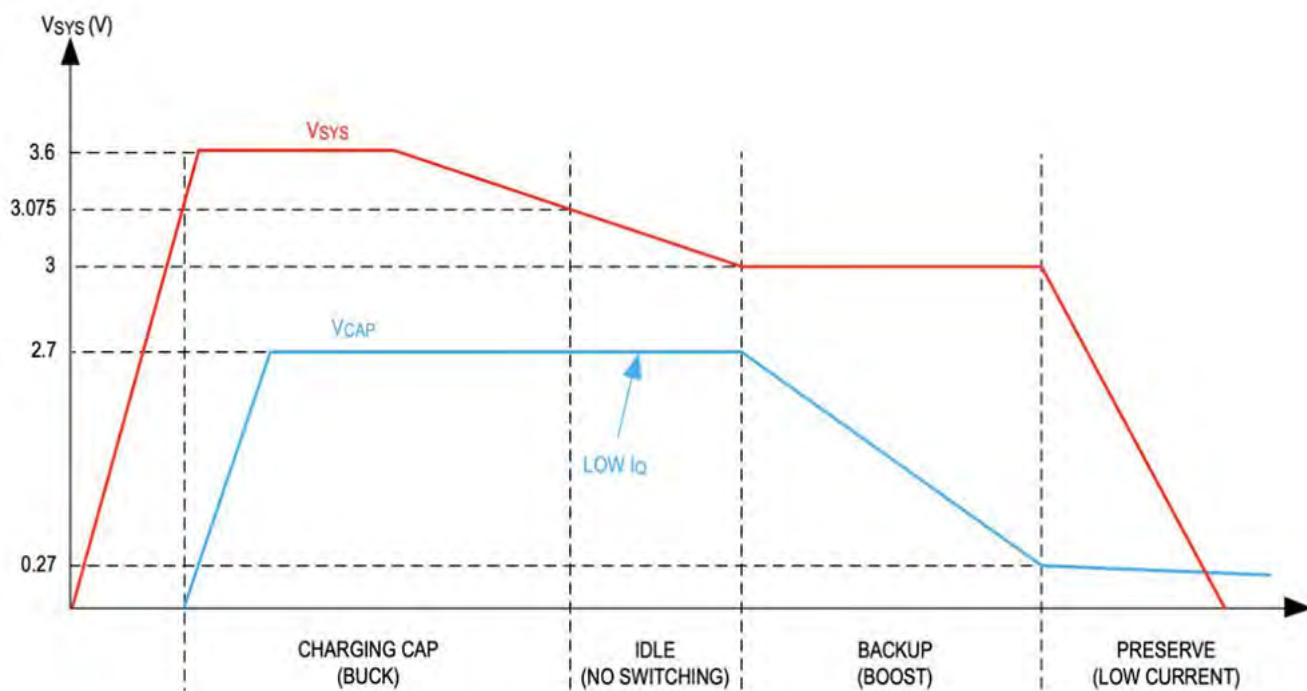
Ker energijo, ki je potrebna za obremenitev med rezervnim dogodkom, zagotavlja superkondenzator, se ob predpostavki izkoristka pretvorbe (η) in zahtevanem T_{BACKUP} zahtevana vrednost C_{SC} v faradih (F) določi z enačbo 3:

$$C_{SC} = \frac{2 \times V_{SYST} \times I_{SYST} \times T_{BACKUP}}{[(V_{CAPMAX}^2 - V_{CAPMIN}^2) \times \eta]}$$

Če kot primer uporabimo vezje, prikazano na sliki 5, ob predpostavki obremenitve sistema z 200 miliamperi (mA), povprečni učinkovitosti 93 % in rezervnem času 10 sekund (s), je najmanjša potrebna vrednost superkondenzatorja:

$$C_{SC} = \frac{2 \times 3.0V \times 0.2A \times 10s}{[(2.7V)^2 - (1.5V)^2] \times 0.93} = 2.56F$$

Slika 6 prikazuje krivulje polnjenja in praznjenja za aplikacijo vezja na sliki 5.



Slika 6: krivulje polnjenja in praznjenja za aplikacijo vezja na sliki 5. $V_{SYS} = 3,6$ volta, $V_{CAP} = 2,7$ volta, $V_{BACKUP} = 3$ volte. (Vir slike: Analog Devices)

Začetek z razvojno ploščo

Ocenjevalna plošča MAX38889AEVKIT# za upravljanje napajanja polnilnika kondenzatorjev zagotavlja prilagodljivo vezje za ocenjevanje rezervnega regulatorja buck/boost in testiranje UPS, ki temelji na regulatorju MAX38889 in superkondenzatorju. Zunanje komponente omogočajo širok razpon napetosti sistema in superkondenzatorja ter polnilnih in praznilnih tokov.

EVKIT VBACKUP upora R5 (1,21 M Ω) in R6 (1,82 M Ω) nastavitva na 3 volte, kjer je VFBS = 1,2 volta. To pomeni, da ko odstranite glavno baterijo in VFBS pade na 1,2 V, MAX38889 črpa energijo iz superkondenzatorja in uravnava VSYS na VBACKUP.

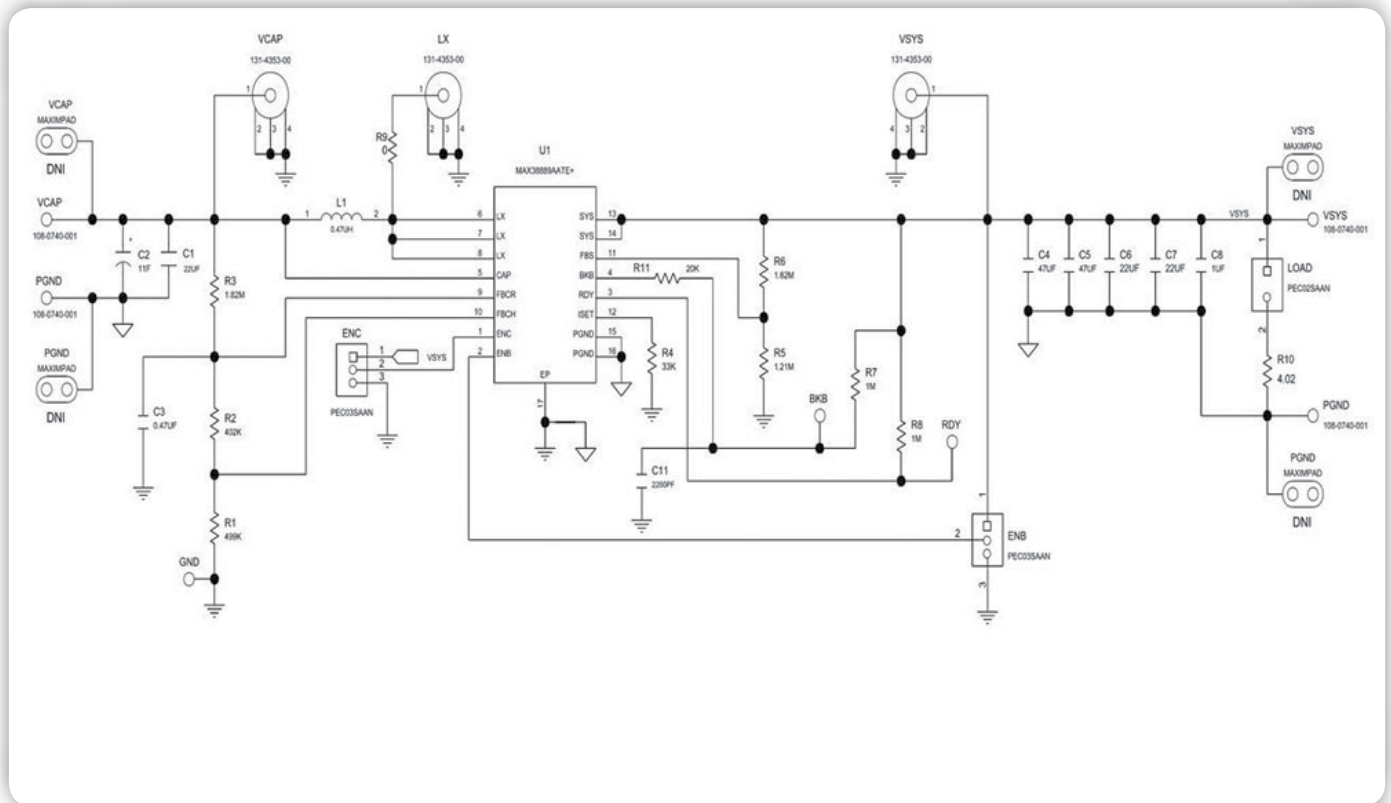
MAX38889A EVKIT zagotavlja testno točko RDY za spremljanje stanja polnjenja superkondenzatorja. Testna točka RDY je

Na plošči so vgrajeni trije šunti: ENC (omogočeno polnjenje), ENB (omogočeno rezervno polnjenje) in LOAD (slika 7). Če je bočnik ENC nastavljen v položaj 1-2, je polnjenje omogočeno, ko je VSYS nad pragom polnjenja. Če je šunt ENC nastavljen v položaj 1-2, je rezervno polnjenje omogočeno, ko VSYS pade pod prag rezervnega polnjenja. Bočnik LOAD lahko nastavite v položaj 1-2, da preklopite v preskusni način, pri katerem je obremenitev 4,02 ohma (Ω) priključena na VSYS in maso, da se simulira scenarij praznjenja. Plošča preide v normalni način delovanja, če je šunt povezan z le enim pinom.

Ko glavna baterija zagotavlja več kot minimalno sistemsko napetost, potrebno za polnjenje, regulator MAX38889 polni superkondenzator s povprečnim tokom 1,5 A. VFBS = 0,5 volta in upori so R1 = 499 k Ω , R2 = 402 k Ω ter R3 = 1,82 M Ω , zato je VCAPMAX = 2,7 volta.



Slika 7: komplet MAX38889AEVKIT zagotavlja fleksibilno vezje za ocenjevanje rezervnega regulatorja superkondenzatorja MAX38889 buck/boost. (Vir slike: Analog Devices)



Slika 8: prikazana je shema razvojne plošče MAX38889; deluje z 1.1 F superkondenzatorjem in zagotavlja testne točke za spremljanje VCAP, VSYS, RDY in BKB. (Vir slike: Analog Devices)

visoka, ko napetost pinov FBCR preseže prag napetosti FBCR 0,5 volta (določijo R1, R2 in R3). To pomeni, da je RDY visok, če VCAP preseže 1,5 volta. Podobno, ko superkondenzator zagotavlja rezervno napajanje, se zastavica RDY zniža, ko superkondenzator zagotavlja manj kot 1,5 volta.

Komplet EVKIT tudi zagotavlja testno točko BKB za nadzor stanja rezervnega sistema. Ko sistem zagotavlja rezervno napajanje, je BKB potegnjena navzdol, če se sistem polni ali je v stanju mirovanja, pa je potegnjena navzgor.

Upor (R4) določa največji induktivni tok med ISET in ozemljitvijo (GND). Vrednost upora 33 kΩ določa maksimalni

induktivni tok 3 A v skladu s formulo: zgornji polnilni tok (ILX_CHG) = 3 A x (33 kΩ/R4) (slika 8).

Zaključek

Superkondenzator se lahko uporablja kot element za shranjevanje energije za UPS. Običajne topologije UPS uporabljajo več regulatorjev napetosti, zaradi česar je njihova zasnova težavna, poleg tega pa zavzamejo veliko prostora. Integrirani pristop z regulatorjem buck/boost olajša te zasnovne izzive, saj več konverterjev in polnilnih vezij nadomesti z eno samo kompaktno komponento.

<https://www.digikey.com>



ESP8266
in
ESP32
V PROJEKTI

Nova knjiga za PROGRAMERJE

KUPI ZDAJ!

Vektorsko krmiljenje elektromotorjev

UM FERI

Avtor: Primož Kosi

E-pošta: primoz.kosi@um.si

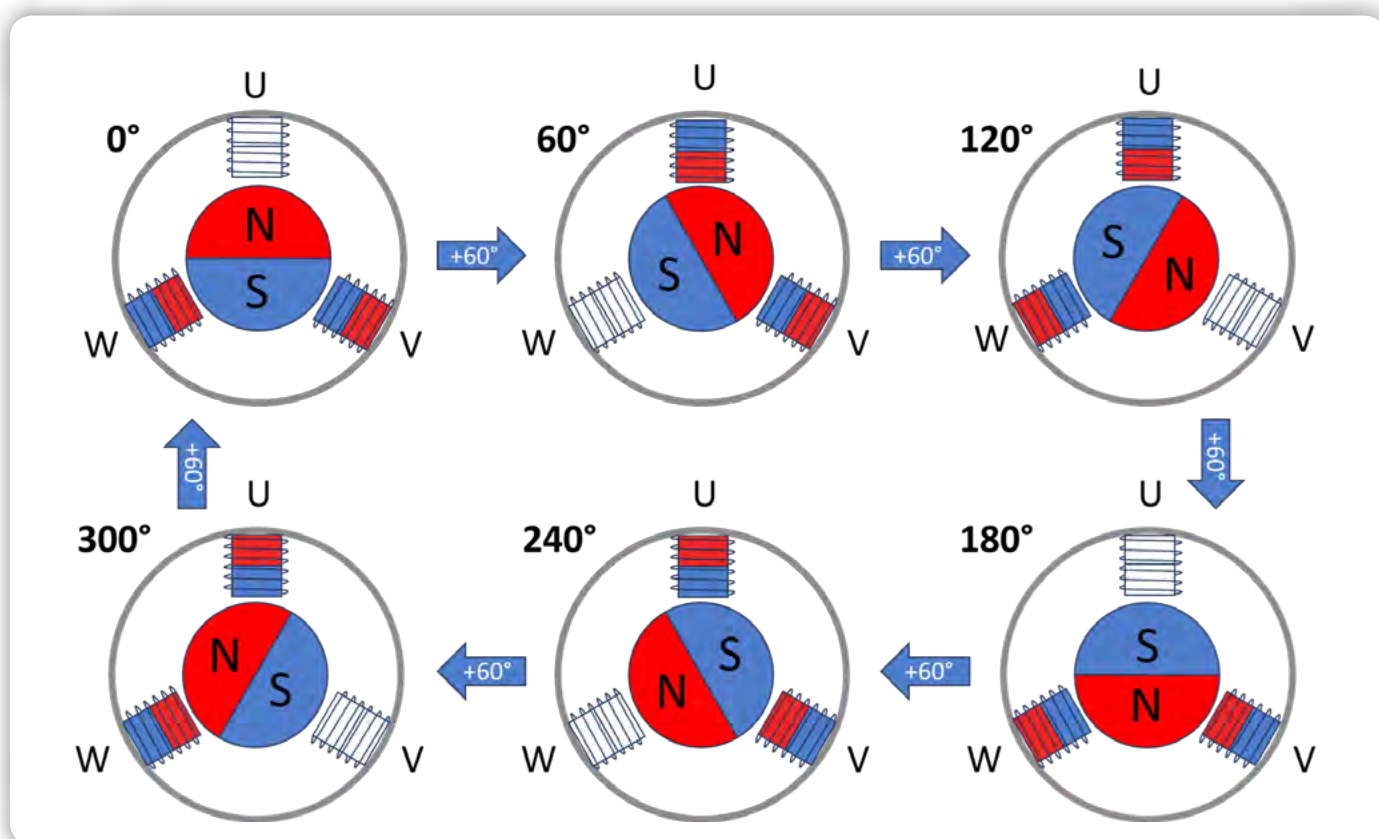
Razvoj in avtomatizacija opravil tako v industriji kot v prostočasnih dejavnostih in domačih opravilih, vključuje vedno več električnih pogonov, ki jih je potrebno bolj ali manj natančno krmiliti.

Vedno bolj so uveljavljeni brezkrtačni motorji, ki so tišji, se manj segrevajo in imajo bolj natančno delovanje. Z vektorskim krmiljenjem motorjev lahko še dodatno izboljšamo izkoristek, še posebej pri višjih vrtljajih. Zaradi večjega izkoristka imajo motorji manj termičnih izgub in se posledično manj segrevajo. S sodobnimi načini krmiljenja in naprednimi krmilnimi algoritmi se lahko pozicija rotorja natančneje določi in s tem je tudi delovanje motorja natančnejše in primerno za specifične aplikacije, kjer je natančnost ključnega pomena. Vektorsko vodenje BLDC (Brushless DC) motorjev ima kompleksnejšo izvedbo, zato je razvoj temu primerno tudi dražji in primeren zgolj za zahtevnejše aplikacije, ki lahko opravičijo višje stroške sistema.

Osnovne značilnosti in prednosti

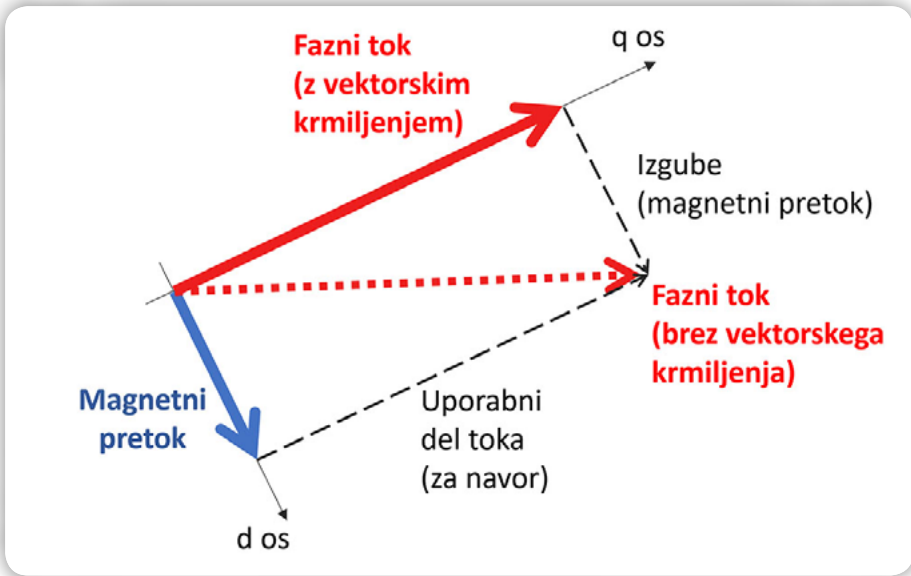
Vektorska regulacija je napredna matematična metoda za krmiljenje trifaznih enosmernih motorjev. Sistem je zgrajen s

povratno vezavo, preko katere se prepoznava trenutna pozicija rotorja in meri trenutne fazne tokove. Za regulacijo je potrebno poznati pozicijo rotorja oziroma trajnega magneta in magnetno polje, ki nastane zaradi tokov skozi tuljave elektromagnetov. Elektromagneti se pri BLDC motorjih nahajajo na statorju, zato ni potreben prenos električne energije na rotor in s tem je odpravljena potreba po ščetkah. Vektorska regulacija je ena izmed metod ustvarjanja vrtilnega magnetnega polja z elektromagneti na statorju. S spreminjanjem toka v navitjih spreminjamo smer vektorja magnetnega polja in posledično navor motorja (Slika 1). Navor ustvarja samo pravokotna sila glede na pozicijo trajnega magneta v rotorju. Statorski tok lahko razdelimo na dve komponenti in opišemo z ortogonalnima vektorjema. Ena komponenta je pravokotna na smer magnetnega polja rotorja in predstavlja navor, druga komponenta, ki je vzporedna s smerjo magnetnega polja rotorja, pa predstavlja magnetni pretok (Slika 2). Cilj krmiljenja je povečati navor in zmanjšati njegovo ortogonalno komponento – magnetni pretok.



Slika 1: Delovanje BLDC motorja.

Poznamo tudi enostavnejše metode regulacij, kot je vodenje s pomočjo Hallovih senzorjev, ki imajo slabši izkoristek zaradi manjšega števila prepoznanih pozicij rotorja in predvsem oblike toka, ki se spreminja po naprej določenem vzorcu (pravokotna oblika, trapezoidna oblika, ipd.). S tem lahko vplivamo le na hitrost vrtenja, ne pa na navor. Kot med komponento toka, ki predstavlja navor, in vektorjem magnetnega polja rotorja mora biti 90° , da dosežemo največji izkoristek. Pri krmiljenju s pomočjo Hallovih senzorjev se omenjeni kot s pravilnim krmiljenjem spreminja med 60° in 120° , kar povzroča nihanje navora. Razlog za spreminjanje kota je omejeno število pozicij, ki jih lahko prepoznamo (Slika 3). Na sliki 3 je prikazan primer regulacije s trapezoidnim spreminjanjem faznih tokov.

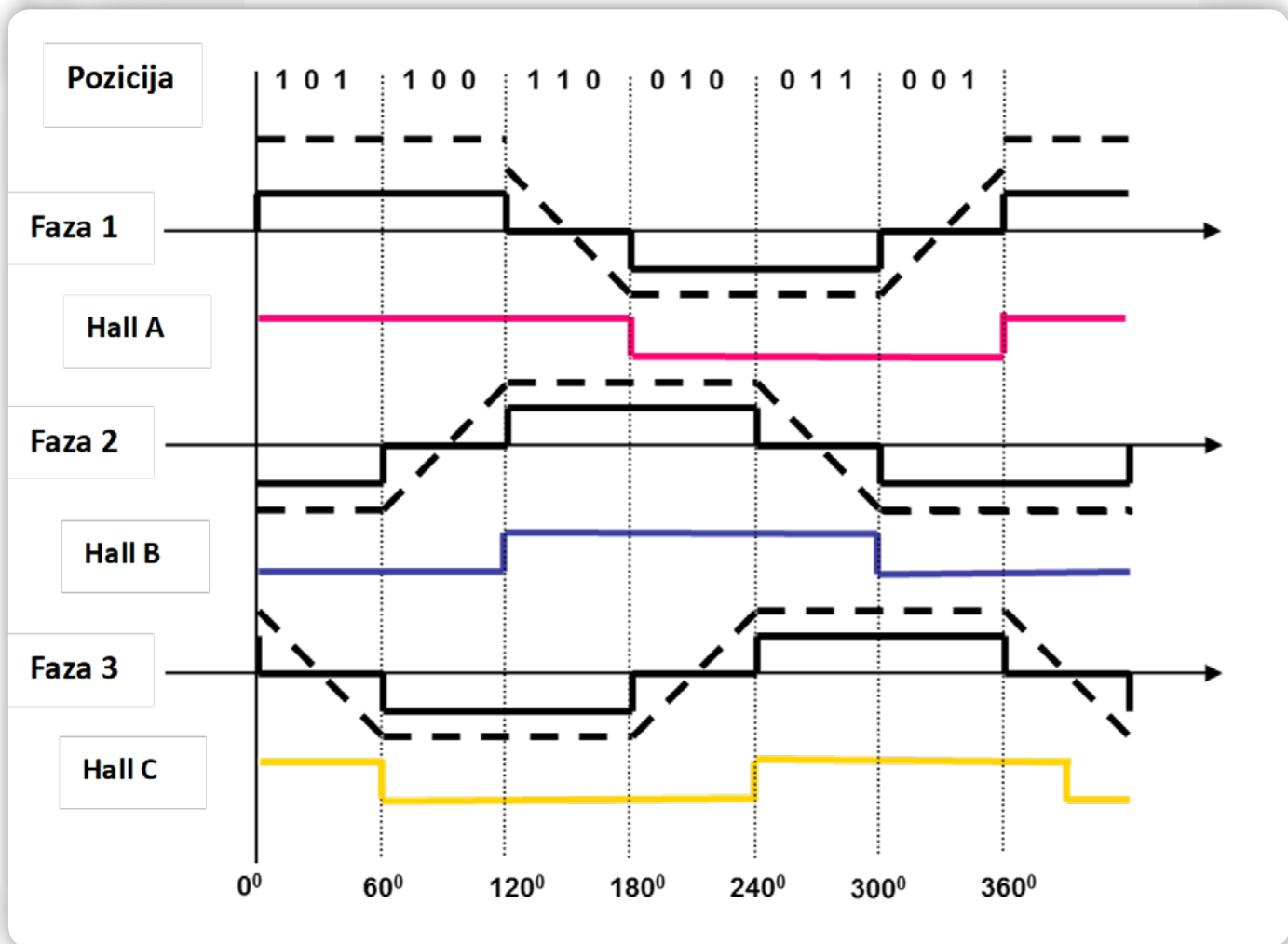


Slika 2: Vektorske komponente faznih tokov.

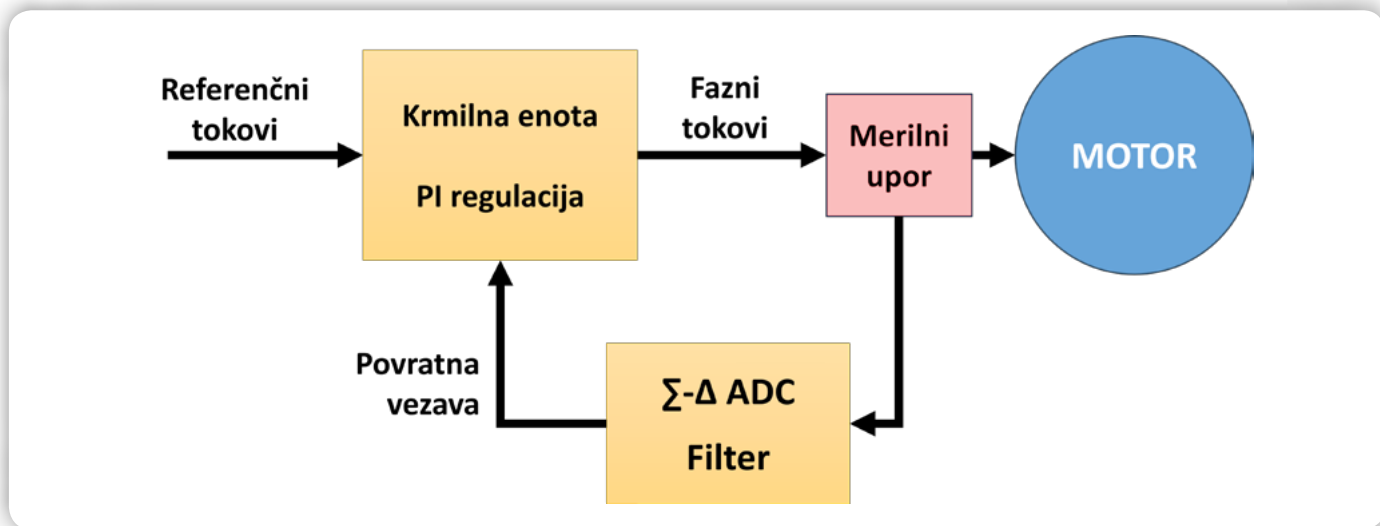
Princip delovanja

Glavna značilnost sistema je merjenje tokov v posameznih fazah, ki jih preko povratne zanke primerjamo z referenčnimi

vrednostmi in glede na razliko spreminjamo krmilne signale. Tokovi se lahko merijo na več načinov. Natančneje bo opisana metoda z merilnim uporom in sigma-delta analogno digitalnim pretvornikom. Zaradi načina delovanja pretvornika je potrebno izhod še filtrirati (Slika 4).



Slika 3: Pozicije rotorja glede na Hallove senzorje in fazne tokove.



Slika 4: Osnovna blokovna shema delovanja.

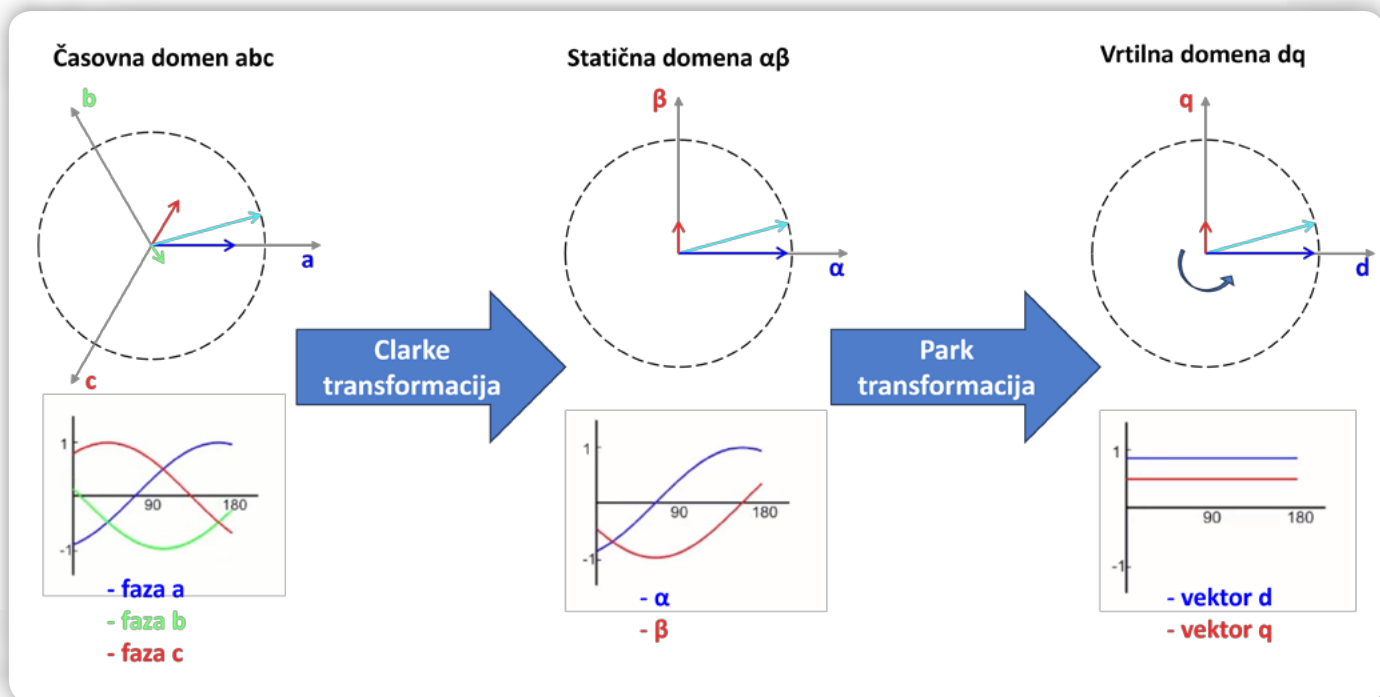
Meritve treh faz motorja je treba predstaviti z dvema pravokotnima vektorjema, q in d . Pri krmiljenju elektromotorjev se za to pogosto uporabljata Clarke in Park transformaciji. Clarke transformacija pretvori tri fazne tokove iz časovne domene abc v statično domeno ortogonalnih vektorjev α in β . Tako se predstavitev tokov iz treh zmanjša na predstavitev z dvema vektorjema, ki se sinusno spreminjata. Park transformacija pretvori statična vektorja α in β v rotirajoča se vektorja d in q . Vrtilna hitrost vektorjev je enaka vrtilni hitrosti motorja, zato sta vrednosti vektorjev d in q konstantni. Transformaciji sta predstavljeni na spodnji sliki (Slika 5).

drugim pa magnetni pretok (vektor d). Regulacija poteka glede na trenutno pozicijo motorja, zato je potreben Hallov senzor, za določanje absolutne pozicije rotorja. Navor lahko tako določimo iz razlike pozicij rotorja in magnetnega polja statorja. Za največji izkoristek je potrebno komponento magnetnega pretoka d zmanjšati na 0, tokovno komponento q pa prilagajamo glede na želen navor (Slika 2).

Merjenje toka z uporabo sigma-delta ADC-ja

Vektorska kontrola je sestavljena iz dveh PID regulatorjev za rotirajoči pravokotni komponenti toka d in q . Z enim reguliramo vektor statorskega toka (vektor q), ki ustvarja magnetno polje pravokotno na pozicijo rotorja oziroma navor motorja, z

Vektorska regulacija temelji na spreminjanju toka statorskih elektromagnetov, s katerimi se ustvarja vrtilno magnetno polje. Dejanski tok je potrebno izmeriti in ga primerjati z danimi zahtevami. Za merjenje toka se uporablja več metod.



Slika 5: Predstavitev faznih tokov v različnih domenah (Clarke in Park transformaciji).



Slika 6: Blokovna shema povratne zanke.

V nadaljevanju bo natančneje predstavljen način merjenja z merilnimi upori v kombinaciji s sigma-delta ADC (analogno digitalnega pretvornika). Metoda je primerna za visoko natančne in učinkovite sisteme. Hkrati je izvedena tudi galvanska ločitev krmilnega sistema in motorja. Pri uporabi AD pretvornika je potrebno dodati še demodulacijo v obliki filtra. S primernim filtrom in decimacijo lahko pri visoki frekvenci vzorčenja dosežemo visoko natančnost sistema. Tipično se uporabljajo FIR filtri kot na primer sinc filter tretjega reda.

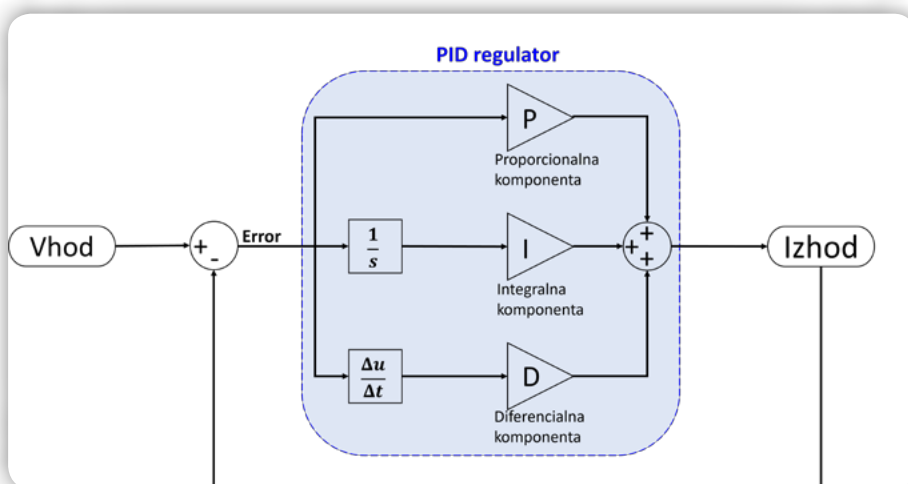
Ko motor krmilimo s preklapljanjem enosmerne napetosti, lahko tok predstavimo z dvema komponentama, povprečno vrednostjo in nihanjem okoli nje. Za krmiljenje je pomembna samo povprečna vrednost. Najpreprostejši način določanja povprečne vrednosti je vzorčenje signala na začetku in v sredini periode, ko je vrednost enaka povprečni vrednosti. Težava, ki se lahko pojavi pri slabi sinhronizaciji vzorčenja je odmik dejanske vrednosti. To se zgodi, če perioda vzorčenja ni popolnoma enaka periodi signala, saj se takrat ne vzorči v točkah povprečne vrednosti. Za tak način so primerna sample-and-hold vezja (vzorči in zadrži), ki vrednost zajamejo in jo do naslednjega pulza vzorčenja zadržijo. Pri sigma-delta pretvornikih se signal vzorči ves čas, zato je potreben drugačen pristop iskanja povprečne vrednosti. Izhodni podatek pretvornika je le eno-bitna vrednost, zato je za meritve potreben časovni interval. Postopek pretvorbe je zahtevnejši in je sestavljen iz več elementov. Najprej se signal pretvori v 1-bitni podatek s pomočjo sigma-delta analogno digitalnega pretvornika. Zaporedje izhodnih bitov je potrebno demodulirati (filtrirati

in decimirati). Signal se najprej filtrira in na izhodu dobimo večbitne vzorce signala. Nato je potrebna še decimacija, ki zmanjša število vzorcev, da dobimo primerno resolucijo za obdelavo. S pomočjo sinc filtra se postopek demodulacije izvede v enem koraku. Filter se lahko izvede s pomočjo strojnega jezika na FPGA vezjih ali programsko na mikroprocesorju.

Za dobro regulacijo so pomembne časovne zakasnitve, ki so del vsake povratne vezave. Visoka frekvenca vzorčenja sigma-delta pretvornika v sistemu ustvari

zanemarljivo majhen časovni zamik. Nasprotno velja za filter, ki s svojim delovanjem povzroča časovni zamik. Impulzni odziv filtra kaže, da izhod ni odvisen samo od trenutnega vhoda ampak tudi od prejšnjih vhodov in izhoda. Izhod filtra je vsota omenjenih vrednosti z različnimi utežmi. Pri sinc filtru imajo vrednosti v sredini vzorčne sekvence največje uteži, kar je potrebno upoštevati pri sinhronizaciji vzorčenja s signalom. Kot že omenjeno, pomembna je samo povprečna komponenta toka, ki jo lahko vzorčimo na začetku in v sredini periode, ko je vrednost izmenične komponente enaka 0. Izmenična komponenta toka je simetrična okrog povprečne vrednosti. Potrebno je uskladiti sredino vzorčne sekvence z začetkom in sredino periode vzorčnega signala. Pri takem vzorčenju bo pred točko povprečne vrednosti in po njej enako število vzorcev. Če upoštevamo, da je izmenična komponenta okrog te točke simetrična, se bo izmenična komponenta odštela, rezultat pa bo povprečna vrednost toka. Z dobro sinhronizacijo vzorčenja preprečimo lezenje merjene vrednosti.

Za dobro sinhronizacijo je potrebno definirati primerno dolžino impulznega odziva. Z dolžino odziva je znan čas, da vzorčen podatek dobimo na izhodu filtra. Impulzni odzivi se ne smejo prekrivati. V času ene periode izmenične komponente toka signal dvakrat doseže vrednost 0. Ker je potrebno tok meriti v točki, ko le ta doseže povprečno vrednost, se izvedeta dve sekvenci vzorčenja, zato mora biti čas dveh sekvenc vzorčenja manjši od ene periode izmenične komponente toka.

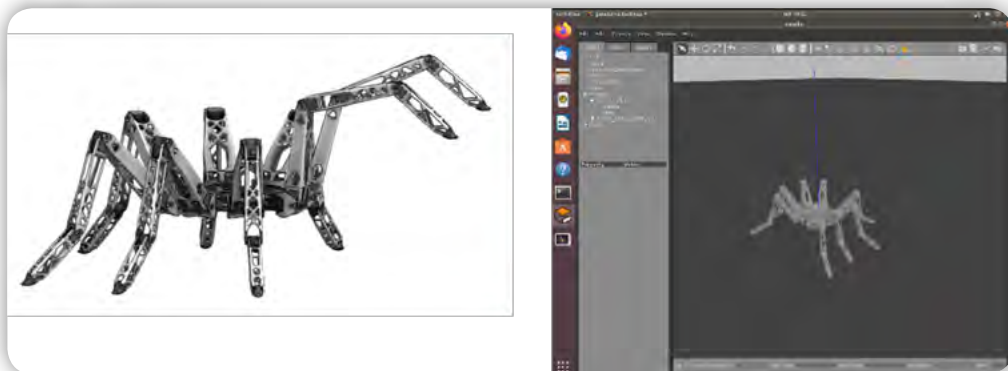


Slika 7: Blokovna shema PID regulatorja.

PID regulacija

Vhodni tok je potrebno čim bolj približati željenim vrednostim. PID regulatorji so eni najbolj uporabljenih regulacijskih metod na različnih področjih. Njihovo delovanje je robustno, izvedba pa preprosta. Vsaka regulacija predstavlja nov problem za načrtovalca, saj so za PID regulator potrebne specifične nastavitve za vsak sistem posebej. Z nastavitvami regulatorja vplivamo na hitrost odziva, prenehaj, dolžino prehodnega pojava, kakšne posledice prinašajo zunanji dejavniki in podobno. Sestavljeni so iz treh komponent: proporcionalne, integralne in diferencialne. Pri iskanju najboljšega odziva se nastavljajo uteži posameznih

komponent P, I in D. Njihovi vplivi se na koncu seštejejo (Slika 7). Večina PID regulatorjev je sestavljenih samo iz komponente P. Omejeni smo z linearnostjo sistema, saj s PID regulatorji lahko upravljamo samo linearne sisteme. Pri kompleksnejših sistemih je najprej potrebna linearizacija sistema.

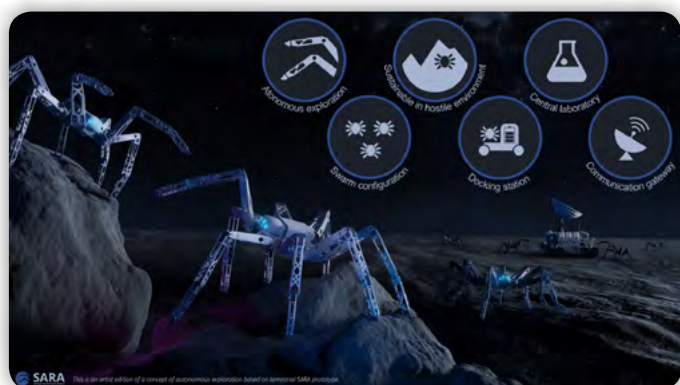


Nastavitev pravih uteži se **Slika 9: Fizikalni simulator za SARA-o.**

začne s proporcionalno komponento, ki jo povečujemo, dokler je sistem stabilen. S povečevanjem dosežemo večjo strmino in s tem hitreje sledenje na izhodu regulacijske zanke. Z mejo stabilnosti dosežemo največjo vrednost uteži komponente P, ki jo nato zmanjšamo na polovico njene vrednosti. Sledi nastavitev integralne komponente. S povečevanjem komponente I manjšamo statično napako med referenčno vrednostjo in reguliranim izhodom. Če je utež prevelika, lahko pride do velikega prenehaja in posledično še oscilacij, saj integracijska komponenta prišteva napako že na začetku, ko je razlika med signaloma lahko velika. Diferencialna komponenta lahko zmanjša prenehaje, vendar je zelo občutljiva na motnje, zato se po navadi ne uporablja. Oscilacije se poskušajo zmanjševati z izboljšavami v samem sistemu.

Krmiljenje elektromotorjev za vesoljske aplikacije - SARA (Slovenian Arachnid Robot Adventurer)

V laboratoriju za elektronske in informacijske sisteme (LEIS) v sodelovanju s podjetjem Sky Labs in Domel razvijamo prvega slovenskega vesoljskega robota SARA. Podjetje Sky Labs kot primarni izvajalec izvaja krovni razvoj platforme SARA, v sodelovanju s podjetjem Domel pa se izvaja razvoj pogonskih sklopov. Eden ključnih elementov bodo elektromotorji za premikanje. Za njihovo delovanje se razvija zgoraj opisana vektorska regulacija. Robot z nogami odpravi veliko težav konceptov s kolesi, še posebej na področju vesoljskih raziskav planetov in lun, pri katerih so kolesni sistemi pogosto ključen faktor



Slika 8: Koncept SARA.

odpovedi misij. Prilagodljiv je za različne znanstvene aplikacije raziskovanja in predstavlja tehnološko rešitev za nadaljnje znanstvenoraziskovalne misije. SARA s svojimi 32 prostorskimi stopnjami zagotavlja prilagajanje različnim terenom, kar omogoči visoko stopnjo avtonomije pri raziskovanju. Za simulacijo realnega fizikalnega okolja in interakcijo celovite kinematike SARA se uporablja simulacijsko okolje Gazebo, ki omogoča testiranje zmogljivosti, algoritmov koordinacije, navigacije in nadzora na različnih vrstah naključno ustvarjenih ali resničnih pokrajin. Laboratorij se sicer lahko pohvali z izdelavo in uspešnim delovanjem dveh slovenskih nanosatelitov TRISAT in TRISAT-R v vesolju. Poleg vesoljskih tehnologij pa se laboratorij ukvarja še s tehnologijami na področjih vgrajenih sistemom, brezžične komunikacije, mikroelektronike, mikrobiologije in biokemije.

Viri:

- 1. GOODWIN, Damond. *Field-oriented Control (Vector Control) for Brushless DC Motors*. *Control Automation*, 19. marec, 2023, (<https://control.com/technical-articles/field-oriented-control-vector-control-for-brushless-dc-motors/> 26.2.2024).
- 2. SORENSEN, Jens. *Sigma Delta Conversion Used for Motor Control*. *Analog Devices*, 1. avgust, 2015, (<https://www.analog.com/en/resources/technical-articles/sigma-delta-conversion-used-for-motor-control.html> 26.2.2024).
- 3. BAERT, Matthais. *How to tune a PID controller*. *Marple*, (<https://www.marpledata.com/blog/how-to-tune-a-pid-controller> 26.2.2024).
- 4. SORENSEN, Jens, O'SULLIVAN, Dara, O'MEARA, Shane. *Part 1: Optimized Sigma-Delta Modulated Current Measurement for Motor Control*. *Analog Devices*, Vol 53, No 4, oktober, 2019, (<https://www.analog.com/media/en/analog-dialogue/volume-53/number-4/optimized-sigma-delta-modulated-current-measurement-for-motor-control.pdf> 26.2.2024).
- 5. SORENSEN, Jens, O'MEARA, Shane, O'SULLIVAN, Dara. *Part 2: Optimized Sigma-Delta Modulated Current Measurement for Motor Control*. *Analog Devices*, Vol 53, No 4, november, 2019, (<https://www.analog.com/media/en/analog-dialogue/volume-53/number-4/optimized-sigma-delta-modulated-current-measurement-for-motor-control-part-2.pdf> 26.2.2024).

<https://www.um.si>



Zavarovalnice in zbiranje podatkov

Ko zavarovalnice podatke o vožnji uporabijo za prilagajanje višine zavarovalne premije
KAKŠNO JE STANJE V SLOVENIJI?



VOJNA ČIPOV

Kako je nekdanja Sovjetska zveza znala izdelati popolne kopije zahodnih integriranih vezij.

**Monitor
PRO**

MONITORPRO:

- Računalništvo v oblaku
- Podatkovni centri
- IT-infrastruktura

Vojna čipov | Varnost v Linux | Učenje programiranja | Povezovanje pametnih naprav | Ustavimo globoke ponaredke | Miti o Linux | eSIM v praksi

Monitor
www.monitor.si

Geekcreit UNO R3 starter kit (8) - integrirano vezje HC595

Avtorja: Vladimir Mitrović in Robert Sedak

Email: vmitrovic12@gmail.com

V tem nadaljevanju bomo pokazali, kako si lahko pomagamo, kadar nam na Arduino UNO ploščici zmanjka svobodnih priključkov (Nadaljevanje iz št. 325)!*

Od prvega nadaljevanja vemo, da se na Arduino UNO ploščici nahaja mikrokontroler ATmega328P, ki ima 20 vhodno-izhodnih priključkov: posledično ima tudi Arduino UNO isto število vhodno-izhodnih priključkov. To je bilo več kot dovolj v vseh naših projektih, ni pa si težko zamisliti situacije, v kateri bi nam dobro prišel še kakšen priključek. V takšnem primeru nam bo pomagalo integrirano vezje kot HC595 (s polnim imenom, SN74HC595N) iz Geekcreit kompleta.

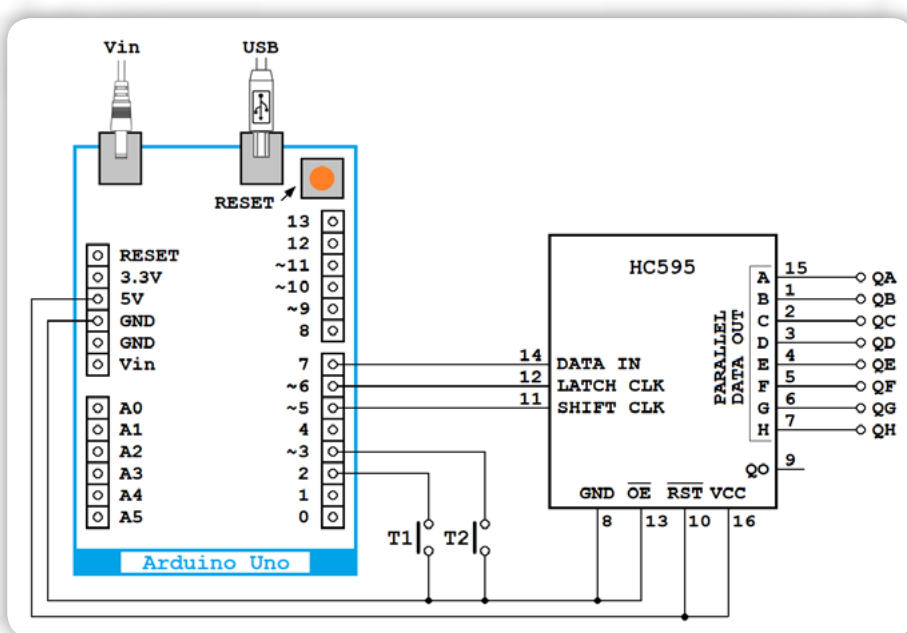
HC595

HC595 vsebuje 8-bitni pomični register, ki se bit po bit polni preko serijskega vhoda DATA IN. V trenutku, ko se na SHIFT CLK vhodu pojavi vhodna stopnica clock impulza, se bo trenutna vsebina registra premaknila za eno mesto, da bi se lahko v "osvobojen" bit prebral novi podatek z DATA IN vhoda. Pomični register ima serijski izhod QS (na katerega se lahko poveže naslednji HC595) in 8 paralelnih izhodov, QA-QH). Pomični register ni trajno povezan s paralelnimi izhodi, pač pa se podatek iz njega prenaša na izhode v trenutku, kadar se na LATCH CLK vhodu pojavi vhodna stopnica clock impulza.

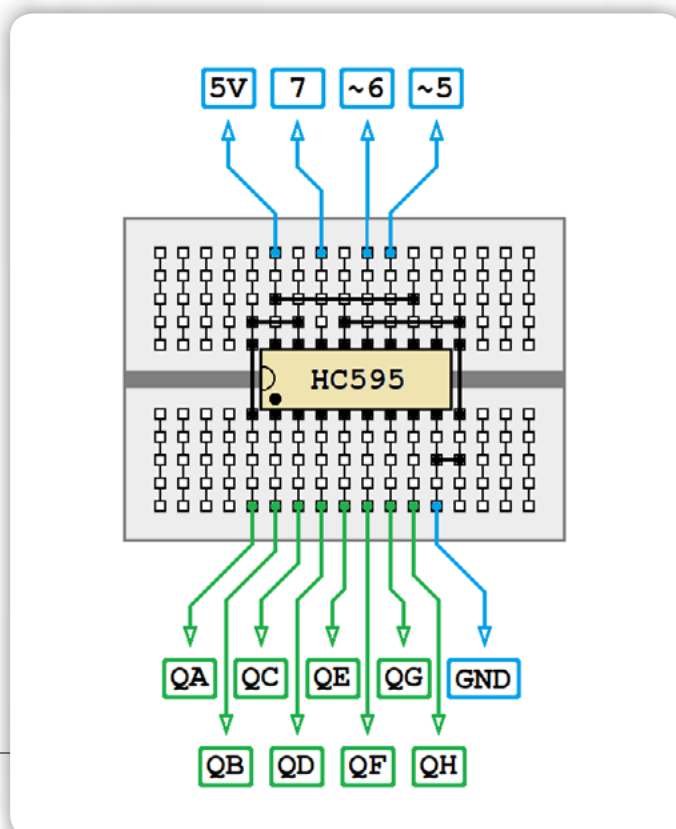
V literaturi boste našli različne oznake priključkov HC595 čipa; v tekstu smo uporabili enake tistim na shemi na sliki 53. Shema hkrati kaže, kako lahko HC595 povežemo z Arduino UNO ploščico. Preostala dva krmilna priključka HC595 čipa, output enable (OE) in reset (RST), smo fiksno povezali na GND in VCC.

Program v mikrokontrolerju mora iz 8-bitnega podatka izločiti bit po bitu in jih postavljati na priključek 7. Za vsak postavljeni bit na priključku 5 mora generirati kratkotrajni pozitivni impulz, da bi HC595 lahko prebral novi bit v svoj pomični register. Po poslanih vseh 8 bitov je na priključku 6 treba generirati kratkotrajni pozitivni impulz, da bi HC595 prenesel 8-bitni podatek iz pomičnega registra na svoje paralelne izhode. Prvi poslani bit bo postavljen na izhod QH, zadnji osmi pa na QA. HC595 je zelo hiter: pri 5V napajalni napetosti je maksimalna clock frekvenca lahko višja od 10 MHz.

Slika 54: Tako bomo postavili integrirano vezje HC595 na majhno testno ploščico.



Slika 53: Tako bomo povezali integrirano vezje HC595 z Arduino UNO ploščico.



Shemo, ki je prikazana na sliki 53, bomo uporabili kot krmilni center za vse programske naloge iz tega nadaljevanja. Sam HC595 bomo namestili na majhno testno ploščico po risbi na sliki 54. Modro obarvane povezave vežemo na istoimenske priključke Arduino UNO ploščice. Zeleno obarvane povezave so izhodni priključki, na katere bomo povezovali ostale komponente, v skladu s postavljenimi nalogami.

Kot ilustracijo uporabe HC595 čipa bomo napravili vezje po shemi na sliki 55: katode osem svetlečih diod smo povezali preko uporov upornosti 1 kΩ na njegove paralelne izhode, medtem ko so njihove anode vezane na pozitivni pol napajalne napetosti. Čež neko LED-ico bo stekel tok in LED-ica bo zasvetila, ko bo pridružen izhodni priključek v stanju logične ničle.

Risba na sliki 56 kaže, kako lahko postavimo LED-ice in tipke na veliko tiskano ploščico in kako jih povežemo s HC595 čipom in z Arduino UNO ploščico. Z modro barvo so obarvane povezave proti Arduino UNO ploščici, z zeleno pa povezave proti HC595 čipu na mali testni ploščici.

15. programska naloga

Napišite program "premikajoče luči" za vezje na slikah 53-56, a katerim bomo vklopjali LED-ice na naslednji način:

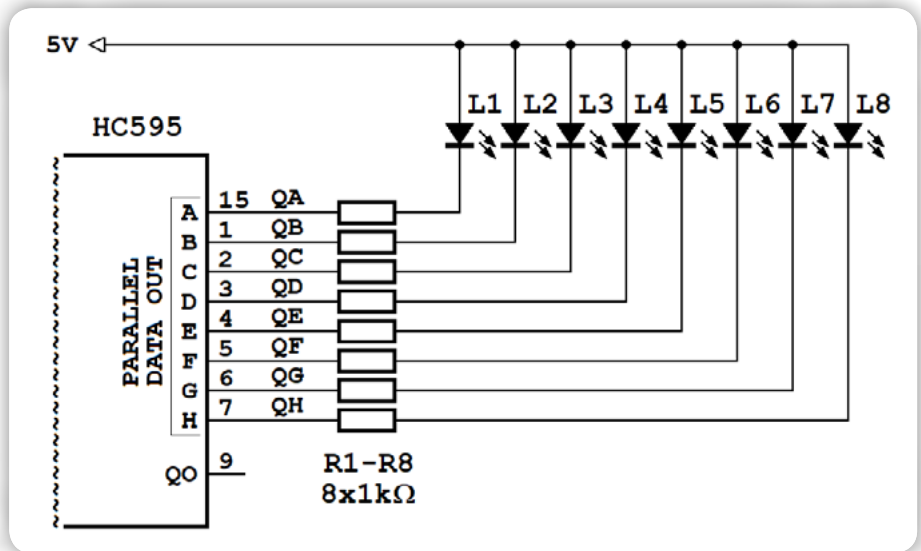
- na začetku programa mora svetiti samo LED-ica L1;
- dokler držimo pritisnjeno tipko T1, se morajo LED-ice vklopjati po vrsti L1>L2>...>L8, in nato ponovno od L1 proti L8;
- dokler držimo pritisnjeno tipko T2, se morajo LED-ice prižgati v obratnem vrstnem redu, od trenutno vklopljene LED-ice proti L1, in nato ponovno od L8 proti L1;
- sprememba prikaza se dogaja enkrat v sekundi.

Arduino rešitev (program Geekcreit_15.ino)

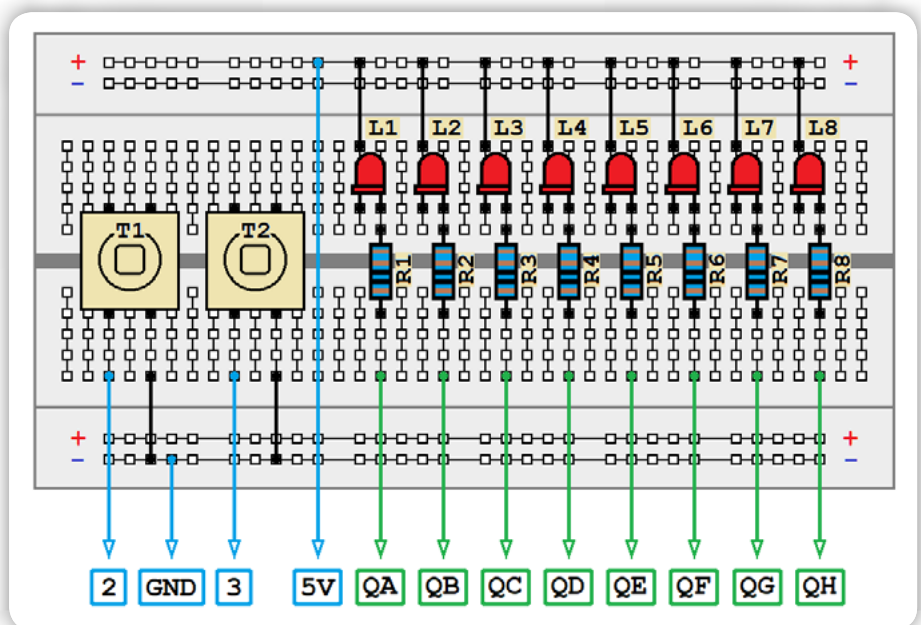
Da bi elegantno rešili to nalogo, bomo napisali lastno funkcijo za vklopjanje LED-ic; poimenovali jo bomo displayLED() in jo namestili na koncu našega programa. Funkciji damo en parameter, led vrste byte, s pomočjo katerega definiramo katero LED-ico je treba vklopiti.

V funkciji najprej definiramo polje LEDSD[], v katerem opisujemo vse razporede LED-ic:

```
void displayLED(byte led) {
```



Slika 55: Vezava LED-ic na izhode integriranega vezja HC595.



Slika 56: Tako bomo postavili LED-ice in tipke na veliko testno ploščico.

```
// 12345678
const byte LEDSD[] = {B01111111, // L1
B10111111, // L2
B11011111, // L3
B11101111, // L4
B11110111, // L5
B11111011, // L6
B11111101, // L7
B11111110}; // L8
```

Prvi podatek, s indeksom 0, ustreza kombinaciji v kateri je vklopljena dioda L1, podatek z indeksom 1 ustreza kombinaciji, v kateri je vklopljena dioda L2 itd. Nato Arduino priključek, ki je vezan na LATCH CLK vhod HC595 čipa, postavljamo v stanje logične ničle:

```
digitalWrite(latchPin, LOW);
```


Podatke bomo poslali v pomični register HC595 čipa s pomočjo funkcije `shiftOut()`, ki sprejme štiri parametre:

- *dataPin vrste int - priključek Arduina, ki je vezan na DATA IN vhod HC595 čipa,*
- *clockPin vrste int - priključek Arduina ki je vezan na SHIFT CLK vhod HC595 čipa,*
- *bitOrder - določa vrstni red pošiljanja bitov in*
- *value vrste byte - podatek, ki se pošilja v HC595.*

Da bi podatke iz polja `LEDS[]` uskladili z načinom, na katerega so LED-ice povezane na izhode HC595 čipa, bomo podatke poslali od najmanj važnega bita (parameter `bitOrder = LSBFIRST`):

```
shiftOut(dataPin, clockPin, LSBFIRST,
LEDS[led]);
```

Potem, ko je funkcija `shiftOut()` poslala vseh 8 bitov, bomo postavili `LATCH CLK` vhod HC595 v stanje logične enice:

```
digitalWrite(latchPin, HIGH);
}
```

Po sprejemu tega signala bo HC595 prenesel podatke iz pomičnega registra na svoje izhode in tako vklopil ustrezno kombinacijo LED-ic.

Poglejmo sedaj, kako je napisan glavni program! Najprej bomo definirali spremenljivke z imeni komponent in ustreznimi priključki, priključke za krmiljenje s HC595 čipom in spremenljivko `led`, ki predstavlja indeks polja `LEDS[]`:

```
const byte T1 = 2;
const byte T2 = 3;
const byte clockPin = 5;
const byte latchPin = 6;
const byte dataPin = 7;
byte led = 0;
```

V funkciji `setup()` konfiguriramo priključka, na katera sta vezani tipki `T1` in `T2`, kot vhodne z vklopljenimi pull-up upori in priključki za komunikacijo s HC595 čipom kot izhodne. Še bomo klicali funkcijo `displayLED()`, da bi "vklopili" začetno kombinacijo vključenih LED-ic:

```
void setup() {
pinMode(T1, INPUT_PULLUP);
pinMode(T2, INPUT_PULLUP);
pinMode(clockPin, OUTPUT);
pinMode(latchPin, OUTPUT);
pinMode(dataPin, OUTPUT);
displayLED(led);
}
```

V funkciji `loop()` preverjamo, ali je pritisnjena tipka `T1`; če je, se bomo premaknili na naslednji podatek iz tabele `LEDS[]`,

da bi ga lahko poslali v HC595 čip. Pred tem moramo preveriti, ali je trenutna vrednost indeksa `led = 7`, v tem primeru jo moramo vrniti na začetno vrednost 0. Novi podatek bomo poslali s pomočjo funkcije `displayLED()` in nato počakali eno sekundo:

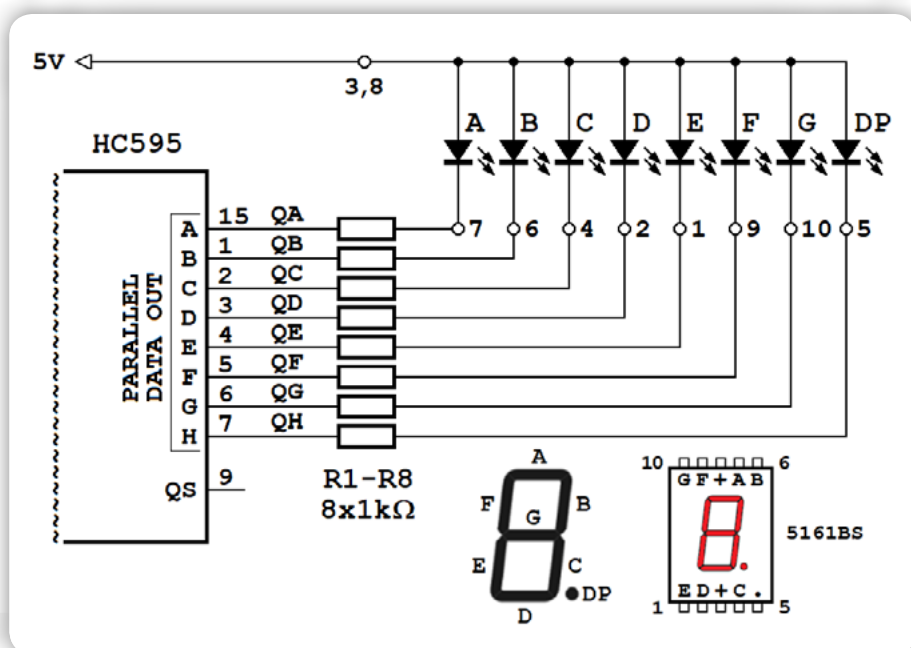
```
void loop() {
if (digitalRead(T1) == 0) {
if (led == 7) {
led = 0;
} else {
led++;
}
displayLED(led);
delay(1000);
}
```

Če je pritisnjena tipka `T2`, delamo podoben postopek, samo sedaj po podatkih iz tabele `LEDS[]` se pomikamo nazaj. Tu moramo preveriti, ali je vrednost indeksa `led = 0`, in ga v tem primer vračamo na 7:

```
if (digitalRead(T2) == 0) {
if (led == 0) {
led = 7;
} else {
led--;
}
displayLED(led);
delay(1000);
}
```

HC595 in 7-segmentni displej

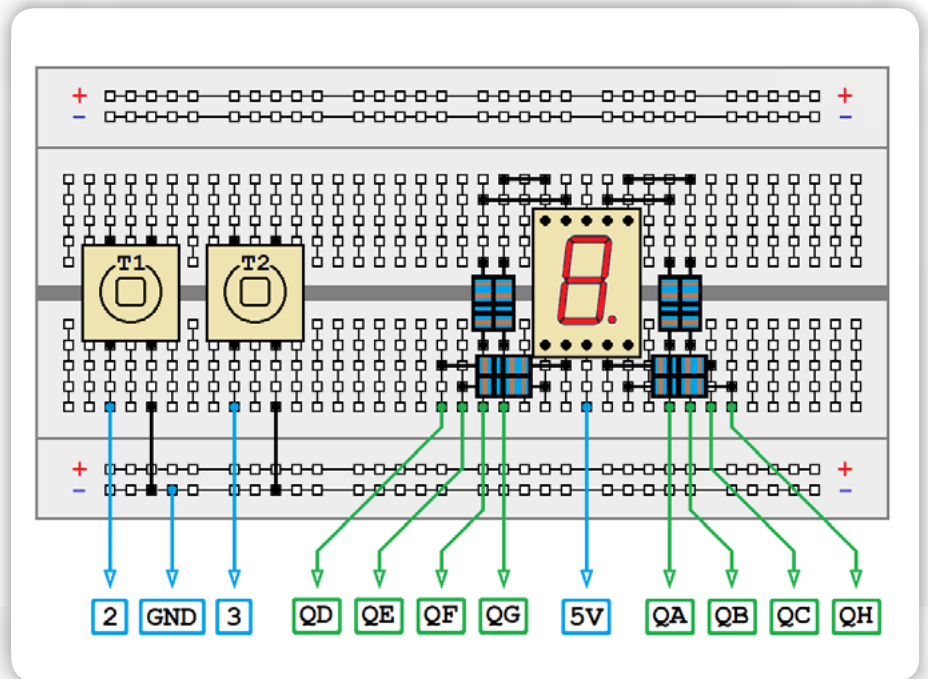
V naslednjem primeru bomo na izhode HC595 čipa povezali 7-segmentni displej (slika 57). Displej iz Geekcreit kompleta, 5161BS, je s skupno anodo, zato je princip vklopljanja posa-



Slika 57: Vezava 7-segmentnega displeja na izhode integriranega vezja HC595.

meznih segmentov displeja identičen vklopjanju LED-ic v vezju na sliki 55. Kako se oblikujejo številke na 7-segmen-tnem displeju, smo podrobno pojasnili v četrtem nadaljevanju (slika 24).

7-segmenčni displej, upore in tipke bomo razporedili na veliki prototipni ploščici po risbi na sliki 58. Vsi upori imajo isto vrednost upornosti, zato niso pomembne njihove oznake, vendar pa moramo paziti na razpone priključkov - razponi se razlikujejo odvisno od pozicije posameznega upora. Pri postavljanju 7-segmen-tnega displeja je potrebno paziti, kako ga obrnete: decimalna pika in oznaka tipa displeja morata biti obrnjeni "proti dol". Z modro barvo so obarvane povezave proti Arduino UNO ploščici, z zeleno pa povezave proti HC595 čipu na mali testni ploščici.



Slika 58: Tako bomo postavili 7-segmenčni displej in tipke na veliko testno ploščico.

16. programska naloga

Napišite naslednji program za vezje na slikah 53, 54, 57 in 58:

- na začetku programa mora biti na 7-segmenčnem displeju izpisana številka 0;
- dokler držimo pritisnjeno tipko T1 se morajo na displeju po vrsti izpisovati številke 0>1>...>9, in nato ponovno od 0 do 9;
- dokler držimo pritisnjeno tipko T2 se morajo na displeju izpisovati številke v nasprotnem vrstnem redu, od trenutno izpisane številke proti 0, in nato ponovno od 9 do 0;
- v vsakem drugem prehodu je za vsako številko potrebno izpisati tudi decimalno piko;
- sprememba prikaza se dogaja enkrat v sekundi.

Arduino rešitev (program Geekcreit_16.ino)

Rešitev je zelo podobna rešitvi predhodne naloge. Funkcijo za prikaz števil na 7-segmenčnem displeju bomo poimenovali `displayDigit()` in jo namestili zraven programske kode. Funkciji podamo en parameter, number vrste byte, s pomočjo katerega definiramo, katero število je treba prikazati.

Kombinacije LED-ic, ki ustrezajo številkam 0-9 definiramo v polju `DIGIT[]`:

```
void displayDigit(byte number) {
  //                ABCDEFG.
  const byte DIGIT[] = {B00000011, // 0
    B10011111, // 1
    B00100101, // 2
    B00001101, // 3
    B10011001, // 4
    B01001001, // 5
    B01000001, // 6
```

```
B00011111, // 7
B00000001, // 8
B00001001, // 9
B00000010, // 0.
B10011110, // 1.
B00100100, // 2.
B00001100, // 3.
B10011000, // 4.
B01001000, // 5.
B01000000, // 6.
B00011110, // 7.
B00000000, // 8.
B00001000}; // 9.
```

Prvi podatek z indeksom 0 definira, katere LED-ice je potrebno vklopiti za prikaz številke 0, drugi podatek definira izgled številke 1 itd. Prvih 10 podatkov v polju opisuje izgled števil 0-9, nato sledi še 10 podatkov, ki opisujejo iste številke z vključeno decimalno piko. Tako bodo indeksi `led = 0` in `led = 10` naslavljali opis številke 0, vendar bo v drugem primeru poleg številke vključena tudi decimalna pika. Podatek o naslovu bomo poslali HC595 čipu na isti način kot v predhodni nalogi:

```
digitalWrite(latchPin, LOW);
shiftOut(dataPin, clockPin, LSBFIRST, DIGIT[number]);
digitalWrite(latchPin, HIGH);
}
```

V prvem delu glavnega programa bomo definirali spremenljivke z imeni komponent in ustreznimi priključki, priključke za krmljenje s HC595 čipom in spremenljivko `number`, ki predstavlja indeks polja `LEDS[]`:

```
const byte T1 = 2;
const byte T2 = 3;
```

```

const byte clockPin = 5; //
SHCP (11)
const byte latchPin = 6; //
STCP (12)
const byte dataPin = 7; //
DS (14)
byte number = 0;

```

Vrednost spremenljivke number hkrati določa, katero število je treba prikazati na 7-segmentnem displeju. Funkcija setup() je prav tako enaka predhodnemu programu, samo sedaj za komunikacijo s HC595 čipom uporabljamo funkcijo displayDigit():

```

void setup() {
pinMode(T1, INPUT_PULLUP);
pinMode(T2, INPUT_PULLUP);
pinMode(clockPin, OUTPUT);
pinMode(latchPin, OUTPUT);
pinMode(dataPin, OUTPUT);
displayDigit(number);
}

```

Dokler je pritisnjena tipka T1 v funkciji loop() štejemo do 19, nato pa bomo nadaljevali šteti od 0:

```

void loop() {
if (digitalRead(T1) == 0) {
if (number == 19) {
number = 0;
} else {
number++;
}
displayDigit(number);
delay(1000);
}
}

```

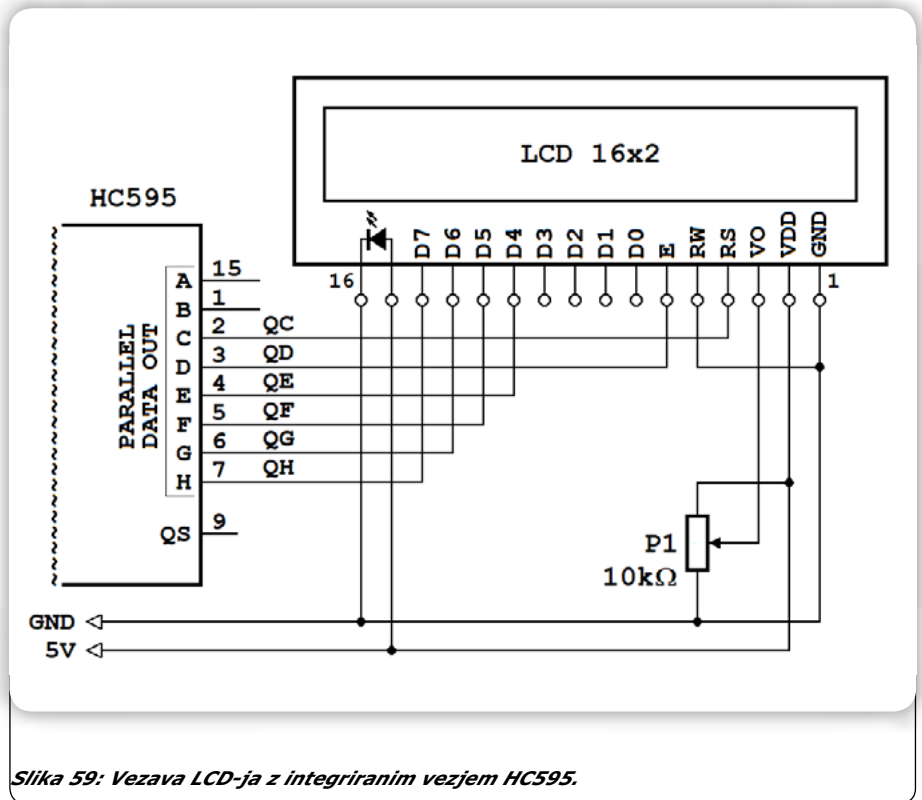
Če je pritisnjena tipka T2, štejemo nazaj, vendar po 0 nadaljujemo šteti od 19:

```

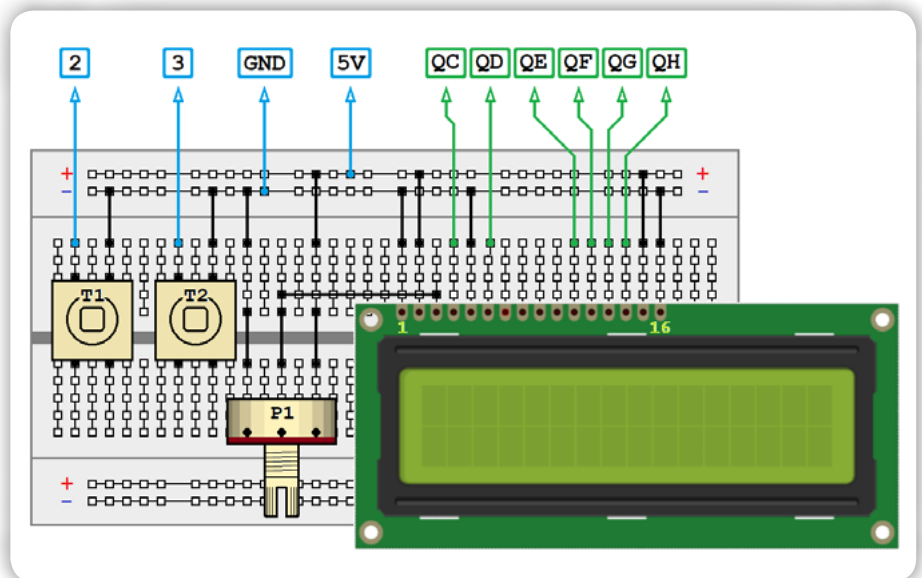
if (digitalRead(T2) == 0) {
if (number == 0) {
number = 19;
} else {
number--;
}
displayDigit(number);
delay(1000);
}
}

```

Opomba: v nekaterih Geekcreit kompletih se nahajajo 7-segmentni displeji s skupno katodo, kot 5161AS ali SMA42056. Ti displeji so pin-kompatibilni z opisanim 5161BS displejem, vendar moramo vseeno napraviti določene spremembe v načinu vezave in v samem programu. Namesto na 5V, na slikah 57 in 58 moramo skupna priključka 3 in 8 povezati na GND.



Slika 59: Vežava LCD-ja z integriranim vezjem HC595.



Slika 60: Tako bomo postavili LCD, potenciometer in tipke na veliko testno ploščico.

V programu je potrebno invertirati definicije v polju DIGIT[], kakor je prikazano v programu Geekcreit_16_ck.ino

HC595 in LCD

Shema povezave alfanumeričnega displeja z integriranim vezjem HC595 je prikazana na sliki 59, medtem ko risba na sliki 60 kaže, kako lahko postavimo LCD, potenciometer za nastavljanje kontrasta in tipke na veliko prototipno ploščico, in kako jih povežemo s HC595 čipom in z Arduino UNO ploščico. Tudi tukaj so z modro barvo obarvane povezave proti Arduino UNO ploščici, z zeleno pa povezave proti HC595 čipu na mali testni ploščici.

17. programska naloga

Napišite program za vezje na slikah 53, 54, 59 in 60, s katerim bomo šteli na naslednji način:

- na začetku programa, se mora na LCD-ju izpisati številka 0;
- dokler držimo pritisnjeno tipko T1, se morajo na LCD-ju po vrsti izpisovati številke 0>1>...>100, in nato od -100 do 100;
- dokler držimo pritisnjeno tipko T2 se morajo na displeju izpisovati številke v nasprotnem vrstnem redu, od trenutno izpisane vrednosti do -100, in nato ponovno od 100 do -100;
- številke se morajo izpisovati v gornji vrstici poravnane v desno;
- sprememba prikaza se dogaja vsakih 50 ms.

Arduino rešitev (program Geekcreit_17.ino)

Obstaja več knjižnic funkcij za krmiljenje alfanumeričnega displeja preko HC595 čipa; mi bomo uporabili knjižnico LiquidCrystal_74HC595 avtorja Mathias Munk Hansen, ker podpira vse funkcije iz originalne knjižnice LiquidCrystal. Zato nam bo uporaba knjižnice "poznana". Ta knjižnica prav tako omogoča, da poljubno definiramo način, na katerega je LCD povezan s priključki HC595 čipa.

Na začetku programa definiramo uporabo knjižnice LiquidCrystal_74HC595, globalne spremenljivke z imeni komponent in ustreznimi priključki, Arduino priključke za krmiljenje HC595 čipa ter priključke HC595 čipa, ki so vezani na alfanumerični displej:

```
#include <LiquidCrystal_74HC595.h>

const byte T1 = 2;
const byte T2 = 3;
const byte clockPin = 5; // SHCP (11)
const byte latchPin = 6; // STCP (12)
const byte dataPin = 7; // DS (14)
const byte LCD_RS = 1;
const byte LCD_E = 3;
const byte LCD_D4 = 4;
const byte LCD_D5 = 5;
const byte LCD_D6 = 6;
const byte LCD_D7 = 7;
int number = 0;
```

Spremenljivka number vsebuje število, ki se trenutno prikazuje na displeju. Nato definiramo objekt z imenom lcd in sočasno pridružimo komunikacijske priključke. Opazili boste, da prvi trije parametri opisujejo vezavo Adruina s HC595, ostalih 6 parametrov pa vezavo HC595 z alfanumeričnim displejem:

```
LiquidCrystal_74HC595 lcd(dataPin,
clockPin, latchPin, LCD_RS, LCD_E, LCD_D4,
LCD_D5, LCD_D6, LCD_D7);
```

V funkciji setup() konfiguriramo priključke za tipke T1 i T2 kot

vhodne z vključenimi ustreznimi pull-up upori, priključke za krmiljenje HC595 čipa kot izhodne, definiramo vrsto alfanumeričnega displeja in zaženemo funkcijo displayNumber() za izpis številke na alfanumeričnem displeju.

```
void setup() {
pinMode(T1, INPUT_PULLUP);
pinMode(T2, INPUT_PULLUP);
pinMode(clockPin, OUTPUT);
pinMode(latchPin, OUTPUT);
pinMode(dataPin, OUTPUT);
lcd.begin(16, 2);
displayNumber(number);
}
```

Funkcijo displayNumber() bomo opisali kasneje.

Funkcija loop() je zelo podobna tisti iz predhodne naloge, s to razliko ker sedaj preverjamo, ali so dosežene vrednosti -100, oziroma 100 in kličemo funkcijo displayNumber(). Prav tako smo pohitrili štetje in sedaj menjamo prikaz na displeju vsakih 50 ms:

```
void loop() {
if (digitalRead(T1) == 0) {
if (number == 100) {
number = -100;
} else {
number++;
}
displayNumber(number);
delay(50);
}
if (digitalRead(T2) == 0) {
if (number == -100) {
number = 100;
} else {
number--;
}
displayNumber(number);
delay(50);
}
}
```

Funkcijo displayNumber() bomo postavili na koncu programa. Posredujemo ji še en parameter, number vrste int, ki določa število za izpis na LCD-ju. Opazili boste, da je v predhodnih nalogah ta parameter bil vrste byte, sedaj mora biti vrste int, ker želimo prikazovati tudi negativne številke.

V funkciji postavljamo kurzor displeja v 13. stolpec prve vrste in preverjamo, koliko praznih mest moramo dodati odvisno od števila števil v spremenljivki number in izpišemo število.

```
void displayNumber(int number) {
lcd.setCursor(12,0);
if (number > 99 ) {
```

```

lcd.print("");
} else if (number > 9) {
lcd.print("");
} else if (number > -1) {
lcd.print("");
} else if (number > -10) {
lcd.print("");
} else if (number > -100) {
lcd.print("");
}
lcd.print(number);
}

```

Kako poboljšati svoj Geekcreit komplet?

V tej knjižici smo predstavili Geekcreit UNO R3 starter kit, pokazali kako lahko posamezne komponente povežemo z (Arduino) UNO ploščico in napisali enostavne Arduino programe, s katerimi smo jih "oživeli". S tem nikakor niso izkoriščene vse možnosti Geekcreit kompleta; enostavno si je zamisliti nove programske naloge, možnosti pa se bodo gotovo povečale, če obogatimo svoj komplet z nekim novim senzorjem ali modulom. Tukaj bomo omenili samo komponente, za katere smo v naših projektih ugotovili, da bi jih bilo koristno imeti tudi v osnovnem kompletu.

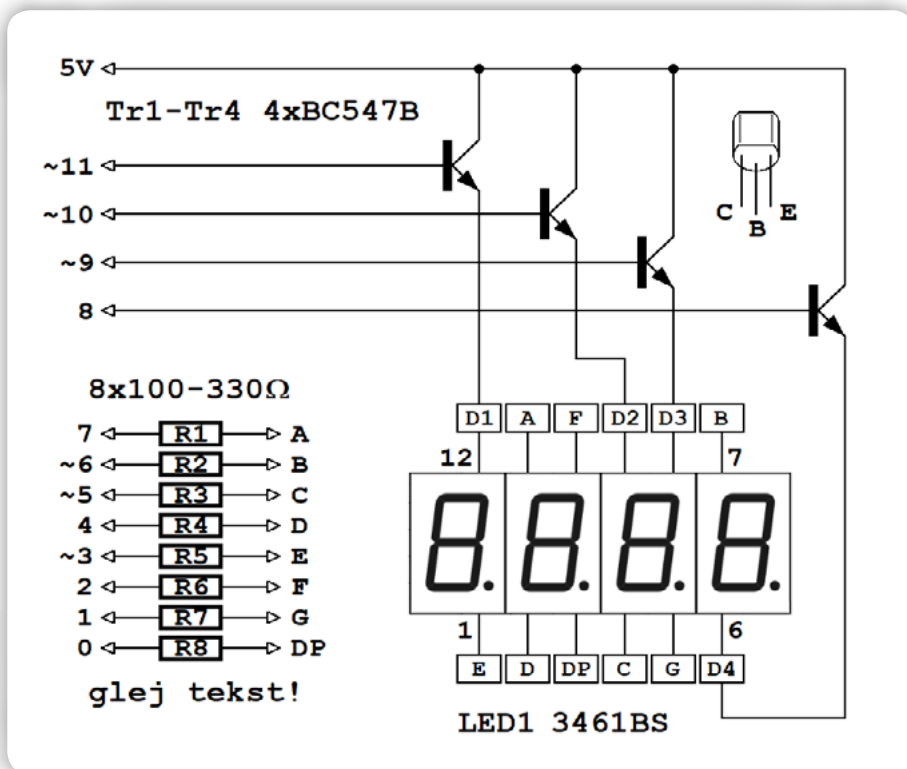
Povezovalnih žic nikoli ni dovolj! Poleg tistih iz kompleta si je dobro napraviti kratkostičnike kot tisti, ki smo jih opisali v 1. nadaljevanju (slika 4). Kratkostičniki so posebej uporabni za "kratke" vezave na testnih ploščicah, ko so povezave pre dolge.

Trimer upornosti 10 kΩ za nastavljanje kontrasta na LCD-ju, o čemer smo največ pisali v 5. nadaljevanju. Pri izbiri trimerja bodite pozorni na debelino in razpored njegovih priključkov. Ni potrebno, da je trimer posebej precizen, vendar so ravno večobratni trimmerji z vijakom za nastavljanje na gornji plošči idealni za ta namen, ker imajo igličaste priključke, ki jih lahko enostavno vtaknemo na testno ploščico.

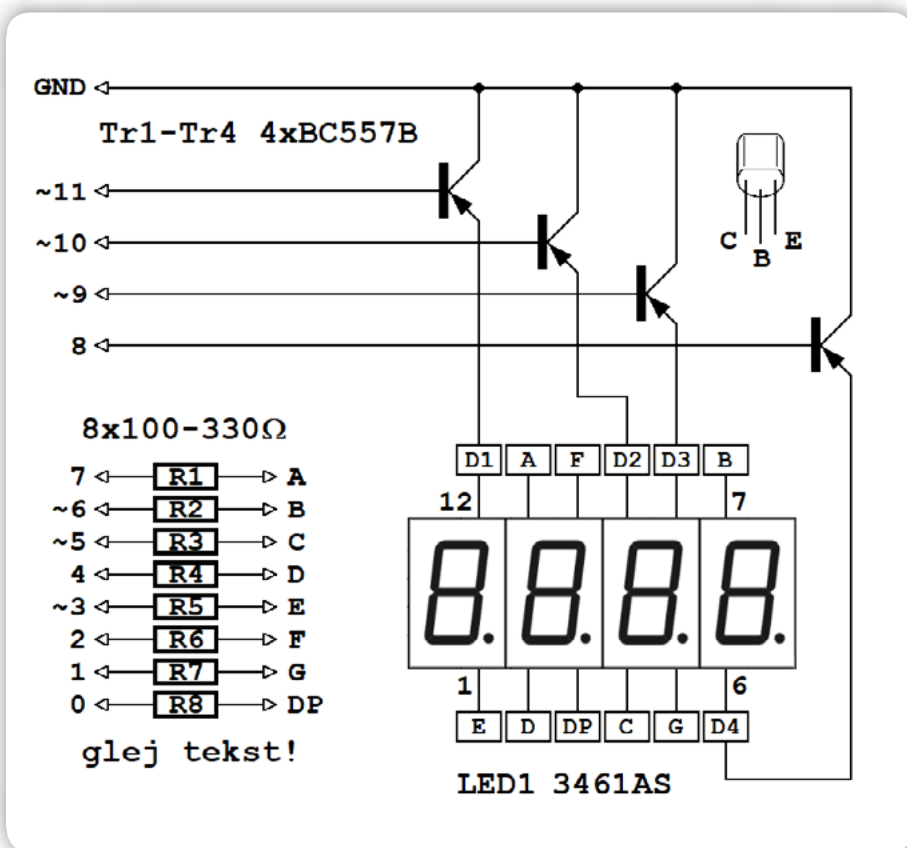
V programski nalogi v 2. nadaljevanju nismo mogli napraviti "pravega" semaforja, ker v kompletu ni rumenih LED-ic. Danes je lahko nabaviti LED-ice različnih barv in oblik.

Predlagamo, da svoj Geekcreit komplet obogatite z nekaj LED-icami rumene in bele barve premera 5 mm.

V 4. nadaljevanju smo predstavili multipleksiranje in prikazali



Slika 61: Modifikacija vezja na sliki 25 za 7-segmentni displej s skupnimi anodami.



Slika 62: Modifikacija vezja na sliki 25 za 7-segmentni displej s skupnimi katodami.

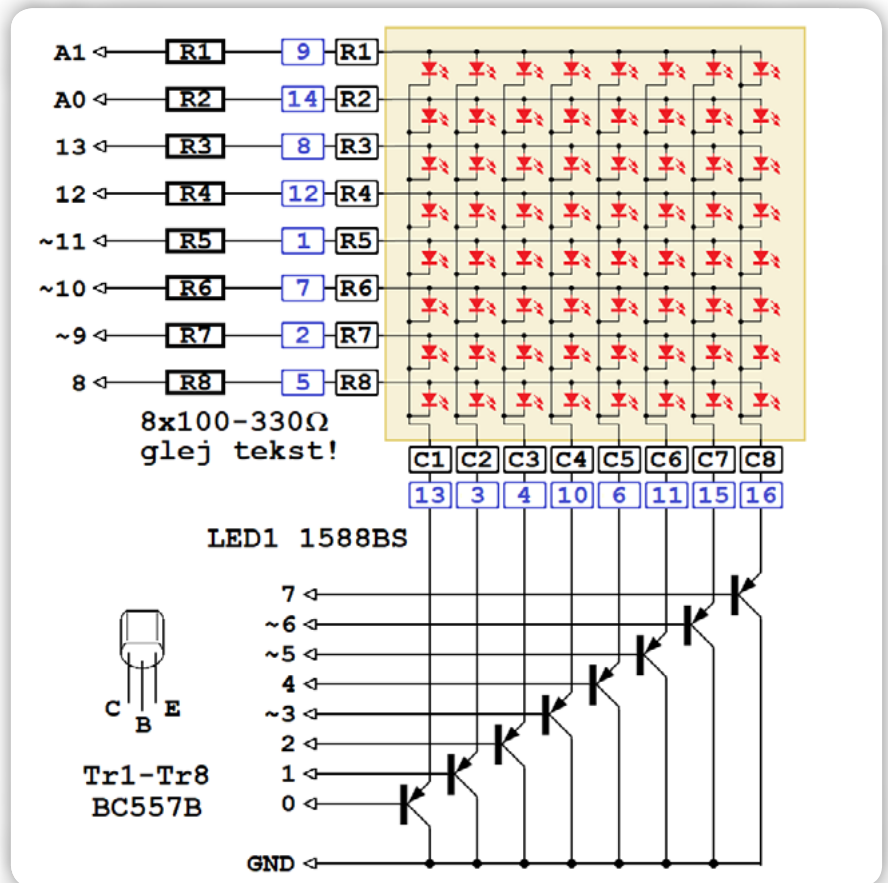
nevarnost preobremenitve izhodnih priključkov mikrokontrolerja. Z dodatkom tranzistorja se izhodna moč priključkov večkratno poveča. Slike 61-63 prikazujejo modifikacije vezij na slikah 25 in 27, na katerih smo z dodatkom tranzistorjev dobili možnost uporabe uporov manjših vrednosti upornosti in tako povečali jakost svetilnosti 7-segmentnih displejev. Včasih bi bilo koristno, da bi v kompletu imeli nekaj majhnih NPN in PNP tranzistorjev, kot sta BC547B in BC557B! V shemah na slikah 61-63 smo uporabili upore, ki jih ni v Geekcreit kompletu; dobro bi bilo, da dokupite nekaj uporov različnih vrednosti (npr. 100 Ω, 470 Ω, 2,2 kΩ, 4,7 kΩ, 10 kΩ, ...).

Uživajte v programiranju!

Opomba: Programe *Geekcreit_15.ino*, *Geekcreit_16.ino*, *Geekcreit_16_ck.ino* in *Geekcreit_17.ino* lahko brezplačno dobite od uredništva revije *Svet elektronike*.

*Zaradi napake v uredništvu je v št. 326 izpadel pričujoči članek, zato ga objavljamo zdaj. Avtorjema in bralcem se opravičujemo!

<https://svet-el.si>



Slika 63: Modifikacija vezja na sliki 27.

VEČ KOT 90 KNJIG
PO AKCIJSKIH CENAH!

WWW.TZS.SI

POMLADNA AKCIJSKA PONUDBA!

-24%

-27%

-37%

-44%

Tehniška založba Slovenije

www.tzs.si
narcila@tzs.si

MODRA ŠTEVILKA
080 17 90

Predstavljamo M5Dial

Avtor: Brian Millier
Epošta: bmillier1@gmail.com

Ko so majhni okrogli TFT zasloni postali dostopni navdušencem nad elektroniko, kot sem sam, sem se spraševal, za kaj bi jih lahko uporabili - razen za pametne ure ali morda kot nadomestilo za okrogle analogne števec (npr. d'Arsonvalove merilnike).

Kasneje sem naletel na sporočilo o izdelku podjetja Grayhill (izdelovalca rotacijskih kodirnikov itd.), ki je opisovalo industrijski rotacijski enkoder z majhnim TFT zaslonom, vgrajenim v središčno telesa enkoderja. To je bila zelo robustna enota s premerom približno 56 mm in 33 mm zaslonom, ki je prikazana na sliki 1.

Ta zamisel mi je bila všeč, vendar je bila cena tega enkoderja zame previsoka - približno 320 ameriških dolarjev. Razmišljal sem, da bi takšno enoto poskusil izdelati sam, saj bi bil to odličen članek, vendar nisem mogel ugotoviti, kako izdelati vrtljivo številčnico, povezano z vrtljivim enkoderjem, ki bi omogočala fiksni LCD zaslon, nameščen na sredini.



Slika 1: To je vrtljivi enkoder Grayhill z vgrajenim TFT zaslonom. To robustno enoto sem najprej odkril, vendar je bila za moje namene veliko predraga.

Pred kratkim sem naletel na M5Dial, ki ga je izdelalo podjetje M5Stack. Kot lahko vidite na sliki 2, je ta na videz zelo podobna Grayhill enkoderju. Ni tako robusten, kot Grayhill-ov enkoder. Vendar za razliko od Grayhill enkoderja vsebuje več perifernih naprav, zaradi česar je bolj vsestranski kot le rotacijski enkoder/prikazovalnik.

Lastnosti M5Dial

Zame je bilo najpomembnejše to, kateri MCU je bil uporabljen in katera vrsta zaslona TFT/čipa gonilnika zaslona je bila uporabljena. M5Dial uporablja priljubljeni ESP32S3, ki je novejši in



Slika 2: Vrtljivi enkoder M5Dial. Ima TFT zaslon podobno kot Grayhill, vendar je občutljiv tudi na dotik. Uporablja ESP32S3, tako da ima možnost WiFi in Bluetooth komunikacije.

zmogljivejši model od prvotnega MCU ESP32 WiFi. Čeprav je malo verjetno, da bi pisali zelo zapleteno ugnježeno programsko opremo za MCU, ki je v osnovi namenjen krmiljenju enkoderja in TFT zaslona, vsebuje ESP32S3 v M5Dialu 8 Mb Flash pomnilnika. To veliko količino Flash pomnilnika lahko razdelite na tri dele:

- Programska particija Flash-a
- OTA particija (za brezžično programiranje)
- SPIFFS particija (datotečni sistem, ki bazira na Flash-u)

SPIFFS datotečni sistem lahko uporabite za shranjevanje številnih JPEG ali PNG slik, ki jih lahko uporabite kot slikovno ozadje za različne menije, ki jih boste morda želeli uporabiti.

ESP32S3 vsebuje lastna USB vrata, ki so hkrati COM serijska vrata in JTAG vrata za razhroščevanje. Tako kot vsi Espressif WiFi MCU-ji, lahko ugnježeno programsko opremo za ESP32S3 razvijete s pomočjo Arduino IDE in jo prek USB vhoda tudi sprogramirate. M5Dial uporablja sodobno USB-C vtičnico in ne starejšega microUSB standardarnega konektorja.

TFT zaslon, ki ga uporablja M5Dial, je barvni zaslon z ločljivostjo 240 x 240 pik s premerom 32,5 mm. Ta zaslon vsebuje krmilnik GC9A01. Čeprav je to običajen krmilnik za majhne okrogle TFT zaslone, zanj ni na voljo veliko knjižnic gonilnikov za Arduino zaslone. Vendar pa je M5Stack za M5Dial zagotovil knjižnice za podporo Arduino ploščam. V nadaljevanju članka bom podrobno opisal, kako uporabiti ta

zaslon z Arduino skicami. Osvetlitev TFT zaslona lahko programsko prilagodite, da spremenite svetlost ali zmanjšate porabo energije, če M5Dial deluje na baterijo.

Zaslon M5Dial enkoderja vsebuje tudi kapacitivni zaslon na dotik. Funkcijo zaslona na dotik izvaja krmilni čip FT3267. To je običajen krmilnik, ki ga podpira M5Stack knjižnica kot del plošče M5Dial. FT3267 podpira večtočkovni dotik, ki deluje na M5Dial, zato lahko izvajate preproste geste z dvema prstoma. V praksi pa je zaslon premajhen, da bi lahko z dotikom naredil karkoli prefinjenega - za zaznavanje dotikov ga kvečjemu razdelim na 4 kvadrante. Za dopolnitev tega zaslona na dotik M5Dial vsebuje plastični okvir okoli TFT zaslona in tipko na položaju „6 ur“. Ta je označen kot „wake“ in „hold“ ter je povezan z GPIO42 oziroma GPIO46. Nisem prepričan, kako to natančno deluje, vendar obstajata dve rutini, ki ju lahko pokličete, da to preverite:

```
M5Dial.BtnA.wasPressed()
M5Dial.BtnA.pressedFor(2000)
//2000 je štetje milisekund
```

M5Dial vsebuje uro realnega časa (RTC) BM8563. Verjamem, da je to azijski klon NXP PCF8563 RTC. Domnevam, da je funkcionalno enakovreden NXP RTC-ju, v vsakem primeru pa ga podpira podporni paket M5Dial plošče.

Vrtljivi enkoder je edina nekoliko lastnost enote, ki razočara. Njegova ločljivost je le 16 korakov/detentov na obrat. Primernejši je za premikanje po menijih in kratkih seznamih, ne pa na primer za prilagajanje vrednosti parametra. Vendar bom v nadaljevanju članka navedel nekaj primerov programov, kjer lahko to omejitev premagate z uporabo zaslona na dotik.

Za zvočno povratno informacijo je na voljo piskač. Ta piezo piskač nima lastnega oscilatorja/gonilnika. Poganja ga kvadratni signal na njegovem GPIO priključku: njegovo frekvenco lahko določite, ko pokličete `Speaker.tone()` funkcijo.

Zadnja funkcija, ki jo opravlja M5Dial, je branje običajnih Mifare RFID itd. kartic. Preizkusil sem ga z nekaj RFID karticami, ki sem jih imel pri roki iz prejšnjega projekta, in jih je dobro zaznal, ko so bile postavljene v bližino TFT zaslona na sprednji strani enote. Iz nekega razloga pa niso bili zaznani vsi RFID tag-i, ki sem jih prav tako imel pri roki iz prejšnjega projekta. Nisem imel časa, da bi priključil modul za branje RFID, prav tako rezervni iz prejšnjega projekta, in preveril, ali bo prebral te RFID tag-e. Mislim, da sem takrat uporabljal samo RFID kartice.

Med TFT zaslonom in zaslonom na dotik ter vsemi perifernimi napravami, ki jih vsebuje M5Dial, ni nič presenetljivega, če ugotovimo, da ni na voljo preveč GPIO priključkov ESP32S3 za povezavo z vsemi zunanjimi napravami, ki jih boste morda želeli uporabiti. Na zadnji strani M5Dial pa sta dve 4-pinski Grove vtičnici:

- UART vrata skupaj s 5V in priključkom za maso in
- I2C vrata skupaj s 5V in priključkom za maso.

M5Dial se lahko napaja iz USBC (5 V) vhoda ali iz 2-pin 1,25

mm vtičnice (priložen je ustrezen vtič). V slednjem primeru mora biti napajalna napetost v razponu 6-16 V. Ni videti, da bi ga bilo mogoče napajati z eno LiPo celico. Vendar je na shemi prikazan čip za polnjenje LiPo TP4057, ki je priključen na 2-pin priključek (P6). Če želite uporabiti enocelično LiPo baterijo, morate odstraniti modul M5StampS3, da dobite dostop do tega vodila. Nisem prepričan, kako bi napajalne LiPo vodnike speljali iz M5Dial, ko ste zamenjali modul M5StackS3. Dvocelično (7,2V) LiPo baterijo bi seveda lahko uporabili s 6-16V napajalnim vhodom.

Montaža M5Dial bi morala biti razmeroma preprosta. Zahteva luknjo premera 44 mm, priložena pa ji je ustrezna plastična pritrdilna matica.

Na plošči PC M5Dial je več napetostnih regulatorjev:

- ME3116AM6G stikalni regulator, ki zniža 6-16V DC vhodno napetost na 5V.
- SY7088 boost regulator, ki pretvori napetost enocelične LiPo baterije na 5V.
- SY8089 stikalni regulator, ki pretvori napetost LiPo baterij do 3,3V.
- Čeprav ne gre za napetostni regulator, je na voljo CN809J za nadzor napetosti in generiranje reset signala, ki odklopi vezje, povezano z LiPo baterijo, ko se na P5, 6-16V DC vhodni priključek, priključi napetost.

Ni konektorja za gumb baterijo, ki bi napajala BM8563 RTC, ko je odstranjeno drugo enosmerno napajanje. Če pa napravo M5Dial napajate z LiPo celico, priključeno na notranji P6 priključek, bo ta napajala BM8563 RTC.

M5Dial vezje ni nameščeno na eni sami okrogli plošči tiskane vezja. Namesto tega vsebuje M5StampS3 modul (slika 3), ki je priključen na gostiteljsko ploščo, ki vsebuje vse prej



Slika 3: MCU ESP32S3 M5Dial je v tem modulu - M5StampS3. Ta se priključi v vtičnico na zadnji plošči M5Dial modula.

omenjene funkcije vezja (razen tistih na samem modulu M5StampS3). To je dobra lastnost: če bi programirali več M5Dial naprav, bi lahko celoten razvoj programa opravili na eni enoti, nato pa vnaprej programiran M5StampS3 modul vstavili v M5Dial napravo v končnem izdelku.

Shemo modula M5StampS3 najdete na naslovu:

- <https://docs.m5stack.com/en/core/stamps3>



Shemo preostalega vezja v M5Dial napravi najdete na naslovu:

- <https://docs.m5stack.com/en/core/M5Dial>



Napajalne zahteve

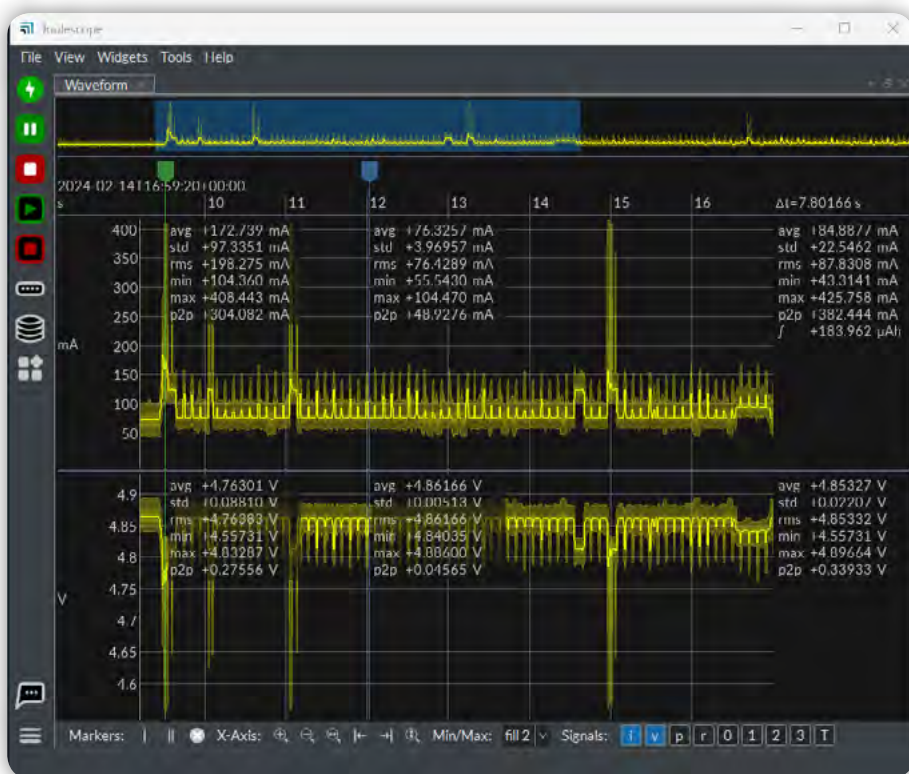
Če ste navajeni delati z ESP32, potem že imate precej dobro predstavbo o njegovi porabi energije. Vendar bom opisal, katere meritve sem opravil, za tiste, ki niso tako dobro seznanjeni s tem.

Družina ESP32 na splošno ne spada med naprave z nizko porabo energije. Pričakujete lahko, da bo med izvajanjem običajnega programa porabila približno 40 mA, vendar bo med odajanjem prek WiFi porabila približno 400 mA. Ko je ESP32S3 v stanju globokega spanja, bo porabil približno 8-10 μ A.

Za merjenje porabe energije M5Dial sem uporabil analizador moči Joulescope JS220. Zato odčitki, ki sem jih dobil, vključujejo tudi moč, ki jo porabi TFT zaslon in drugi periferni čipi v enoti. Slika 4 prikazuje porabo toka M5Dial, v kateri teče program, ki prek omrežja WiFi vzpostavi stik z NTP strežnikom in te podatke uporabi za nastavitve notranje ure realnega časa BM8563 enote M5Dial ter njen prikaz.

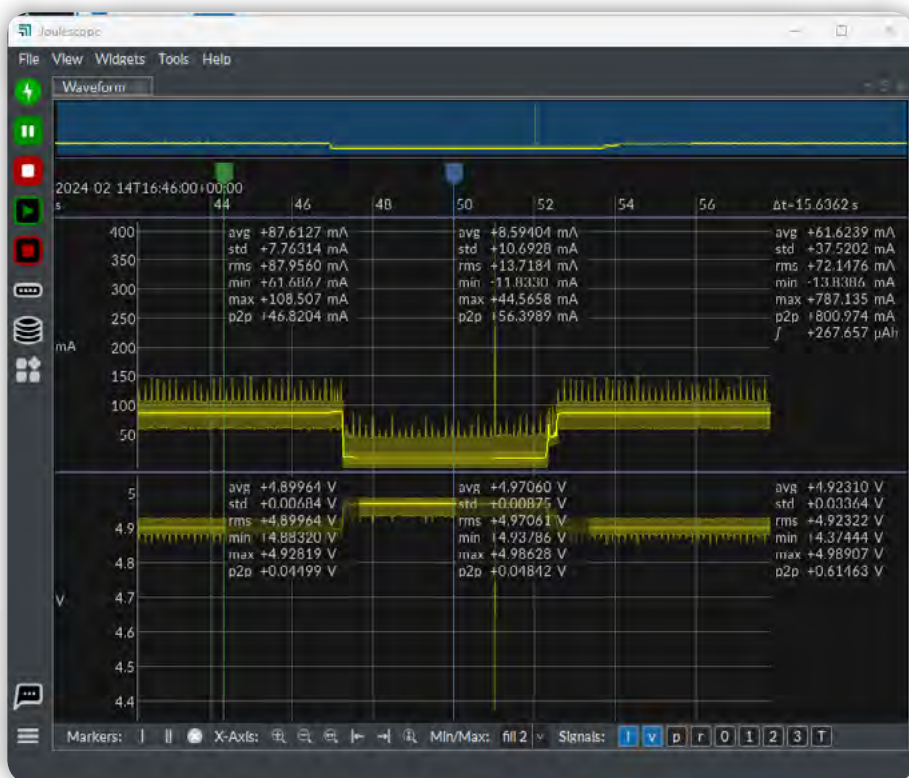
Vidite lahko več „konic“, ko ESP32S3 stopi v stik z NTP strežnikom - te so v povprečju približno 170 mA (~400 mA največjega toka). V preostalem času M5Dial porabi približno 76 mA, kar vključuje tudi energijo, ki jo porabi TFT zaslon, ki deluje med tem preskusom.

Na sliki 5 izvajam program, ki ESP32S3 občasno preklopi v način globokega spanja. Tu je poraba toka med delovanjem ESP32S3 87 mA in pade na 8,6 mA, ko je ESP32S3 v načinu globokega spanja. Poraba 8,6 mA je veliko večja od porabe 8-10 μ A samega ESP32S3.



Slika 4: To je zaslonski posnetek trenutne porabe M5Dial med izvajanjem programa, ko pridobi trenutni čas iz NTP strežnika in sinhronizira RTC čip na M5Dial z uporabo podatkov časovnega žiga.

Dodatni tok porabijo druge periferne naprave, ki jih vsebuje M5Dial, pa tudi mirujoči tok 3,3V regulatorja. Če sem iskren,



Slika 5: To je zaslonski posnetek trenutne porabe M5Dial v načinu globokega spanja. Meritvi toka za obe sliki sta bili opravljene z analizatorjem električne energije Joulescope JS220.

se ne spomnim, ali sem pri tem testu izklopil osvetlitev TFT (z nastavitvijo svetlosti zaslona na nič) ali ne, zato je mogoče 8,6 mA še dodatno zmanjšati.

Podpora za M5Dial ploščo v Arduino okolju

Ker M5Dial kot MCU uporablja Espressif ESP32S3, je za programiranje z Arduino IDE potrebno, da je v vašem Arduino IDE prisotna podpora za ESP32 ploščo. To zahteva, da uporabljate Arduino V1.8 ali novejšo različico. Če želite namestiti paket za podporo ESP32 plošče, pojdite v meni File->Preferences (Datoteka->Nastavitve) in dodajte naslednjo vrstico v okno z možnostmi, označeno kot „Additional Boards Manager URLs“ (Dodatni URL naslovi upravitelja plošč):

https://espressif.github.io/arduino-esp32/package_esp32_index.json

Nato pojdite v meni Orodja->Plošča in vnesite „ESP32“. Nato boste videli vnos „ESP32 by Espressif“. Izberite različico 2.0.11 ali novejšo in jo namestite.

Na tej točki bi lahko razvili programe za različne ESP32 plošče, ki so na voljo, vendar M5Stack plošče ne bi bile vključene. Za vključitev M5Stack plošč sledite podobnemu postopku kot zgoraj, vendar v okno „additional Boards Manager URLs“ dodajte naslednjo vrstico:

https://m5stack.oss-cn-shenzhen.aliyuncs.com/resource/arduino/package_m5stack_index.json

Spet boste morali iti v Upravitelja plošč, poiskati „M5Stack“ in namestiti ta paket.

Če zdaj pogledate razpoložljive plošče v Arduino, boste videli različne M5Stack plošče, vendar ne boste našli M5Dial. Namesto tega poiščite vnos M5StampS3 in ga izberite kot ploščo. Modul M5StampS3 je namreč nameščen na glavni plošči računalnika M5Dial.

Čeprav lahko zdaj razvijate programe za ESP32S3 MCU, s tem še niste končali. Dodati morate knjižnice, ki jih je napisal M5Stack, za obdelavo različnih perifernih naprav, nameščenih na M5Dial (ali katerega koli od številnih drugih modulov M5Stack, če smo že pri tem). Tukaj so potrebne knjižnice in njihovi URL Github naslovi:

- M5Dial @ <https://github.com/m5stack/M5Dial>
- M5GFX @ <https://github.com/m5stack/M5GFX>
- M5Unified @ <https://github.com/m5stack/M5Unified>



Ko prenesete te tri ZIP datoteke, jih postavite v mapo Arduino Libraries. Nato z uporabo menija Sketch->Include Library ->Add ZIP library namestite te tri knjižnične pakete.

Tu je potrebnih nekaj pojasnil. Knjižnica M5Dial vsebuje posebne funkcije, povezane s perifernimi napravami na plošči M5Dial (TFT, krmilnik zaslona na dotik, RFID, RTC, zvočni signal itd.). Vendar pa je odvisna od drugih. TFT rutine so vsebovane v

knjižnici M5GFX, številne druge pa v knjižnici M5Unified. Naslov slednje knjižnice namiguje na njen format - knjižnici M5GFX in Unified sta napisani v formatu HAL (Hardware Abstraction Layer). To pomeni, da bodo vse M5Stack plošče, ne glede na MCU, ki ga uporabljajo, in periferne čipe, ki jih imajo na plošči, uporabljale knjižnici M5GFX in M5Unified, ki bosta prilagodili nizko nivojsko kodo gonilnika za določeno ploščo, ki se uporablja.

Čeprav je to praktičen pristop družbe M5Stacks, je za novega uporabnika teh plošč nekoliko zmeden. V mojem primeru me je skrbelo pisanje kode za krmilnik TFT zaslona/zaslona na dotik, saj krmilnik zaslona GC9A01 ni tako pogost in z njim nisem imel izkušenj. Na splošno se zanašam na vzorčne programe in od tam ugotavljam, kako nadaljevati.

V tem primeru, če greste na seznam Arduino Examples in se pomaknete v razdelek, ki se nanaša na razdelek „Examples for M5StampS3“ (ker je to plošča, ki jo morate določiti za M5Dial), ne boste našli ničesar za TFT M5Dial zaslon ali katero koli drugo periferno napravo. Namesto tega se morate pomakniti v razdelek „Primeri iz knjižnic po meri“ (angl. Examples from Custom Libraries). Tu boste našli vnose za vsakega od treh zgoraj omenjenih knjižničnih paketov M5. Če izberete razdelek „M5Dial“, boste dobili nekaj zelo osnovnih primerov za vse periferne naprave M5Dial (RTC, zvočni signal, RFID, zaslon na dotik in enkoder). Vendar je primer za TFT zaslon tako osnovan, da je praktično neuporaben.

M5Dial rutine za knjižnico za TFT displej

Za vse uporabne rutine za prikaz na TFT-ju, vključno z risanjem besedila, grafike in bitnih slik, morate obiskati razdelek M5GFX ->Basic, kjer boste našli več uporabnih primerov za prikaz na TFT-ju. Vendar upoštevajte, da vsi ti primeri ne bodo uporabni na majhnem TFT zaslonu M5Dial. Vendar pa služijo kot dobro vodilo za vaše lastne skice, ki potrebujejo različne funkcije zaslona. Razdelek M5Unified ne vsebuje ničesar uporabnega za M5Dial, razen tistega, kar je na voljo v prejšnjih dveh razdelkih.

Čeprav so ti primeri koristni, si običajno rad ogledam izvorno kodo v samih knjižnicah:

- *Kakšne so razpoložljive funkcije?*
- *Kateri parametri so potrebni za vsako funkcijo?*
- *Katera vrsta spremenljivke je potrebna za vsak parameter?*

Zaradi strukture teh knjižnic, tj. uporabe strojne abstrakcijske plasti in razpršenosti funkcij v treh ločenih knjižnicah, zbiranje zgornjih informacij ni trivialno. To oviro sem premagal na naslednji način. Čeprav je ni lahko najti, je tukaj vadnica, ki opisuje večino funkcij TFT zaslona:

- <https://community.m5stack.com/topic/41/lesson-1-1-lcd-graphics>



V tem priročniku so vse funkcije opremljene s predpono M5.lcd. Vendar pa lahko opazite, da nekateri M5Dial primeri uporabljajo iste funkcije, vendar imajo predpono M5Dial.Display. Zaradi

HAL narave treh prej omenjenih M5 knjižnic se lahko oba načina označevanja uporabljata izmenično.

Če uporabljate starejši IDE Arduino 1.8.x, veste, da njegov urejevalnik nima veliko orodij, kot sta dokončanje ukazov Intellisense ali možnost klika na vrstico, ki vsebuje knjižnično funkcijo, in pridobitev informacij o parametrih/tipih, potrebnih za to funkcijo. Prav tako ne omogoča klika na knjižnično funkcijo in skoka na mesto, kjer je ta funkcija opredeljena, v izvorni datoteki knjižnice. S to zmožnostjo je delo z novimi, ne tako dobro dokumentiranimi knjižnicami veliko lažje. V preteklosti sem uporabljal vtičnik Visual Micro za Visual Studio 2019, ki je „ovoj“ okoli starejšega okolja Arduino IDE. Ta aplikacija je zagotavljala zgoraj navedena orodja in še mnoga druga, kar je precej olajšalo razvoj.

Z veseljem lahko povem, da nov Arduino 2.3.2 IDE vsebuje veliko orodij, ki sem jih prej uporabljal v Visual Micro/Visual Studio. Predlagam, da ga namestite, če se ukvarjate z razvojem programov na M5Dial.

Organizacija Arduino se je ob objavi novega IDE pohvalila z novo možnostjo razhroščevanja strojne opreme v IDE. V preteklosti sem uporabljal Atmel AVR MCU-je in sem kupil razhroščevalno enoto Atmel JTAGICE3. Takrat sem programiral z Bascom-AVR, ki ni podpiral strojnega razhroščevanja. Atmel Studio je sicer podpiral JTAGICE3, vendar se mi je zdel zelo težaven za uporabo. Namesto tega sem se odločil za uporabo okolja Arduino IDE, ki je bilo v tistem času sicer precej poenostavljeno/omejeno, vendar je olajšalo prehod na C++. Vendar do različice 2.x.x Arduino IDE ni podpiral razhroščevanja strojne opreme.

Trenutno Arduino 2.3.2 podpira le strojno razhroščevanje na MCU-jih na osnovi ARM, ki so na ploščah Arduino (izjema je Raspberry Pi Pico). Za večino podprtih Arduino plošč je potreben ločen modul za JTAG razhroščevanje.

Prejšnje različice Arduino 2.x.x IDE okolja so zagotavljale, da je njegova funkcija strojnega razhroščevanja delovala z ESP32S3. Kot dodaten bonus ne bi potrebovali ločenega razhroščevalnega JTAG modula, saj ESP32S3 vsebuje USB-JTAG razhroščevalnik v samem MCU-ju. Vendar je bila ta zmožnost v različici 2.3.2- izgubljena, vsaj za zdaj, dokler ne bo prišlo do nekaterih sprememb v paketu za podporo ploščam ESP32. Poskusil sem uporabiti funkcijo razhroščevanja Arduino 2.3.2 z ESP32S3, uporabljenim v tem projektu, in se prepričal, da ne deluje.

Poleg prej omenjenega priročnika za LCD M5 je še ena koristna informacija o uporabi različnih pisav na TFT zaslonu. Pri tem je na voljo kar nekaj fleksibilnosti. Za začetek je v M5 knjižnicah na voljo veliko pisav. Najdete jih v naslednji Libraries mapi: M5GFX/src/lgfx/fonts

Sama mapa fonts vsebuje 11 pisav, vendar so v njej še 4 druge podmape, ki vsebujejo veliko več pisav, med katerimi so tudi pisave v tujih jezikih (mapa efont). Velikost pisave v točkah je dodana imenu pisave in se giblje od 9 do 72. S funkcijo knjižnice setTextSize() pa lahko te pisave pomanjšate od 1x do 7x (čeprav bo v večini primerov majhna velikost zaslona

M5 omejila praktično izbiro na faktor pomanjšanja, manjši od 4). Za prikaz besedila s temi pisavami uporabite samo funkcijo M5Dial.Display.Print(), barva končnega besedila pa je določena s funkcijo knjižnice setTextColor().

Obstaja tudi funkcija TFT zaslona drawChar(). Ta uporablja fiksno mrežo znakov z nizko ločljivostjo 5x7, vendar jo je mogoče pomanjšati. V tem primeru se pri skaliranju ne uporablja funkcija setTextSize(), temveč se faktor skaliranja vnese kot zadnji parameter, posredovan rutini. Razpon je 0-256, vendar je praktično gledano faktor pomanjševanja 3-5 edina smiselna izbira pri majhnem M5Dial zaslonu.

M5Dial zaslon ima 16-bitno barvno paleto, urejeno po standardu RGB565 (5-bitna rdeča, 6-bitna zelena, 5-bitna modra). M5Dial knjižnice, ki sem jih navedel prej, opredeljujejo številne običajne barve v obliki TFT_BLACK itd. Druga možnost je, da obiščete spletno stran RGB565colorpicker.com kjer najdete spletni kalkulator.

Med grafičnimi rutinami v knjižnici zaslona TFT so različne rutine za kroge, loke in pravokotnike, tako zapolnjene kot nezaopolnjene. Funkcija M5Dial.Display.drawCircleHelper() deluje v redu: kvadranti so:

- 1 (9-12 ure)
- 2 (12-3 ure)
- 3 (kombinacija 1&2)
- 4 (3-6 ure)
- 8 (6-9 ure)



Slika 6: To je preprost zaslon menija, ki sem ga zasnoval za M5Dial. Z zaslonom na dotik lahko izberete eno od štirih možnosti. Vendar zaradi majhnosti zaslona ne morete pričakovati, da bo zaslon na dotik lahko razločil predmete, ki so veliko manjši od štirih prikazanih območij.



Slika 7: Ta fotografija prikazuje prikaz VU metra na M5Dial. Skico sem priložil programskemu paketu, ki je priložen k članku.

Vendar M5Dial.Display.fillCircleHelper() rutina ne daje nobenih uporabnih rezultatov.

Želel sem rutino za razdelitev zaslona na 4 kvadrante, vsakega v drugi barvi, za preprost menijski sistem. Brez funkcije fillCircleHelper() je to še vedno enostavno narediti z uporabo štirih zapoljenih pravokotnikov, saj del pravokotnikov, ki sega čez rob krožnega zaslona, tako ali tako ni prikazan. Slika 6 prikazuje prikaz menija.

Nisem preizkusil nobene od rutin za bitne slike na TFT zaslonu. Bitno sliko morate nekako prenesti v SRAM ESP32. To se običajno doseže z branjem take bitne slike z SD kartice, ki je z ESP32S3 povezana prek SPI vrat in uporablja SD knjižnico.

V primeru M5Dial ni priključkov za zunanja SPI vrata (čeprav se ena od SPI vrat na ESP32S3 uporablja za TFT zaslon). Vendar pa lahko v ESP32S3 M5Dial nastavite particijo SPIFFS in nanjo naložite bitne slikovne datoteke z uporabo funkcije „Sketch Data Upload“ v meniju Orodja v Arduino IDE.

Ta funkcija je razširitev, ki jo morate dodati različici 1.8.x. Vendar je v različici 2.x.x Arduino IDE ni, ker različica 2.x.x Arduino IDE ne podpira razširitev. To je zelo žalostno!



Slika 8: Z nekaj spremembami skice VU metra sem jo spremenil tako, da prikazuje standardni „analogni“ S-meter, ki se uporablja v radioamaterskih napravah itd.

Zadnje točke, ki jih bom omenil v tem poglavju o TFT zaslonu, so naslednje:

- Slika 7 prikazuje „analogni“ prikaz VU metra, ki sem ga napisal.
- Na sliki 8 je prikazana rutina za „analogni“ S-meter, ki sem jo napisal.

Koda za obe skici je na voljo na spletnem mestu revije Svet Elektronike v razdelku za podporo člankom. Upoštevajte, da je v obeh skicah rutini posredovana vrednost od 0 do 100, ki predstavlja odklon od nič do polnega obsega. Odgovornost za preslikavo enot S ali enot VU v to območje mora opraviti rutina, ki kliče te rutine za prikaz.

V naslednji številki revije Svet Elektronike bom opisal projekt, ki sem ga izvedel z uporabo M5Dial. Na M5Dial sta na voljo en I2C vhod in en UART vhod. Zanimalo me je, ali bi na M5Dial priključil programirljiv generator signalov AD9833. AD9833 omogoča sinusne, trikotne in kvadratne oblike signalov pri natančno nadzorovanih frekvencah. Vendar uporablja SPI vmesnik, ki ga M5Dial nima na voljo. V drugem delu tega članka bom razložil, kako sem to omejitev zaobšel.

<https://svet-el.si>



POSEBNA IZDAJA

Monitor

NAJBOLJŠE IZ SVETOVNEGA TISKA

SVE

APRIL 2024 • CENA: 5,50 EUR

ŽE V PRODAJI
WWW.MONITOR.SISVET

KAKO JE NASTAL ChatGPT

Prvih nekaj let v OpenAI je bilo napornih: nič ni delovalo, Google pa je imel vse - vse nadarjene raziskovalce, ogromno ljudi in veliko denarja.

DOSJE

- ▷ Državno **prisluškovanje**
- ▷ **Umetna inteligenca**
- ▷ Umetna inteligenca **v gospodarstvu**

NOVE TEHNOLOGIJE

- ▷ **Roboti**
- ▷ **Holografski** usmerjevalnik
- ▷ Nove **baterije**
- ▷ **3D tiskanje** raketnega goriva



VELIKANI

- ▶ IBM
- ▶ JOHN VON NEUMANN



IZ VSEBINE

- ▶ ALI VOHUNI SABOTIRAJO ŠIFRIRANJE?
- ▶ APPLOV AVTOMOBIL, KI GA NE BO
- ▶ TIKTOK, KRALJ BLAGOVNIH ZNAMK ZA GENERACIJO Z



PC Pi: Med mini PC in Raspberry Pi 5

Avtor: dr. Simon Vavpotič

Epošta: simon.vavpotic@gmail.com

Raspberry Pi 5 je odličen računalnik. Pa je s 40-polno razširitveno vtičnico res boljši od mini PC-ja z Arduino ali podobnim razvojnim modulom prek USB? Primerjali smo Raspberry Pi 5, AAEON UP7000 in klasične mini PC-je.



Slika 1: Raspberry Pi 5 in AAEON UP7000

Raspberry Pi je gotovo najbolj priljubljen goli računalnik na eni tiskanini, saj skoraj ni podobnega, ki ga ne bi posnemal; kar lahko razberemo celo iz imen proizvajalcev: Orange Pi, Rock Pi, ... in njihovih paradnih konjev, od katerih so mnogi prehiteli Raspberry Pi petico (Orange Pi 5, Rock Pi 5, ...). Vsekakor, nam za domače razvojne projekte nihče ne brani, da uporabimo tudi klasične mini PC-je, do katerih imajo mnogi še veliko zmogljivejše Intelove in AMD-jeve procesorje, kot sta Intel Core i7 in AMD Ryzen 7.

AAEON UP7000 proti Raspberry Pi 5

UP7000 je nekaj posebnega, saj je na videz zelo podoben Raspberry Pi in tudi približno enakih dimenzij. Razlikuje se predvsem po tem, da je vanj vgrajen sodobni Intelov Procesor N, izdelan z 10-nanometrsko tehnologijo, ki mu omogoča približno dvakrat do štirikrat večjo procesorsko in grafično zmogljivost, medtem ko BCM2712, srce Raspberry Pi 5, izdelujejo s 16-nanometrsko tehnologijo. Na voljo so različice UP7000 s

procesorji: N50, N97, N100 in N200, pri čemer je slednja pri večini opravil razen pri delu s pomnilnikom najzmogljivejša. Namesto ležišča za SD kartico imajo fiksno vgrajeno kartico eMMC z 32 GB ali s 64 GB prostora. Slednje sicer ni idealno, saj Raspberry Pi 5 lahko uporablja tudi mikro SD kartice z nekajkrat večjo zmogljivostjo, zato pa se UP7000 oddolži z ležiščem za pogon SSD prek PCIe s standardno vtičnico M.2. Tako kot pri Raspberry Pi, lahko uporabljamo tudi mikro SD – USB vmesnike. Vendar moramo za Raspberry Pi 5 dokupiti posebno razširitveno kartico, če želimo uporabiti SSD pogon prek vodila PCIe. Posebnost UP7000 v primerjavi s klasičnimi mini PC-ji pa ni samo Intelov procesor, ampak tudi 40-polni razširitveni priključek, ki je tudi po funkcionalnosti na moč podoben tistemu, ki je vgrajen v skoraj vse modele Raspberry Pi.

Zakaj je AAEON UP7000 tako poseben?

Če si želite namesto katere od različic Linuxov, še posebej Raspberry Pi OS, pri svojem projektu uporabljati Windows 11

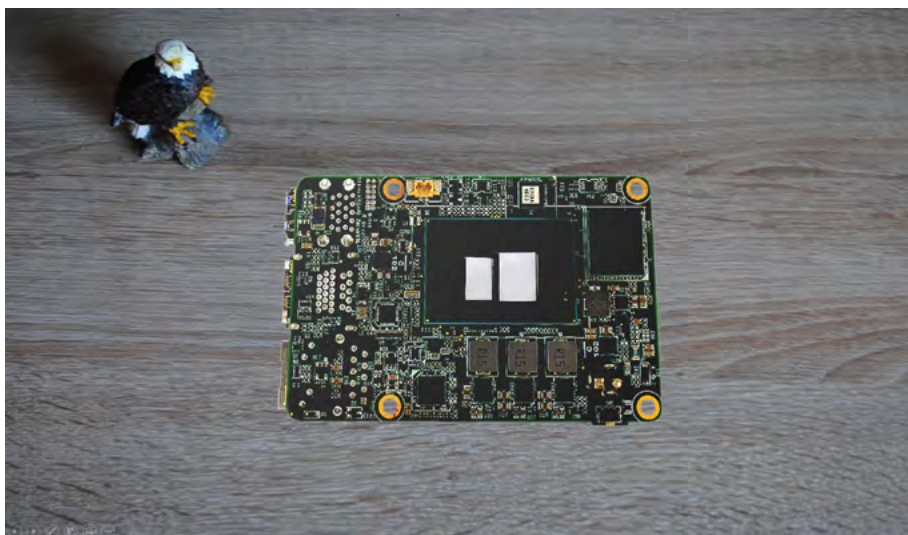
ali novejši, je naravnost idealen, saj vsebuje tudi modul zaupanja vredne platforme TPM 2.0 (angl. trusted platform module). Ta omogoča namestitve Windows 11, ali letos prihajajoče različice z delovnim imenom Windows 12, brez kakršnihkoli omejitev, saj ima na voljo tudi 8 GB SDRAM-a, prav toliko kot je največ pri Raspberry Pi 4 in 5. Njegova posebnost je tudi 40-polna razširitvena vtičnica, ne toliko zaradi skoraj enaklega razporeda in funkcionalnosti priključkov, ki omogoča uporabo podobnih ali celo enakih razširitvenih kartic (t.i. »klobukov«) kot za Raspberry Pi, ampak tudi zato, ker so Intelovi procesorji samo procesorji, ne pa mikrokontrolerji ali sistemi v enem čipu s številnimi splošno-namenskimi vhodno/izhodnimi priključki (GPIO). Za implementacijo GPIO so morali snovalci UP7000 osnovni PC arhitekturi dodati CPLD čip (angl. complex programmable logic device, programljiva kompleksna naprava s strojno logiko), ki so ga sprogramirali tako, da deluje kot PCIe naprava z GPIO priključki; kar pa je poleg vgrajene eMMC kartice, ki jo lahko uporabimo kot sistemski pogon, bolj ali manj vse, po čemer se UP7000 razlikuje od klasične PC arhitekture.

Kot zanimivost omenimo še, da so tudi snovalci Raspberry Pi 5 uporabili podoben princip ob začetku njegovega razvoja, tako da so s klasičnim PC povezali RP1 čip in periferijo prek PCIe vodila, obenem pa neodvisno razvijali arhitekturo BCM2712 sistema v enem čipu. Kasneje so oboje združili in nastal je Raspberry Pi 5, kot ga poznamo. No, UP7000 se v tem pogledu zdi le nekoliko pomanjšan in optimiziran klasični mini PC, ki s CPLD do neke mere posnema periferijo Raspberry Pi.

AAEON UP7000 podobni PC-ji

Čeprav se zdi UP7000 najsodobnejši dizajn Raspberry Pi 5 podobnega računalnika z Intelovim procesorjem, ima veliko vzornikov, ki v glavnem temeljijo na starejših Intelovih procesorjih za mini PC-je in prenosne računalnike, med katerimi je veliko Celeronov, ki se po zmogljivostih bolj enakovredno merijo z Raspberry Pi 5.

A takoj dodajmo, da so pri Intelu že davnega leta 2013 predstavili tudi sistem v enem čipu Quark in mini računalnik Galileo za razvijalce strojne opreme, podobnih dimenzij kot Raspberry Pi. Žal so že po nekaj letih razvoj obeh opustili. Je pa zanimivo, da je imel Galileo tudi vtičnico za mikro SD kartice, ki jo pri večini golih mini PC, kot je UP7000, pogrešamo. Posebnost Raspberry Pi podobnih PC-jev je tudi fiksno vgrajena eMMC kartica, ki jo lahko uporabimo za sistemski disk namesto pogona SSD pri manj zahtevnih projektih. Omenimo še, da je UEFI BIOS povsem PC-jevski in še zdaleč ni poenostavljen, kot pri Raspberry Pi, pri katerem ga moramo naložiti na sistemski pogon, če želimo poganjati Windows. Bi bilo pa gotovo bolje, če bi se vsi novodobni PC-ji zgedovali po Raspberry Pi, saj bi tako odpadla nevarnost, da nam kak heker v UEFI BIOS EEPROM čip vrine zlonamerno kodo in s



Slika 2: AAEON UP7000, spodnja stran s procesorjem Intel Processor N100

tem praktično uniči računalnik, saj proizvajalci osnovnih plošč pogosto ne omogočajo obnove njegove celotne vsebine, ampak le njene nadgradnje.

Mini PC namesto namenskega računalnika

Čeprav je mini PC namenjen predvsem domači pisarni in večpredstavnosti, je pogosto še vedno nekajkrat cenejši od industrijskih PC-jev, katerih cene dosežejo tudi več kot 1.500 USD. Navadno ima tudi zmogljivejšo ali vsaj primerljivo grafiko. Cene industrijskih PC z zapletenimi dizajni z nešteto opcijami letijo v nebo predvsem zaradi majhnih serij, medtem ko danes dobimo novega minija za domačo pisarno in multimedijo že za okoli 130 USD. Če se namesto tega odločimo za obnoven star računalnik, bomo pri Amazonu zanj odšteli skoraj za polovico manj (okoli 80 USD), a bo morda v njem še zmogljivejši procesor od Intel Processorja N100.

Mnogi mislijo, da je klasični (mini) PC težko uporabiti v domačih projektih, a če pomislimo na kopico Arduino projektov, ki jih lahko upravljamo in programiramo prek USB priključka je jasno, da 40-polnega razširitvenega priključka pogosto sploh ne potrebujemo.

GPIO priključke lahko naredimo sami!

Ena izmed možnosti za samograditelje je tudi še vedno popularna Vellemanova krmilna plošča, ki jo lahko naročimo pod novo kodo, WSI8055N (prej K8055N), ki temelji na Microchip-ovem PIC18F24J50 mikrokontrolerju in omogoča tako krmiljenje relejev, kot tudi analogne in digitalne vhode. Čeprav je mikrokontroler na krmilni plošči predprogramiran, ga lahko nadomestimo z lastnim ali pa ga reprogramiramo (ob tem izgubimo originalno kodo) z Microchip MPLAB X ali drugimi razvojnimi programskimi orodji; za kar potrebujemo ustrezen programator (npr. PICKIT 4). Na spletni strani PCUSBProjects.com najdete tudi načrt za samogradnjo programatorja.

No, za začetnike je morda bolje, da preprosto uporabijo v mikrokontroler že vgrajeno kodo in se raje posvetijo programiranju krmilnih aplikacij v katerem od višjih programskih jezikov. Za komunikacijo plošče z računalnikom skrbijo v Windows serijsko vgrajeni Microsoftovi gonilniki za naprave za interakcijo računalnika s človekom in Vellemanova DLL programska knjižnica, ki je po novem na voljo tudi v 64-bitni različici. Namesto nje lahko uporabite tudi katero do programskih knjižnic, ki so na voljo na spletnem portalu PCUSBProjects.com.



Slika 4: Mini PC in Microchip-ova razvojna ploščica MPLAB Xpress z mikrokontrolerjem PIC16F18855 ter programatorjem in mostom USB

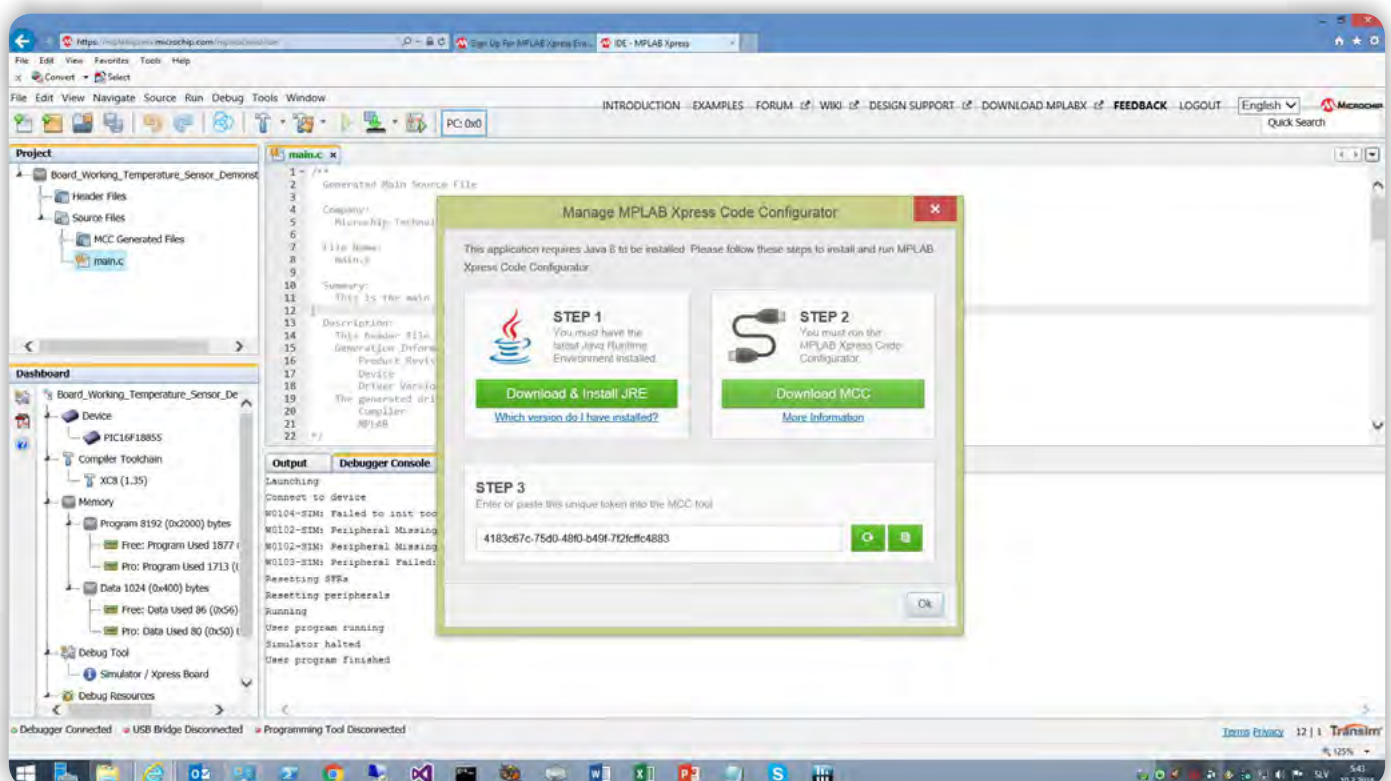
Drugo možnost, predvsem za tiste, ki ste pripravljeni izdelati lastno razvojno ploščo po meri, pa je Microchip-ov serijsko predprogramiran MCP2200 mikrokontroler. Čeprav je prvenstveno namenjen delovanju kot zaporedni vmesnik prek USB vrat, ga lahko nastavimo tudi tako, da deluje kot 8 neodvisnih digitalnih vhodov-izhodov. No, to pa je za enostavne projekte že podobna funkcionalnost, kot jo ponuja Raspberry Pi 40-polna razširitvena vtičnica.

Pri zahtevnejših projektih, pri katerih potrebujemo tudi strojno implementacijo različnih protokolov kot so: SPI, I2C, I2S, RS-232, CAN, ... , si je namesto tega bolje omisliti katero od z Arduino IDE združljivih razvojnih plošč. Za tiste, ki potrebujejo komunikacijo prek USB, so še posebej zanimive ChipKit razvojne plošče, medtem ko razvojne plošče na osnovi ESP32 modulov s PC v glavnem komunicirajo prek serijske poveza-

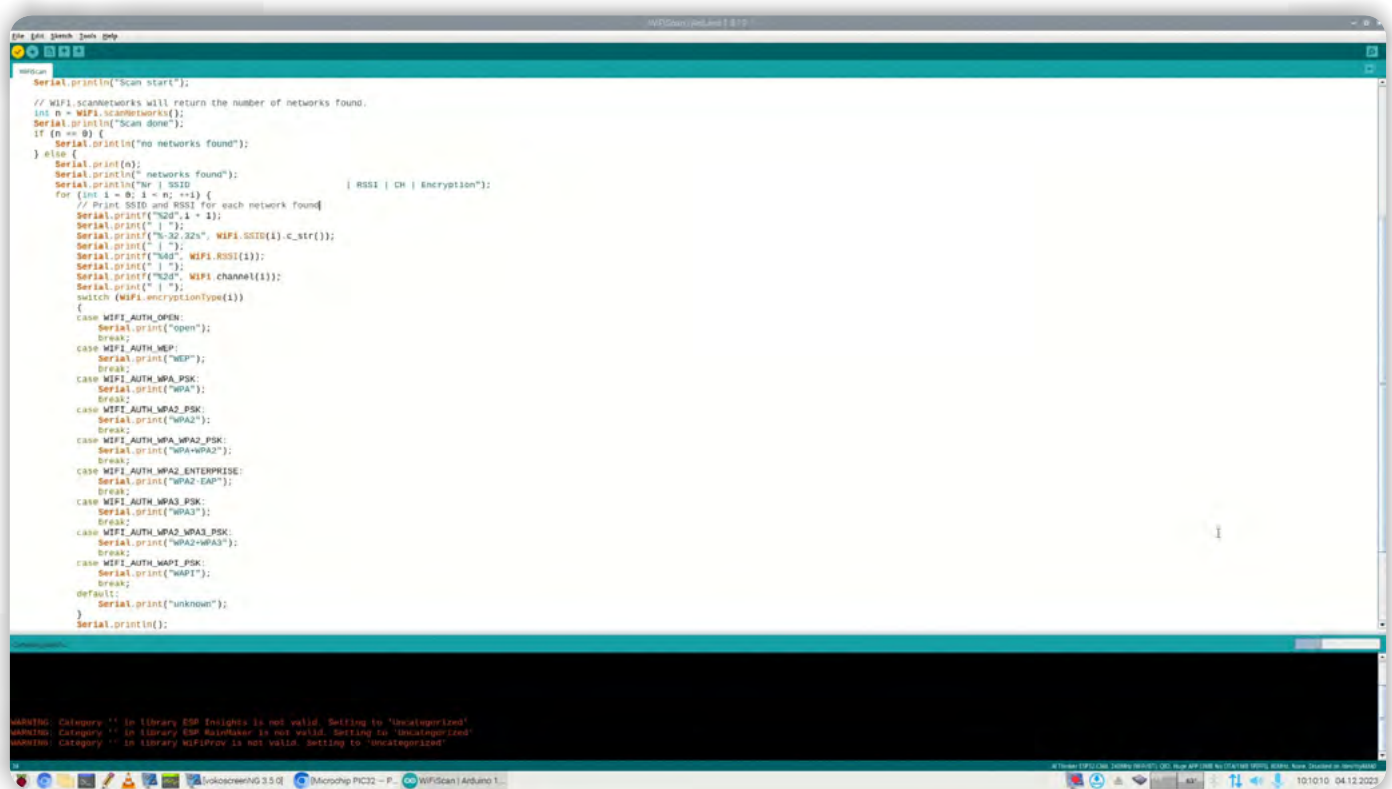
ve in (vgrajenega) zaporednega vmesnika na USB. Nekatere dražje (kot je LiliGo) imajo vgrajene Ethernet vmesnike, medtem ko ESP32 moduli že v osnovi omogočajo hitro Wi-Fi komunikacijo.

Neštete možnosti in obilica novih idej!

Goli Raspberry Pi 5 uporabnika kar sili k razvijanju, razen če poleg računalnika približno še enkrat toliko odšteje za ohišje, napajalnik, mikro SD kartico, kable in ostalo nujno potrebno opremo. Seveda, lahko namesto naštetega prebrskamo omaro



Slika 5: Microchip code configurator – orodje za programiranje MPLAB Xpress



Slika 6: Razvojno okolje Arduino IDE

s staro elektroniko in gotovo se bo kje našlo ohišje starega modema ali podobne naprave, ki je že davno ne uporabljamo več, in ga je enostavno predelati za Raspberry Pi ...

A zakaj bi vse to počeli, če v primerjavi z nakupom novega poceni mini PC z 2-kratno ali 3-kratno zmogljivostjo ne bomo (dosti) prihranili, morda celo plačali več? Novi mini PC-ji so v ličnih ohišjih s priloženimi napajalniki in navadno tudi HDMI kablom za monitor. Zunanjih USB vtičnic je navadno dovolj, oziroma ravno toliko kot pri Raspberry Pi (ima 4 vtičnice). Poleg tega imamo že vgrajeno ležišče za NVMe M.2. SSD pogon, vgrajen pa je tudi Wi-Fi komunikacijski modul, ki pogosto deluje prek enega od notranjih USB priključkov. Nema lokrat je na voljo tudi ležišče za mikro SD kartico, kar je na moč podobno Raspberry Pi.

Mnoštvo mikrokontrolerskih razvojnih plošč prek USB, ki jih lahko nabavimo prek interneta, tako ponuja obilico možnosti za

uporabnike vsakršnih računalnikov z USB priključki in ustrezno razvojno programsko opremo. Vsekakor so med priljubljenimi razvojnimi moduli tudi ploščice z mikrokontrolerjem RP2040 podjetja Raspberry Pi, ki je edini, ki ga lahko kupimo v prosti podaji in ima podobno zasnovano kot naprednejši in zmogljivejši RP1, ki skrbi za periferijo Raspberry Pi 5.

Zanimivo, da so RP2040 čip v preteklosti uporabili tudi snovalci nekaterih razvojnih računalnikov, temelječih a Intelovih procesorjih, kot je Radxa X2L s procesorjem Intel Celeron Processor J4125, ki je sicer nekoliko manj zmogljiv od novejših Intel Processor N in je po zmogljivosti približno enak BCM2712, vendar ploščica nekoliko večjega formata od Raspberry Pi in ponudi podobne priključke, kot jih najdemo na Raspberry Pi 5. Ne manjka pa niti ležišče za 3-voltno baterijo za pogon ure realnega časa. Prav zato ne preseneča, da so pri AAEON za UP7000 izbrali CPLD čip, ki je dozdevno zmogljivejši od RP2040.

Ali sploh potrebujemo zmogljiv čip s periferijo po vzoru Raspberry Pi RP1?

Čeprav se morda zdi presenetljivo, trdim da ne, saj klasični mini PC ponudi vse, razen GPIO in strojne podpore že omenjenim komunikacijskim protokolom, za kar pa ne potrebujemo več enega USB priključka na standardnem naboru čipov za klasični PC, za kar pa z lahkoto uporabimo katerega od Microchip-ovih mikrokontrolerjev PIC ali SAM.

RP1 čip mora biti zmogljiv predvsem zato, ker podpira hitre USB 3.0 priključke in hitro komunikacijo prek Wi-Fi. Vse to je

RAČUNALNIŠKE NOVICE
bralcem revije
SVET ELEKTRONIKE
ponujajo POSEBNO
PONUDBO!

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

Navedete geslo
SVET ELEKTRONIKE.

**12 številok
BREZPLAČNO**

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

pri mini PC-jih že rešeno na druge načine, medtem ko za podporo razširitvenemu priključku z GPIO (navadno) ne potrebujemo posebej zmogljivega mikrokontrolerja. Za slednje lahko uporabimo celo Raspberry Pi Zero.

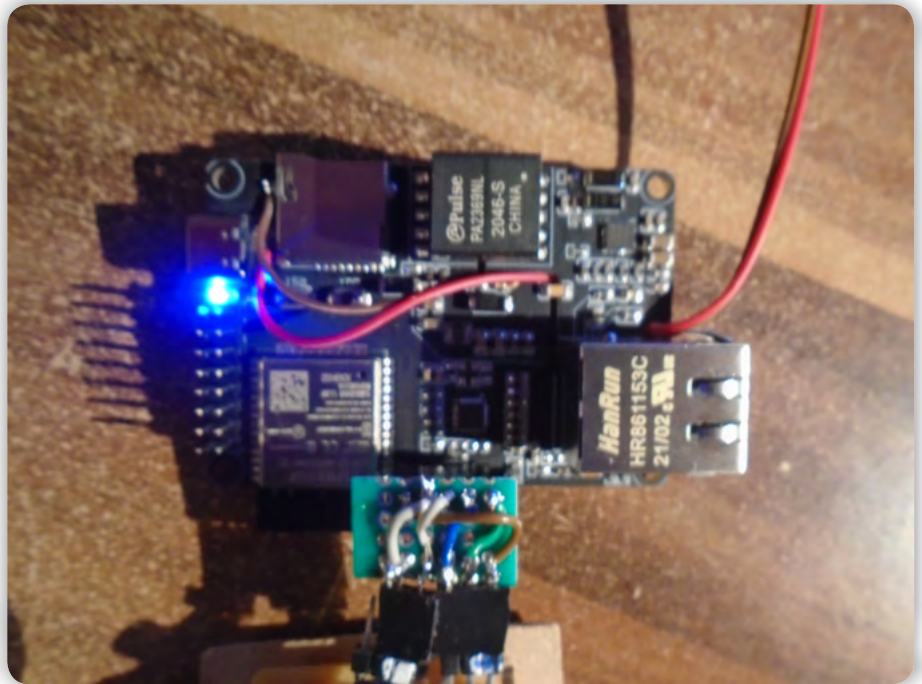
Zanimiva je tudi kombinacija starejših modelov Raspberry Pi 1, 2 in 3 z Ethernet priključki in klasičnega (mini PC), saj v primeru, da Raspberry Pi deluje kot suženj prek Ethernet vmesnika, dobimo vse manjkajoče funkcionalnosti.

Čeprav sta Raspberry Pi 4 in 5 všečna, ker ju lahko uporabljamo tudi kot namizna računalnika, so Raspberry Pi 3 in starejši modeli primernejši za vlogo sužnja prek Ethernet vmesnika, saj z glavnimi pomnilniki do 1 GB ne ponujajo zadostnih zmogljivosti za udobno delo z namizjem in sodobnimi operacijskimi sistemi. To je pravzaprav natančno to, kar potrebujemo, da lahko s klasičnim PC krmilimo doma izdelano elektroniko. Omenjen način delovanja že dolgo omogoča tudi razvojno okolje Arduino IDE, s katerim lahko Raspberry Pi sprogramiramo podobno kot ESP32 module in druge Arduino razvojne plošče.

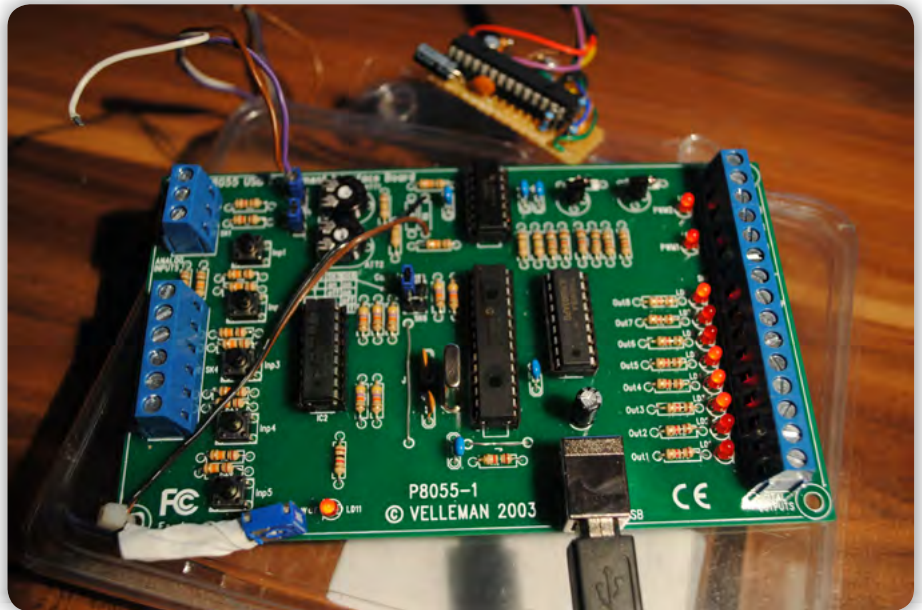
Kaj torej kupiti?

Morda ni odveč premislek o sorazmerno zmogljivem klasičnem (mini) PC in poceni Raspberry Pi z Ethernet priključkom, ki ga uporabimo kot zunanji krmilni modul brez monitorja, tipkovnice in miške... Tak sklop navadno omogoča kakovostnejšo in bistveno hitrejšo grafiko ter nekajkrat hitrejše procesiranje, obenem pa tudi podobne strojne funkcionalnosti, kot jih imajo originalne Raspberry Pi. Več na spletni strani: PCUSBProjects.com in YouTube kanalu: PCUSBProjects.

<https://pcusbprojects.com>



Slika 7: Razvojna plošča LiliGo z mikrokontrolerjem ESP32 in Ethernet priključkom



Slika 3: Vellemanova razvojna plošča z digitalnimi izhodi (tudi za krmiljenje relejev) ter digitalnimi in analognimi vhodi

IDC-6



[HTTPS://SVET-EL.SI](https://svet-el.si)

Proggly II

KODA: 5ELU0258/344, CENA: z DDV 24,90 EUR
 PROGGLY II JE USB AVR PROGRAMATOR.
 MAJHEN, ZANESLJIV.



svet MEHATRONIKE

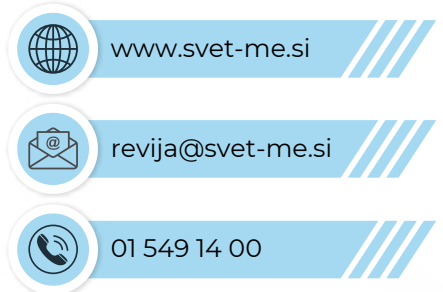


TEMATIKE

- novice
- robotika
- avtomatizacija
- strojništvo
- primeri dobre prakse

NAROČNINA

4 revije na leto
PTT strošek 6,00 €/leto



TOČKA REVIEJE

Poiščite **brezplačno revijo**
v izbranih trgovinah!

<https://svet-me.si/tocke-revije/>



AX ELEKTRONIKA

ZALOŽNIK

AX ELEKTRONIKA d.o.o.

Depala vas 39, 1230 Domžale

TEMATIKE

- novice
- elektronika za začetnike
- programiranje
- samogradnje

NAROČNINA

PRAVNE OSEBE: 49,50 €/leto

FIZIČNE OSEBE: 44,00 €/leto

DIJAKI IN ŠTUDENTJE: 41,25 €/leto



svet ELEKTRONIKE

PRIROČNIK za PROGRAMERJE

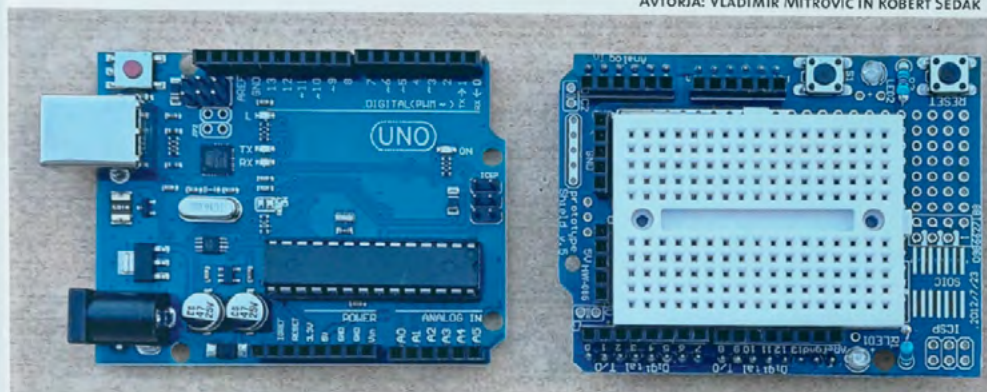
V predprodaji
20% ceneje!

ZAČETNI KORAKI PRI PROGRAMIRANJU

GEEKCREIT

PRIROČNIK ZA PROGRAMERJE

AVTORIA: VLADIMIR MITROVIĆ IN ROBERT SEDAK



GEEKCREIT UNO R3 STARTER KIT



ELEKTRONIK svet

