

SE
298

REVILJA ZA ELEKTRONIKO, AVTOMATIKO, RAČUNALNIŠTVO IN TELEKOMUNIKACIJE

svet ELEKTRONIKE

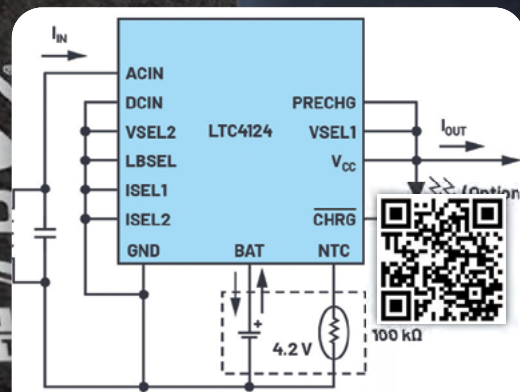
ISSN 1318-4679



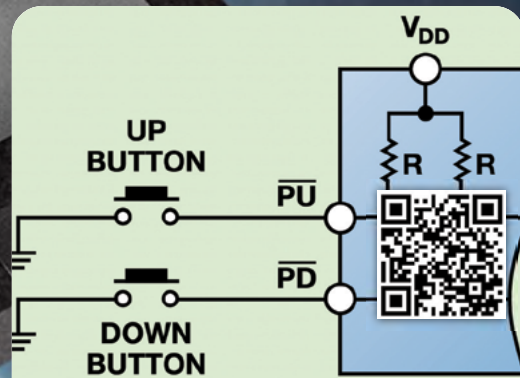
9 771318 467014



letnik XXVIII
julij/avgust 2021
številka 298
cena:
4,50 €



Brezžično polnjenje baterij



Digitalni potenciometri

**Infineon in Reality AI učijo
ADAS avtomobile, kako slišati
Novi mikrofoni spremljajo okolico vozil
Programabilna tekstilna vlakna
Trust platforma zagotavlja varnost
od zasnove do uvajanja
Shield-A: krmilimo RGB LED-ic**



PICO razvojna plošča

**BREZPLAČNA
DOSTAVA**
PRI NAROČILIH NAD
50 € ALI 60 \$*



Podpiramo ideje širom sveta



(+386)-1-888 9071
DIGIKEY.SI



V zadnjih 90 dneh smo dodali več kot 100.000 najnovejših izdelkov

*Pri vseh naročilih pod 50,00 € bodo zaračunani stroški pošiljanja v vrednosti 20,00 €. Pri vseh naročilih pod 60,00 USD bodo zaračunani stroški pošiljanja v vrednosti 30,00 USD. Vsa naročila so poslana prek UPS, Federal Express ali DHL in dostavljena v roku 2 do 4 dni (odvisno od končnega cilja). Brez stroškov obdelave. Vse cene so v evrih ali ameriških dolarjih. Digi-Key je pooblaščen distributer za vse partnerske dobavitelje. Dnevno dodajamo nove izdelke. © 2021 Digi-Key Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, ZDA

 **ECIA MEMBER**
Supporting The Authorized Channel



Jurij Mikeln

Konferenca IKTEM 2021 je uspela!

REVIJA ZA ELEKTRONIKO, AVTOMATIKO, RACUNALNIŠTVO IN TELEKOMUNIKACIJE

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

Glavni in odgovorni urednik:

JURIJ MIKELN, dipl.inž.

Tel.: 01 549 14 00

E-pošta: stik@svet-el.si

Tehnični urednik:

Samo Gregorčič

E-pošta: dtp@svet-el.si

Prodajni servis, naročnine:

Samo Gregorčič

E-pošta: prodaja04@svet-el.si

Marketing:

Tel: 01 549 14 00

GSM: 031 872 580

E-pošta: stik@svet-el.si

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

Založnik in računalniški prelom:

AX ELEKTRONIKA d.o.o.

Depala vas 39, 1230 Domžale

Direktor:

JURIJ MIKELN, dipl.inž.

Tisk:

EVROGRAFIS d.o.o.

Naklada do: 1.500 izvodov

ISSN 1318 4679

Spletna revija:

<https://svet-el.si/category/revija/pretekle-ste-vilke>

Cena za posamezni izvod je 4,50 EUR, za letno naročnino priznavamo 25% popust za dijake in študente s potrdilom o šolanju, 20% popust ostalim fizičnim osebam ter 10% popust za podjetja. V skladu s 25. členom 7. odstavka Zakona o davku na dodano vrednost se za revijo Svet elektronike plačuje in obračunava 9,5% DDV.

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

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

Drage bralke, dragi bralci,

konferenca IKTEM je uspela. Covid-19 situacija nam je preprečila, da bi konferenco organizirali na Rogli. Marsikdo od nas se je namreč veselil prijetnega druženja na Rogli. Ampak ne glede na to je konferenca uspela. Preko Zoom platforme smo slišali veliko zanimivih predavanj. Tudi jaz – ki sem vedel, o čem bodo predavatelji govorili, sem bil pri več predavanjih prijetno presenečen nad slišanimi informacijami. Verjamem, da ste bili (boste) tudi vi zadovoljni in zato smo konferenco tudi posneli ter je na voljo na Svet elektronike Youtube kanalu.

Poletje je v polnem zamahu in večina nas išče hladne prostore. Moja delavnica je v prijetno hladni kleti in je tako rekoč idealna za ustvarjanje med poletnimi vročimi dnevi. Tematik za ustvarjanje je vedno dovolj, nekaj pa jih prinaša tudi tokratna številka revije Svet elektronike.

Tako boste v njej našli članek za enostaven FM radijski sprejemnik – ki preverjeno deluje. Vezje je zelo enostavno in sestava sprejemnika ne bi smela biti problem tudi za elektrone – začetnike.

Malce bolj napredni elektrone boste z zanimanjem prebrali članek o digitalnih potenciometrih, ki jih srečujemo v vsakodnevnih napravah, v katerih je potrebno nastavljati - recimo glasnost audio signala. Za preklon signalov pa že dolgo uporabljamo tranzistorje različnih vrst: bipolarne in MOSFET-tranzistorje, kar boste lahko prebrali v tokratni številki.

Naj omenim še opis nove PICO razvojne plošče, ki je ugledala luč sveta ne dolgo tega. PICO plošča je zanimiva zato, ker ima vgrajen čip 2040, ki se nahaja na poznani Raspberry Pi razvojni plošči. Zato bo marsikateri razvijalec za manj zahtevne naloge namesto RPi uporabil kar precej cenejšo PICO razvojno ploščo.

Vsi tisti, ki pa »stavite« na brezžično tehnologijo, se boste razveselili članka o naprednem brezžičnem polnilniku baterij. Seveda lahko preko spleta nabavite razne »no-name« brezžične polnilnike, ki sicer delujejo, vprašanje pa je s kakšnim izkoristkom. Predstavljeni brezžični polnilnik je prav zaradi odličnega izkoristka nekaj posebnega, zato vabljeni k branju.

V času, ko pišem ta uvodnik, je poletje v polnem razmahu – in prav je tako. Poletje je čas, ko se vse malce upočasni, zato je to toliko bolj primeren čas, da vzamete v roke svoj izvod revije Svet elektronike.

Malo pa se bomo »upočasnili« tudi v uredništvu revije Svet elektronike, saj tudi mi odhajamo na dopust in se vidimo/beremo v naslednji številki revije, ki izide v 1. tednu septembra. Takrat se bomo že pripravljali na sejamski dogodek leta – MOS v Celju, kjer bomo prisotni tudi mi. Rezervirajte si že zdaj čas za ogled MOS sejma.

Jure

Lep pozdrav!
Jure

IDC-10



Koda: 5ELU0258, Cena: z ddv 24,90 EUR
PROGGY II je USB AVR programator.

proppy II

<https://svet-el.si>



KAZALO

UVODNIK

- 3 Konferenca IKTEM 2021 je uspela!

NOVICE

- 5 Brezplačne Počitniške šole Akademije FERI za šolarje in dijake
<https://feri.um.si>
- 7 Infineon in Reality AI učijo ADAS avtomobile, kako slišati
<https://www.electronicsspecifier.com>
- 8 Programabilno vlakno vsebuje pomnilnik, temperaturne senzorje in usposobljen program za nevronske mreže
<https://techxplore.com>
- 10 Farnell pričel s prodajo PICO razvojne plošče
<https://www.electronicsspecifier.com>

PREDSTAVLJAMO

- 12 Bipolarni tranzistorji
Avtor: Thomas Bolz
<https://www.rutronik.com>
- 14 Sklenjena zanka med sprejemnikom brezžičnega polnilnika in oddajnikom brez uporabe digitalnih krmilnikov
Avtor: Wenwei Li, Aplikacijski inženir
<https://www.analog.com>
- 19 Trust platforma zagotavlja varnost od zasnove do uvajanja
Avtor: Nicolas Demoulin
<https://www.microchip.com>
- 24 Osnove digitalnih potenciometrov in njihova uporaba
Avtor: Rolf Horn
<https://www.digikey.com>

PROGRAMIRANJE

- 30 Krmiljenje RGB LED-ic (2)
Avtorja: mag. Vladimir Mitrović in Robert Sedak
<https://svet-el.si>
- 34 PYTHON 6 - SoC
Avtor: Boštjan Šuhel
<https://svet-el.si>
- 40 AVR, ESP, PIC in drugi Arduino projekti, ko gre za res!
Avtor: dr. Simon Vavpotič
<https://svet-el.si>

SAMOGRADNJA

- 47 Preprost UKV FM radijski sprejemnik
Matjaž Vidmar, S53MV
<https://svet-el.si>

STIK

- 58 Info in naročanje
<https://svet-el.si>

ALKATRON
DIGI-KEY
MICROCHIP

05
02
21

STROMBOLI D.O.O.
TZS

46
39

OGLAŠEVALCI

Farnell pričel s prodajo PICO razvojne plošče

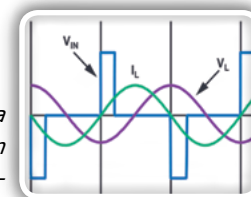
Čip, ki tvori osrčje Raspberry Pi Pico v vrednosti 4 USD, je zdaj na voljo kot samostojna komponenta pri podjetju Farnell. Čip 2040 zagotavlja visoko zmogljivost, je enostaven za uporabo in je poceni. Mikrokontroler ponuja visoko zmogljivost za večino delovnih...



Stran: 10

Sklenjena zanka med sprejemnikom brezžičnega polnilnika in oddajnikom brez uporabe digitalnih krmilnikov

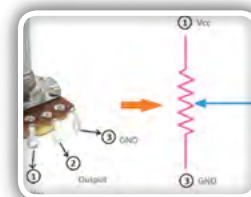
Ta članek predstavlja metodo za sklenitev zanke med sprejemnikom in oddajnikom brez povečanja števila komponent (in dragocenega prostora) na plošči sprejemnika. Prototip zaprtocančnega nadzorovanega brezžičnega polnilnika je izdelan...



Stran: 14

Osnove digitalnih potenciometrov in njihova uporaba

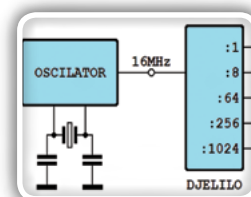
Mehanske potenciometre načrtovalci že desetletja uporabljajo v različnih aplikacijah, od nastavitve vezij do nadzora glasnosti. Vendar imajo svoje omejitve: njihovi gibljivi kontakti se lahko obrabijo, dovzetni so za vdor vlage in lahko se nenamerno premaknejo iz nastavljenega položaja...



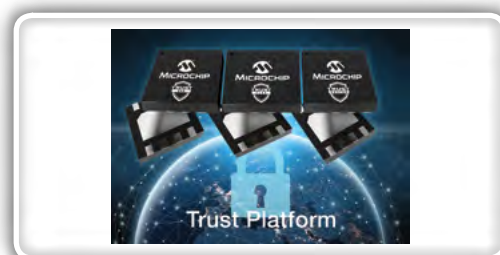
Stran: 24

Krmiljenje RGB LED-ic (2)

Shield-A, učni pripomoček za programiranje mikrokontrolerjev (11). V 13. programski nalogi smo posamično vključevali RGB diode oziroma smo na vseh sočasno vklopili isto barvo - to je naloga, ki jo lahko rešimo na »običajen« način in to tako, da postavimo priključke mikrokontrolerja v določena...



Stran: 30

Naslovnica: www.microchip.com

Brezplačne Počitniške šole Akademije FERI za šolarje in dijake

UM FERI

Kontakt: Pia Prebevšek

Maribor, 15. junij – Na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru (FERI) letošnje šolanje v tem tednu zaključujejo študenti, svoja vrata pa zdaj odpirajo novih znanj željnim osnovnošolcem in srednješolcem. Na začetku in koncu poletnih počitnic pripravljajo že tradicionalne brezplačne Počitniške šole Akademije FERI, ki udeležence vedno navdušijo z uporabnimi, aktualnimi in privlačnimi tehničnimi vsebinami.



Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko



Že tradicionalne počitniške šole prinašajo osnovnošolcem in srednješolcem privlačne in zanimive vsebine iz elektrotehnike, računalništva, informatike in telekomunikacij.

Na FERI že vrsto let, poleg rednih dodiplomskih, magistrskih in doktorskih programov, mnoga znanja širijo v Akademiji FERI, kjer skozi vse leto pripravljajo aktualne in privlačne vsebine za najrazličnejše skupine udeležencev. »Posebej smo ponosni, da na zelo dober odziv vedno naletijo naše dejavnosti za mlade - počitniške šole, sobotne delavnice za srednješolce, naravoslovno-tehniški dnevi, tekmovanja, ki jih organiziramo ali soorganiziramo. Z veseljem gostimo tudi učitelje in svetovalne delavce, ki jih zanimajo področja delovanja in raziskovanja naše fakultete,« pojasnjuje prodekan za izobraževalno dejavnost doc. dr. Boštjan Vlaovič. V času letošnjih poletnih počitnic so tako za osnovnošolce in srednješolce ponovno pripravili brezplačne počitniške šole: »Vanje smo povezali izredno aktualna znanja s tehniških področij, ki bodo vse vedoželjne zagotovo pritegnila. Naši mladi udeleženci bodo tako lahko pridobili koristna znanja in morebiti dobili tudi navdih za izbiro svoje strokovne poti,« še dodaja doc. dr. Boštjan Vlaovič.

Počitniške delavnice Akademije FERI bodo potekale takoj po koncu šolskega leta,

NOVICE

PHOENIX CONTACT
INSPIRING INNOVATIONS

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

Prihranite na prostoru in času z distribucijskimi bloki PTFIX.

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

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

Phoenix Contactova tehnologija polnjenja postavlja nove standarde v elektromobiliteti.

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

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

ALKATRON
d. o. o., Novo mesto

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

med 28. 6. in 1. 7., ter tik pred začetkom novega šolskega leta, od 25. 8. do 27. 8. Teme delavnic s področij elektrotehnike, računalništva, informatike in telekomunikacij so aktualne, zanimive in raznolike:

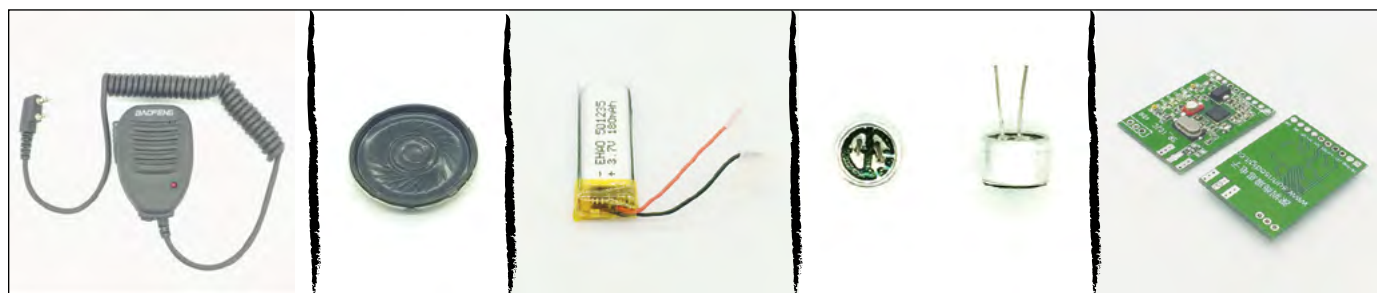
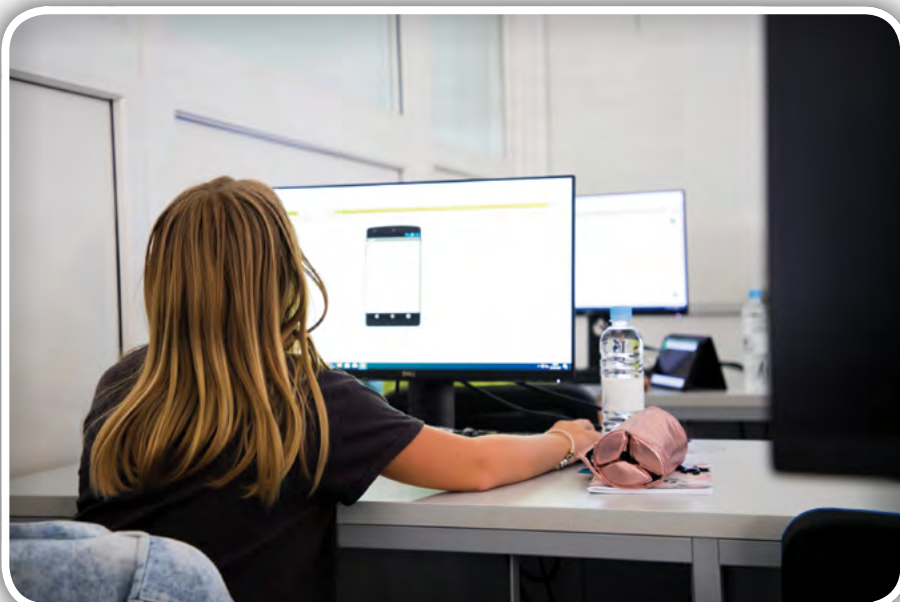
- Vaje z digitalnim osciloskopom (za srednješolce; 28. 6. – 1. 7.)
- Sodobna elektroenergetika (za srednješolce; 29. 6. – 1. 7.)
- Programiranje v bločnih in tekstovnih jezikih za OŠ (za osnovnošolce; 25. – 27. 8.)
- Programiranje za dekleta (za srednješolce; 25. – 27. 8.)
- Zakaj Linux v računalništvu? (za srednješolce; 25. – 27. 8.)
- Razvoj interaktivne spletne aplikacije (za srednješolce; 25. – 27. 8.)
- Z umetno inteligenco razpoznavamo slike (za srednješolce; 25. – 27. 8.)

Udeleženci se bodo na delavnicah družili vsak dan med 9. in 14. uro (6 šolskih ur), poskrbljeno bo tudi za ves material, prigrizke in kosilo. Število mest je omejeno. Prijave so že odprte in mesta se hitro polnijo!

Vljudno vas vabimo, da se nam na kateri izmed delavnic pridružite in iz prve roke preverite, kako se imajo udeleženci in kakšne vsebine spoznavajo.

Za več informacij smo dosegljivi na pr.feri@um.sioz.si na telefonsko številko 02 220 7110 ali 041 245 122 (Pia Prebevšek).

<https://feri.um.si>



Walkie Talkie

<https://svet-el.si>

BK4802 – nov poceni čip za FM govorno komunikacijo.

Pokriva sledeče frekvence:
 24MHz~32MHz • 128MHz~170MHz
 35MHz~57MHz • 384MHz~512MHz

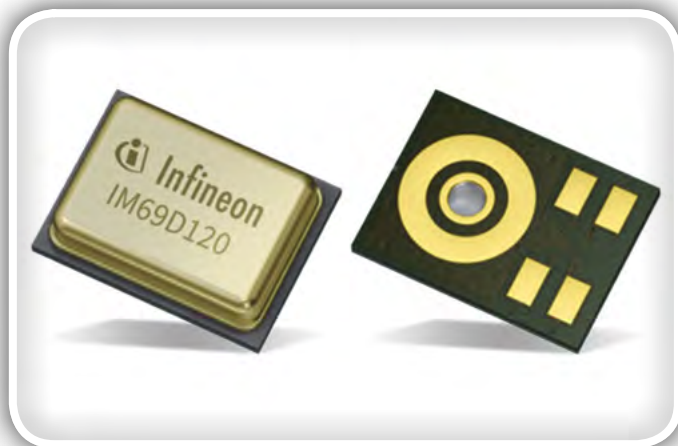
Infineon in Reality AI učijo ADAS automobile, kako slišati

Electronic Specifier Ltd.

Avtor: Alex Lynn, Infineon Technologies AG

Današnji napredni sistemi za pomoč vozniku (ADAS) temeljijo na kamerah, radarju ali lidarju. Posledično morajo biti njihovi ciljni objekti znotraj vidnega polja, da jih sistem prepozna. To pa se pri vozilih na nujni vožnji spremeni v slabost - slišati jih je mogoče veliko prej, kot jih je mogoče videti, zato so ADAS-u dlje časa nevidni.

Za reševanje tega izziva je Infineon Technologies skupaj z Reality AI ustvaril napredno zaznavno rešitev, ki vozilu daje »sluh«. Ta rešitev doda XENSIV MEMS mikrofone obstoječim senzorskim sistemom. Avtomobilom omogoča, da »vidijo« za vogalom in opozorijo na premikajoče se predmete, skrite v mrtvi koti, ali bližajoča se vozila, ki so še vedno predaleč, da bi jih videli.



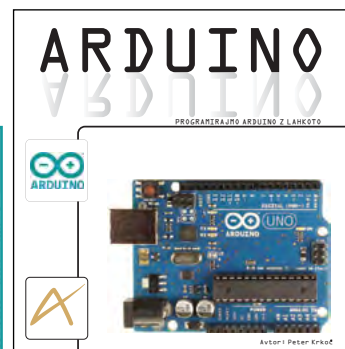
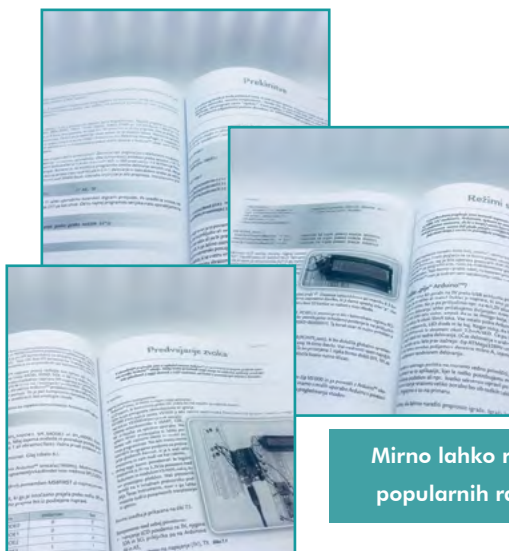
Nova senzorska rešitev, ki bo predstavljena v Infineonovem dogodku "Virtual Sensor Experience", temelji na XENSIV MEMS mikrofoni v kombinaciji z AURIX (MCU) mikrokontrolerji in avtomobilskim sistemom See-With-Sound (SWS) podjetja Reality AI. Z uporabo algoritmov, ki temeljijo na strojnem učenju, lahko sistem zazna vozila na nujni vožnji, avtomobile in druge udeležence na cesti - tudi če jih vozniki ne vidijo ali jih ne zaznajo senzori, vgrajeni v ADAS vozilu. Strojno učenje zagotavlja tudi, da so sirene vozil na nujni vožnji, specifične za posamezno državo, prepoznane v vseh delih sveta.

Avtomobilski mikrofoni XENSIV MEMS IM69D120A ima povečano območje delovne temperature od -40 do +105 °C, kar omogoča različne primere uporabe v zahtevnih avtomobilskih okoljih. Nizka popačenja (THD) in visoka točka zvočne preobremenitve (AOP) 130 dB SPL omogočajo mikrofonom zaje-manje zvočnih signalov brez popačenja v glasnih okoljih. To omogoča zanesljivo razvrstitev, tudi če je zvok sirene skrit v močnem šumu ozadja ali vetru. Ta tehnologija zaznavanja zvoka lahko omogoči tudi druge aplikacije v vozilih, kot so spremljanje stanja ceste, odkrivanje poškodb ali celo prediktivno vzdrževanje.



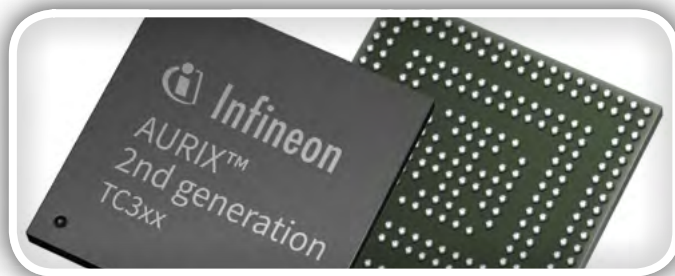
PROGRAMIRAJMO Z LAHKOTO

literatura za vsakogar

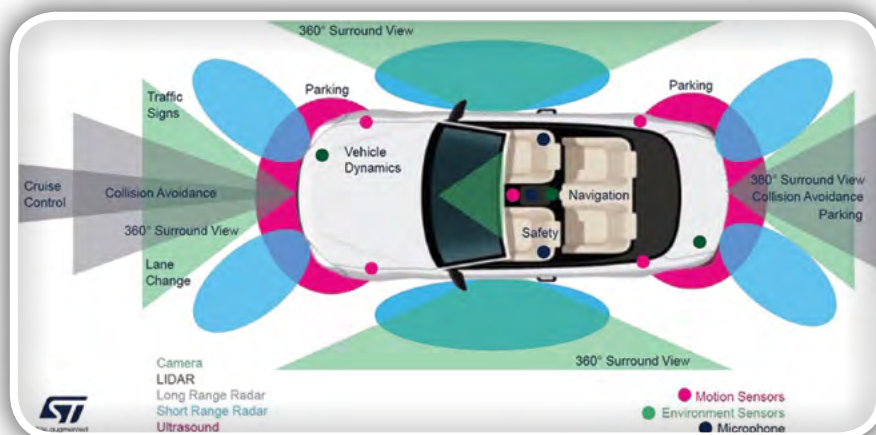
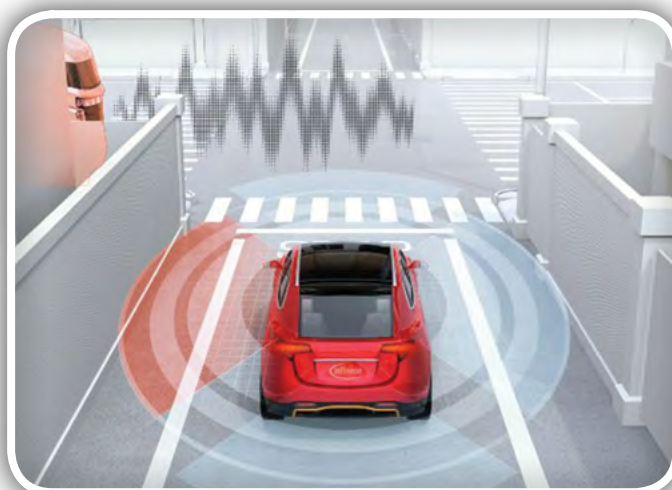


Mirno lahko rečemo, da je Arduino eden najbolj
popularnih razvojnih sistemov zadnjih nekaj let

<https://svet-el.si>



Programska oprema Reality AI za obdelavo zvočnega signala uporablja Infineonovo družino MCU-jev AURIX TC3x, ki se pogosto uporablja v več avtomobilskih aplikacijah. Prilagodljiva MCU družina ponuja obseg od enega do šestih jeder in do 16 MB Flash spomina s funkcionalno varnostjo do ASIL-D v skladu s standardom ISO26262 2018 in popolno kibernetsko varnost



EVITA. AURIX TC3x strankam omogoča zmogljivost in prilagodljivost za uporabo XENSIV MEMS mikrofонов v primerih ADAS uporabe. XENSIV MEMS IM67D130A mikrofón lahko že zdaj naročite v PG-LLGA-5-4 ohišju.

Povzeto po:

- <https://www.electronicsspecifier.com/industries/automotive/infineon-and-reality-ai-teach-ad-as-cars-how-to-hear>

<https://www.electronicsspecifier.com>



Programabilno vlakno vsebuje pomnilnik, temperaturne senzorje in usposobljen program za nevronska mreža

Science X

Avtorica: Becky Ham, Massachusetts Institute of Technology

MIT raziskovalci so ustvarili prvo vlakno z digitalnimi zmožnostmi, ki lahko shrani, analizira in sklepa o dejavnosti, potem ko je zašito v majico.

Yoel Fink, profesor materialnih znanosti in elektrotehnike, glavni raziskovalec Raziskovalnega laboratorija za elektroniko in starejši avtor študije pravi, da digitalna vlakna širijo možnosti, s čemer tkanine odkrijejo kontekst skritih vzorcev v človeškem telesu, ki se lahko uporablja za spremljanje telesne zmogljivi-

vosti, sklepanje zdravstvenega stanja in zgodnje odkrivanje bolezni.

Nekoč v prihodnosti boste lahko shranili svojo poročno glasbo v obleki, ki ste jo nosili na veliki dan - o tem kasneje.



Slika 1: Raziskovalci na MIT so ustvarili prvo tkaninsko vlakno z digitalnimi zmožnostmi, ki je pripravljeno zbirati, shranjevati in analizirati podatke z uporabo nevronske mreže. Zasluge: Slika: Anna Gittelson. Foto: Roni Cnaani.

Fink in njegovi kolegi opisujejo značilnosti digitalnih vlaken v *Nature Communications*. Do zdaj so bila elektronska vlakna analogna - in so prenašala neprekinjen analogni električni signal - in ne digitalnega, kjer je mogoče diskretne delce informacij kodirati in obdelati v ničle oziroma enice. "To delo predstavlja prvo realizacijo tkanine z možnostjo digitalnega shranjevanja in obdelave podatkov, ki tekstilu doda novo dimenzijo informacijske vsebine in omogoča dobesedno programiranje tkanin," pravi Fink. Gabriel Loke doktorski študent na MIT in postdoktor MIT Tural Khudiyev sta glavna avtorja prispevka.

Spomin in še več

Novo vlakno je bilo ustvarjeno z namestitvijo na stotine kvadratnih silicijevih mikroskopskih digitalnih čipov v predobliko, ki je bila nato uporabljena za ustvarjanje polimernih vlaken. Z natančnim nadzorom pretoka polimerov so raziskovalci lahko ustvarili vlakno z neprekinjeno električno povezavo med čipi v dolžini deset metrov.

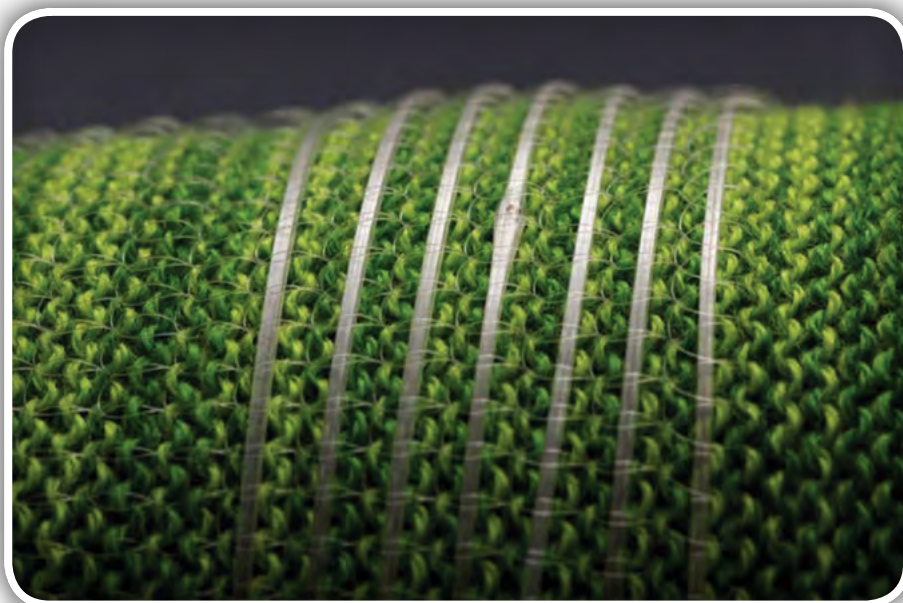
Sama vlakna so tanka in fleksibilna in jih lahko z iglo zašijemo v tkanine in vsaj 10-krat operemo, ne da bi se zlomila. Loke pravi: "Ko jih vtkeš v majico, jih sploh ne čutiš. Ne bi vedel, da so tam." Izdelava digitalnih vlaken "odpira različna področja priložnosti in dejansko rešuje nekatere težave funkcionalnih vlaken," pravi. Na primer, ponuja način za nadzor posameznih elementov znotraj vlakna, in sicer od ene točke na koncu vlakna. "Naše vlakno si lahko predstavljate kot hodnik, elementi pa so kot sobe in imajo vsak svoje edinstvene digitalne številke

sob," pojasnjuje Loke. Raziskovalna skupina je razvila metodo digitalnega naslavljanja, ki jim omogoča, da "vklopijo" funkcionalnost enega elementa, ne da bi vklopili vse elemente.

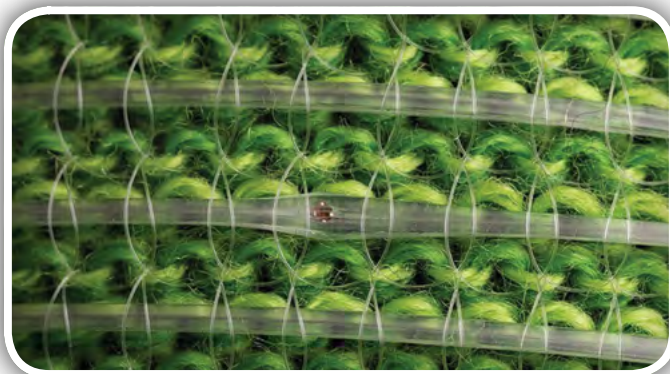
Digitalno vlakno lahko shrani tudi veliko informacij v pomnilnik. Raziskovalci so lahko napisali, shranili in prebrali podatke o optičnem vlaknu, vključno s 767-kilobitno barvno datoteko s kratkimi filmi in glasbeno datoteko z 0,48 megabajta. Datoteke lahko brez dodatnega napajanja shranite dva meseca. Ko so sanjali o "norih idejah" za vlakna, pravi Loke, so razmišljali o aplikacijah, kot je poročna obleka, ki bi digitalno poročno glasbo shranila v preplet tkanine, ali celo zapisali zgodbo o nastanku vlaken v njene sestavne dele. Fink ugotavlja, da so raziskovalci na MIT tesno sodelovali s tekstilnim oddelkom RISD, ki ga je vodila Anais Missakian. Izredna profesorica Anna Gittelson-Kahn je digitalna vlakna vključila v pleten oblačilni rokav in tako utrla pot k ustvarjanju prvega digitalnega oblačila.

Umetna inteligenca na telesu

Vlakno naredi tudi nekaj korakov naprej v umetno inteligenco, tako da v pomnilnik vlaken vključi nevronske mreže s 1.650 povezavami. Potem ko so ga zašili okoli pazduhe srajce, so raziskovalci z vlakni zbrali 270 minut podatkov o površinski telesni temperaturi osebe, ki je nosila srajco, in analizirali, kako ti podatki ustrezajo različnim fizičnim aktivnostim. Na



Slika 2: "To delo predstavlja prvo realizacijo tkanine z možnostjo shranjevanja in obdelave podatkov, dodaja nove dimenzije informacijske vsebine tekstilom in omogoča dobesedno programiranje tkanin," z enim samim postopkom za povezavo stotih digitalnih naprav v dolgem prilagodljivem vlaknu, pravi Fink. Zasluge: Slika: Anna Gittelson. Foto: Roni Cnaani.



podlagi teh podatkov je vlakno lahko s 96-odstotno natančnostjo ugotavljalo, s katero dejavnostjo se je ukvarjala oseba, ki jo je nosila. Raziskovalci pravijo, da dodajanje komponente umetne inteligence vlaknu še povečuje njegove možnosti. Tkanine z digitalnimi komponentami lahko sčasoma zberejo veliko informacij po telesu, ti "veliki podatki" pa so kot nalašč za algoritme strojnega učenja, pravi Loke.

"Ta vrsta blaga lahko daje količinsko in kakovostno odprtokodne podatke za pridobivanje novih vzorcev telesa, za katere prej nismo vedeli," pravi.

S to analitično močjo bi lahko vlakna ne-

koč v realnem času zaznala in opozorila ljudi na zdravstvene spremembe, kot je upadanje dihanja ali nepravilen srčni utrip, ali športnikom med treningom dostavila podatke o aktivaciji mišic ali srčnem utripu. Vlakno nadzoruje majhna zunanja naprava, zato bo naslednji korak oblikovanje novega čipa kot mikrokontrolerja, ki ga bo mogoče povezati znotraj samega vlakna.

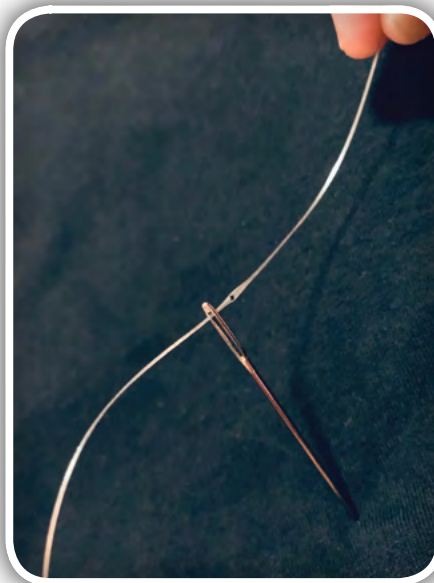
"Ko bomo to lahko storili, mu bomo lahko rekli optični računalnik," pravi Loke.

Drugi soavtorji MIT Wei Yan; Dodiplomski študentje MIT-a Brian Wang, Stephanie Fu, Ioannis Chatziveroglou, Syamantak Payra, Yorai Shaoul, Johnny Fung in Itamar Chinn; John Joannopoulos, profesor za fiziko Francis Wright Davis in direktor Inštituta za vojaške nanotehnologije na MIT; študent magistrskega študija Univerze za znanost in tehnologijo Harrisburg Pin-Wen Chou; izredna profesorica šole za oblikovanje na Rhode Islandu Anna Gitelson-Kahn in profesorica Anais Missakian.

Povzeto po:

- <https://techxplore.com/news/2021-06-programmable-fiber-memory-temperature-sensors.html>

<https://techxplore.com>



electronic
specifier

Farnell pričel s prodajo PICO razvojne plošče

Electronic Specifier Ltd.

Čip, ki tvori osrčje Raspberry Pi Pico v vrednosti 4 USD, je zdaj na voljo kot samostojna komponenta pri podjetju Farnell. Čip 2040 zagotavlja visoko zmogljivost, je enostaven za uporabo in je poceni.

Mikrokontroler ponuja visoko zmogljivost za večino delovnih obremenitev, velik pomnilnik na čipu in široko paleto I / O možnosti, zaradi česar predstavlja prilagodljivo rešitev za širok spekter aplikacij.

Razvojni inženirji, ki že dobro delajo z Raspberry Pi, bodo zlahka sprejeli Raspberry Pi Pico in cenili njeno enostavnost uporabe in dostopnost.





Ključne lastnosti:

- Dve ARM Cortex-M0 + jedri s taktom 133 MHz
- 264 kB vgrajenega SRAM-a
- 30 večnamenskih GPIO priključkov
- Namenska strojna oprema za pogosto uporabljene zunanje naprave skupaj z V / I programirljivim podsistemom za podporo razširjeni zunanji periferiji
- Štirikanalni ADC z notranjim temperaturnim senzorjem
- Vgrajen USB 1.1 s podporo za gostitelja in klienta

Lee Turner, vodja oddelka za polprevodnike in SBC pri Farnellu, je dejal: »Veseli smo, da se je Raspberry Pi odločil, da bo ta čip na voljo kot samostojna komponenta. Raspberry Pi Pico, katerega jedro je RP2040, je bil zelo priljubljen med kupci in kaže potencial za preoblikovanje trga mikrokontrolerjev na enak način, kot je to storila prvotna Raspberry Pi plošča za računalnike na eni plošči. Kupci lahko zdaj uporabljajo Raspberry Pi Pico v fazi načrtovanja in se preusmerijo na RP2040 v proizvodnji, kar daje razvijalcem izjemno prilagodljivost in priložnost.«

Distributer ponuja celotno paleto Raspberry Pi računalnikov na eni plošči, vključno z nedavno predstavljenim Raspberry Pi Pico, ki strankam omogoča izdelavo široke palete naprav za domačo, profesionalno, izobraževalno ali komercialno uporabo.

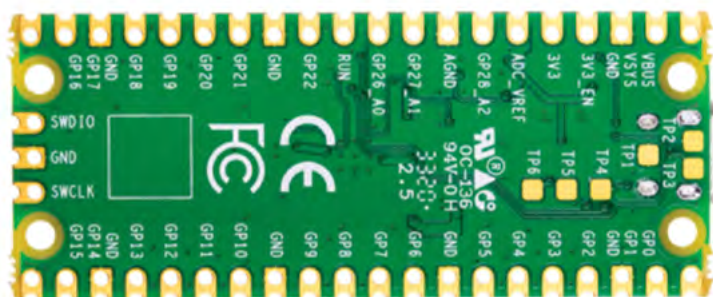
24/5 tehnična podpora je na voljo skupaj z brezplačnim dostopom do dragocenih spletnih virov na spletnem mestu Farnell ter skupnosti inženirjev in proizvajalcev, element14.

Raspberry Pi 2040 je od 1. junija dalje na voljo pri Farnellu v EMEA, Newarku v Severni Ameriki in element14 v azijsko-pacifiški regiji.

Povzeto po:

- <https://www.electronicsspecifier.com/products/micros/farnell-brings-raspberry-pi-microcontroller-to-market>

<https://www.electronicsspecifier.com>



Bipolarni tranzistorji

Rutronik GmbH

Avtor: Thomas Bolz, vodja prodaje standardnih izdelkov v podjetju Rutronik

Digitalna stikala se večinoma izvajajo z MOSFET-tranzistorji. Vmes pa so postali resna alternativa tudi bipolarni tranzistorji – ko gre za modele z nizko napetostjo nasičenja. Za preklapljanje nizkih napetosti in tokov od 100 mA do 5 A ne zagotavljajo le večjega tokovnega ojačenja, ampak tudi stroškovne prednosti.

Izzivalci MOSFET-tranzistorjev

Pri močnostnih stikalih mora tranzistor bazni tok ojačati točno toliko, da je izhodna napetost blizu ničle oz. je merljiva le še napetost nasičenja tranzistorja. Tukaj se največkrat uporabljajo MOSFET-tranzistorji, ker so krmiljeni napetostno in zato ne potrebujejo krmiljenja baze. V nasprotju so bipolarni tranzistorji (tranzistorji z bipolarnim spojem, angl. Bipolar Junction Transistors – BJT) krmiljeni tokovno in zato potrebujejo krmiljenje baze, ki lahko neprekinjeno dovaja tok.

Pri bipolarnih tranzistorjih z bistveno večjim tokovnim ojačenjem (h_{FE}) in veliko nižjo napetostjo nasičenja (V_{CEsat}) pa zadostuje že občutno manjši bazni tok. Njihovo večje tokovno ojačenje ga zmanjša do te mere, da jih je mogoče krmiliti že z majhnimi tokovi neposredno iz mikrokontrolerja. Če naj tranzistor preklaplja tok 1 A in ima h_{FE} enako 100, mora znašati bazni tok najmanj 10 mA, da je zagotovljeno nasičenje tranzistorja. Če ima tranzistor tokovno ojačenje 500, zadostujeta že 2 mA.

Poleg tega se s tem bistveno zmanjšajo izgube na preduporu za bazo in napetosti baza-emitor (V_{BE}). Če deluje tranzistor kot nizkofrekvenčno stikalo, majhne napetosti nasičenja zmanjšajo izgube moči na spoju kolektor-emitor in s tem dopuščajo večje kolektorske tokove (IC) na isti površini polprevodnika.

Za popolni vklop potrebujejo bipolarni tranzistorji z nizko napetostjo nasičenja (V_{CEsat}) nizko napetost med bazo in emitorjem, ki znaša le od 0,3 do 0,9 V, tako da so idealni za uporabo kot stikalo pri nizkih napetostih. Ta krmilna napetost velja za celotno temperaturno območje.

Če se bipolarni tranzistorji uporabljajo kot nasičena stikala, lahko vplivajo tudi na prevodnost kolektorskega območja in s tem bistveno zmanjšajo upornost kolektor-emitor v nasičenem stanju (R_{CEsat}). MOSFET-tranzistorji imajo prevodnosti



nimajo. Vendar pa se s tem podaljša čas odvajanja akumuliranega naboja, kar podaljša preklapne cikle.

Zaradi svoje tranzitne frekvence so tranzistorji uporabni le za načine uporabe s frekvencami do nekaj sto kHz. Če delimo tranzitno frekvenco s faktorjem ojačanja, dobimo mejno frekvenco. Določena je kot prag, kjer tokovno ojačenje pade za -3 dB (to je faktor 0,707). Tej frekvenci se ne približujemo.

Daljši čas delovanja mobilnih naprav

Zaradi visokega ojačanja imajo bipolarni tranzistorji z nizko napetostjo nasičenja (V_{CEsat}) tudi višji izkoristek v primerjavi s klasičnimi bipolarnimi tranzistorji in MOSFET-i. Skupaj z baznim uporom lahko tako nadomestijo MOSFET in Schottkyjevo diodo. To pomeni predvsem pri mobilnih in/ali baterijskih napravah, kot so električne zobne ščetke, brivniki ali ročni mešalniki, prednosti zaradi daljšega delovanja z baterijo in manjših stroškov za komponente. Poleg tega so bipolarni tranzistorji bistveno manj občutljivi na elektrostatične razelektivitve (ESD – Electro Static Discharge) kot MOSFET-i: Prenesejo več kot 8000 V razelektivitve in imajo že sami po sebi nekaj zaščite pred napetostnimi konicami.

Pri višjih temperaturah se ojačenje tranzistorjev še poveča.



Slika 1: Bipolarni tranzistorji omogočajo daljše delovanje mobilnih naprav (vir slike: Shutterstock)



Slika 2: 45-voltni bipolarni NPN-tranzistor za majhne signale BC847BFZ iz podjetja Diodes je za 40 % manjši od primerljivih komponent v ohišjih DFN1006, SOT883 in SOT1123, vendar zagotavlja večjo zmogljivost. (vir slike: Diodes)

Hkrati se zmanjša delež napetosti baza-emitor ($U_{BE(sat)}$) pri največjem dovoljenem baznem toku.

S tem je upornost kolektor-emitor v nasičenju (R_{CEsat}) pri bipolarnih tranzistorjih manjša od vklopne upornosti (R_{DSon}) primerljivega MOSFET-a. Poleg tega pri visokih gostotah toka in/ali neprekinjenih tokovih bipolarni tranzistorji proizvajajo manj toplote kot MOSFET-i na enaki površini polprevodnika.

Dodatno je napetost nasičenja pri določenem bremenskem toku sorazmerna izgubni moči. Bipolarni tranzistorji z nizko napetostjo nasičenja (V_{CEsat}) imajo torej tudi manjšo izgubno moč, kar pomeni, da je treba odvajati manj toplote. Če opazujemo skupno izgubno moč, pa moramo upoštevati tudi izgube zaradi krmiljenja baze. Te so pri bipolarnih tranzistorjih z nizko napetostjo nasičenja (V_{CEsat}) z visokim ojačanjem prav tako manjše.

Dodatna prednost bipolarnih tranzistorjev: Izklop deluje v obe smeri, tako da ni potreben dodaten zaporedni MOSFET. Poleg tega so cenejši, kar pomeni očitno stroškovno prednost pred MOSFET-i.

Visoka stikalna moč

Bipolarni tranzistorji zmorejo stikalno moč, ki nekajkrat presega njihovo največjo dovoljeno izgubno moč. Tranzistor kot stikalo ima namreč dve stacionarni delovni točki. Če v prvi teče dovolj velik bazni tok, dobimo kolektorski tok, ki pomeni sklenjeno stikalo. Na njem je preostala napetost. Ker je bazni tok v drugi delovni točki nič, se tranzistor zapre in je na njem vsa

delovna napetost. Prehod med delovni-ma točkama se zgodi zelo hitro. Posledično lahko delovno premico določimo tako, da seka hiperbolo izgubne moči, če prehod iz vključenega v izključeno stanje in obratno poteka dovolj hitro ter se ne dogaja prepogosto. Stacionarne delovne točke morajo biti vedno pod hiperbolo.

Ker omogočajo bipolarni tranzistorji zelo hitro preklapljanje v linearnem območju in omogočajo visok impulzni tok pri visoki gostoti toka, so primerni tudi kot gonilniki za krmiljenje MOSFET-ov. To pomeni manjše mere in stroške kot pri rešitvah s posebnimi gonilniškimi integriranimi vezji.

Majhne komponente za veliko moč

Bipolarni tranzistorji z nizko napetostjo nasičenja (V_{CEsat}) so običajno na voljo v ohišjih SOT za maksimalno napetost kolektor-emitor (V_{CEO}) od 10 do 100 V in kolektorski tokovi do več amperov. Trenutno najmanjši bipolarni tranzistorji na svetu imajo miniatura ohišja za diode DFD0606-3. Pri tlorisu $0,36 \text{ mm}^2$ in višini le $0,4 \text{ mm}$ je 45-voltni bipolarni NPN-tranzistor za majhne signale BC847BFZ za kar 40 % manjši od primerljivih komponent v ohišjih DFN1006, SOT883 in SOT1123. Pri tem zagotavlja večjo zmogljivost kot primerljivi tranzistorji v bistveno večjih ohišjih. Njegovo ohišje brez svinca s toplotno upornostjo le $135 \text{ }^\circ\text{C/W}$ omogoča večjo gostoto moči. Z modeli podjetja Diodes je mogoče preklapljati napetosti pod 1 V. To omogoča popoln vklop mobilnih naprav z majhno močjo. S kolektorskim tokom 100 mA in izgubno močjo 925 mW so še posebej primerni za prenosne naprave, kot so pametne ure, pripomočki za zdravje in fitnes ter potrošniški izdelki, kot so pametni telefoni in tablični računalniki. Ustrezni PNP-tranzistor je BC857BZ.

Zaključek

Za številne načine uporabe s preklapljanjem so bipolarni tranzistorji z nizko napetostjo nasičenja ne le ustrezna zamenjava za MOSFET-e, ampak ponujajo tudi prednosti: Imajo manjšo vklopno upornost, delujejo s krmilno napetostjo pod 1 V, so zelo temperaturno stabilni in niso občutljivi na ESD. Ker izklop deluje v obe smeri, se lahko izognemo drugemu MOSFET-u. Njihova izgubna moč in s tem segrevanje sta manjša, enako kot njihova cena.

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

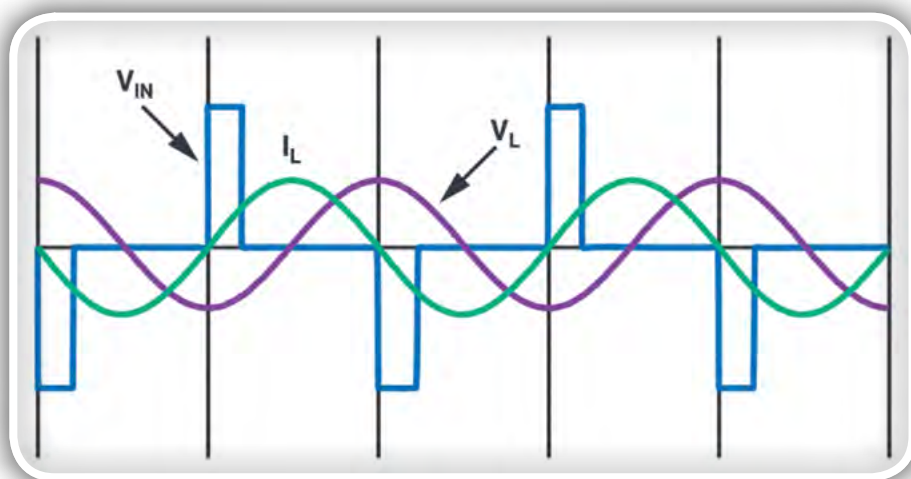
Sklenjena zanka med sprejemnikom brezžičnega polnilnika in oddajnikom brez uporabe digitalnih krmilnikov

Analog Devices, Inc.

Avtor: Wenwei Li, Aplikacijski inženir

Ta članek predstavlja metodo za sklenitev zanke med sprejemnikom in oddajnikom brez povečanja števila komponent (in dragocenega prostora) na plošči sprejemnika. Prototip zaprtozanknega nadzorovanega brezžičnega polnilnika je izdelan z uporabo LTC4125 AutoResonant™ oddajnika in LTC4124 Li-Ion polnilnika in brezžičnega sprejemnika, ki demonstrira ta koncept.

Brezžično polnjenje se vedno bolj uporablja za majhne nosljive naprave, saj odpravlja potrebo po kablji ali kakršnih koli izpostavljenih konektorjih na napravi. Za aplikacije s polnilnim tokom, nižjim kot 10 mA, krmiljenje s sklenjeno zanko med sprejemnikom brezžičnega polnilnika in oddajnikom ni potrebno, saj so izgube moči majhne. Vendar pa je za višji polnilni tok nujno, da oddajnik aktivno prilagaja svojo izhodno moč glede na zahteve sprejemnika in koeficient sklopke med obema stranema. V nasprotnem primeru bo sprejemnik morda moral odvajati dodatno moč v obliki toplote, kar bo vplivalo na uporabniško izkušnjo in ogrožalo zdravje baterije. Za sklenitev te zanke se običajno uporablja digitalna komunikacija od sprejemnika do oddajnika, vendar digitalno krmiljenje prispeva k zapletenosti celotne zasnove in povečuje velikost vezja.



Slika 1: Oblike avtoresonančne napetosti in toka LC nihajnega kroga z vhodnim kvadratnim signalom pri manj kot 50% delovnega cikla.

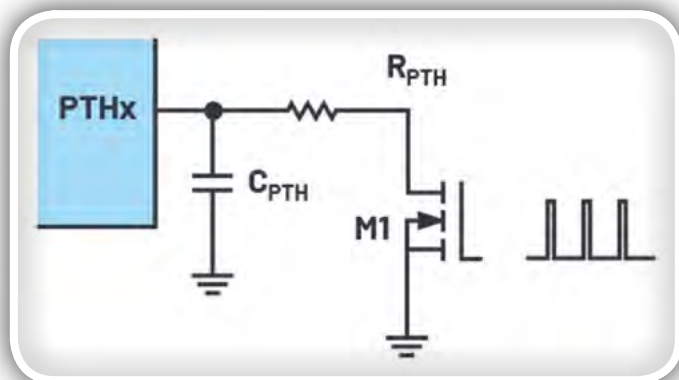
Samodejno resonančni oddajnik z vhodom za nadzor delovnega cikla

LTC4125 je monolitni brezžični močnostni avtoresonančni oddajnik, ki je zasnovan tako, da poveča razpoložljivo moč sprejemnika, poveča splošno učinkovitost in zagotovi temeljito zaščito sistema za brezžično polnjenje.

LTC4125 uporablja avtoresonančni pretvornik za krmiljenje serijskega resonančnega nihajnega kroga, sestavljenega iz oddajne tuljave (LTX) in oddajnega kondenzatorja (CTX). Krmilnik avtoresonančnega pretvornika uporablja detektor prehoda skozi nič zato, da svojo frekvenco uskladi z resonančno frekvenco nihajnega kroga. Priključka SW1 in SW2 sta izhoda obeh polovičnih mostičev znotraj LTC4125. Ko

SWx priključek zazna, da smer njegovega izhodnega toka prečka ničlo z negativne na pozitivno, se SWx nastavi na VIN za delovni cikel, ki je sorazmeren z ustrezno napetostjo PTHx priključka. Ko je SWx priključek nastavljen na VIN, se tok, ki teče v resonančni krog oddajnika, poveča. Zato delovni cikel vsakega krmilnika mostiča nadzoruje amplitudo toka nihajnega kroga, ki je sorazmerna z oddajno močjo. Slika 1 prikazuje valovne oblike toka in napetosti nihajnega kroga z delovnim ciklom manj kot 50%. Absolutna vrednost amplitude toka nihajnega kroga je določena s skupno impedanco nihajnega kroga, vključno z reflektirano impedanco bremena brezžičnega sprejemnika.

V tipičnem načinu LTC4125 spremlja obratovalni cikel SWx z uporabo notranjega 5-bitnega DAC-a, ki nastavi napetost PTHx na iskanje veljavnega bremena. Če FB priključek opazi določene vzorce spremembe napetosti, se spremljanje ustavi in obratovalni cikel ostane na tej ravni za nastavljivo časovno obdobje (običajno nastavljeno na približno 3 do 5 sekund). Nato se začne nov cikel spremljanja, ki ponavlja iste korake. Če se med obdobjem spremljanja



Slika 2: PTHx krmili vhodni PWM signal.

stanje obremenitve spremeni, se bo LTC4125 odzval na začetku naslednjega obdobja spremljanja.

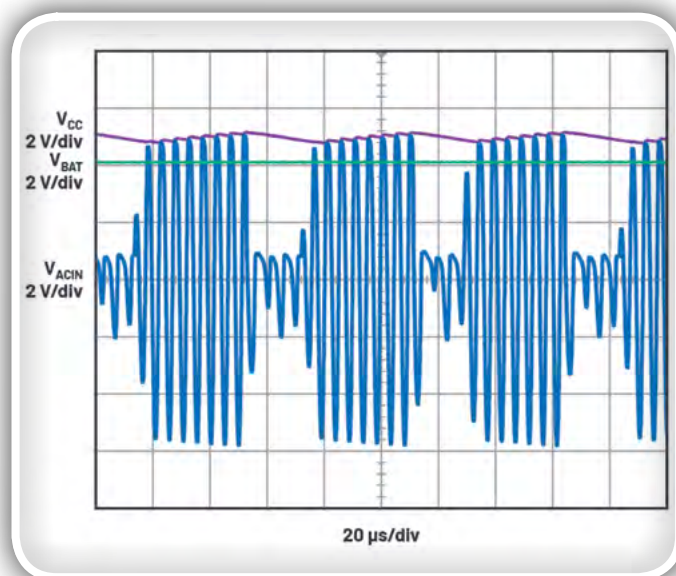
Za oblikovanje sklenjene zanke se mora oddajna moč krmilnika mostiča prilagoditi glede na krmilni vhod. Ena od značilnosti LTC4125 je, da PTHx priključek ni samo indikator delovnega cikla krmilnika mostiča, temveč ga je mogoče tudi krmiliti kot vhod za nastavitev delovnega cikla. Notranji 5-bitni DAC nastavi napetostni cilj PTHx priključka z notranjim pull-up uporom. Kot je prikazano na sliki 2, je mogoče vgraditi zunanji pull-down upor zaporedno s FET-om, da se aktivno izprazni kondenzator na PTHx priključku, s čimer se zmanjša povprečna napetost PTHx priključka. Delovni cikel PWM signala na vratih tega pull-down FET-a nadzoruje povprečno napetost na PTHx priključku.

LTC4125 je zasnovan tako, da do ustreznega sprejemnika oddaja več kot 5 W. Ko je seznanjen z LTC4124 sprejemnikom, se lahko oddajna moč zmanjša z deaktiviranjem enega od krmilnikov polmostiča. To naredimo tako, da pustimo SW2 priključek odprt in PTH2 priklopimo na GND. Nato lahko oddajni resonančni krog povežemo med SW1 priključkom in GND. Na ta način LTC4125 postane polmostični oddajnik, ki omogoča nižje ojačenje in širši obseg nadzora na PTH1 priključku.

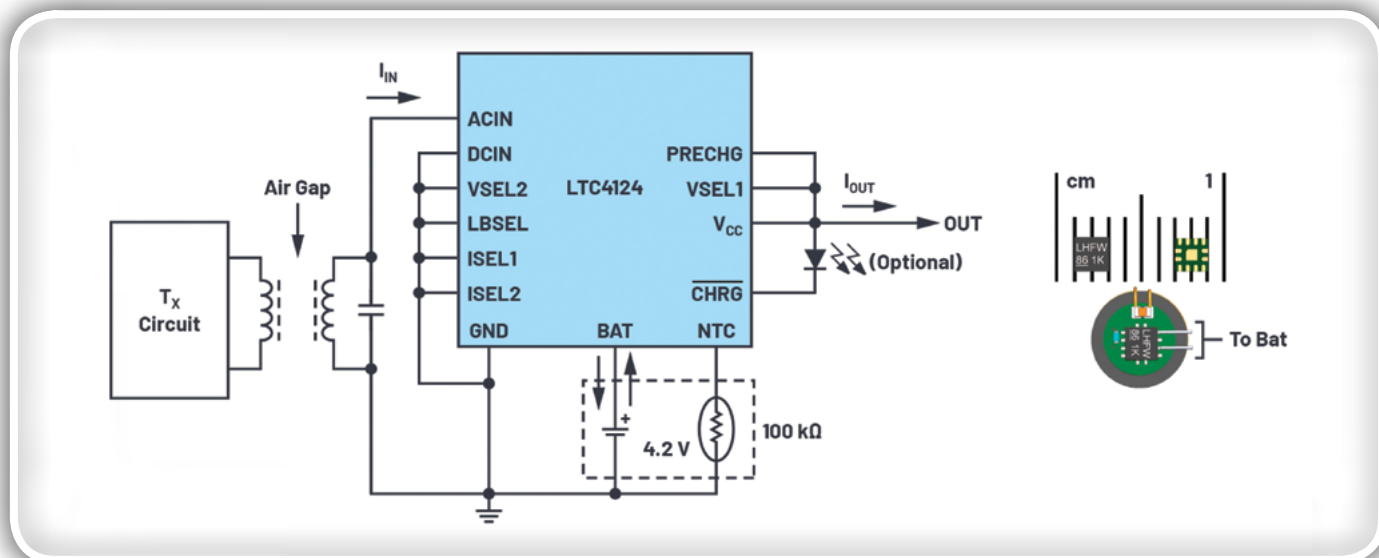
Generajte povratni signal od sprejemnika brezžičnega polnilnika z uporabo LTC4124

LTC4124 je visoko integriran 100 mA brezžični Li-Ion polnilnik, zasnovan za prostorsko omejene aplikacije. Vključuje učinkovit brezžični krmilnik napajanja, vgrajen linearni polnilnik baterij, ki ga je mogoče programirati s priključkom, in idealen Power-Path™ diodni krmilnik.

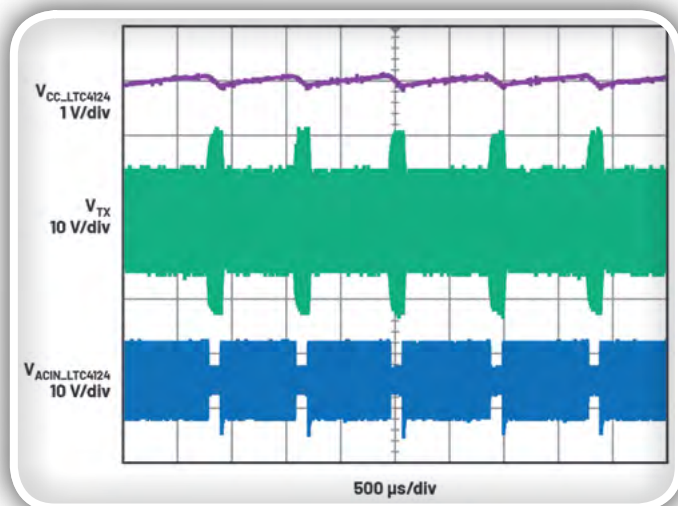
Brezžični močnostni krmilnik v LTC4124 se prek ACIN priključka poveže z vzporednim resonančnim krogom, kar linearnemu polnilniku omogoča brezžično sprejemanje energije iz izmeničnega magnetnega polja, ki ga ustvarja oddajna tuljava. Ko LTC4124 prejme več energije, kot jo potrebuje za polnjenje baterije s programirano hitrostjo, se vhodni kondenzator line-



Slika 4: Usmerjanje izmenične napetosti in uravnavanje enosmerne napetosti na LTC4124 sprejemniku.



Slika 3: Popolna rešitev za brezžični polnilnik baterij z uporabo LTC4124 na 6-milimetrski razvojni plošči.



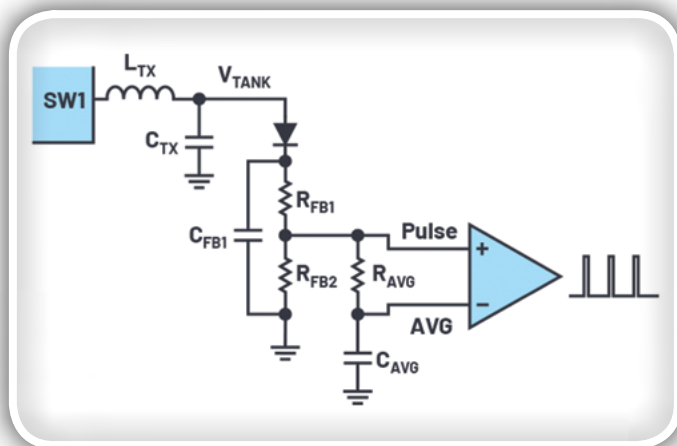
Slika 5: Porast napetosti oddajnega nihajnega kroga (V_{TX}) med dušenjem sprejemnika LTC4124.

arnega polnilnika na VCC priključku napolni in tako absorbira dodatno energijo. Ko napetost VCC priključka doseže 1,05 V nad napetostjo akumulatorja, VBAT, brezžični krmilnik napajanja zaduši resonančni krog sprejemnika, dokler VCC ne pade nazaj na 0,85 V nad VBAT. Na ta način je linearni polnilnik zelo učinkovit, saj je njegov vhod vedno malo nad izhodom.

Dogodek dušenja LTC4124 prav tako zmanjša odbojno impedanco obremenitve na oddajnem resonančnem krogu, kar povzroči povečanje amplitude toka in napetosti oddajnega nihajnega kroga. Ko dogodek dušenja kaže, da sprejemnik dobi dovolj moči od oddajnika, lahko naraščanje največje napetosti oddajnega nihajnega kroga služi kot povratni signal za oddajnik za uravnavanje njegove izhodne moči.

Demodulirajte signal povratne vezave in sklenite zanko

Zdaj, ko je signal povratne vezave s strani sprejemnika na voljo na strani oddajnika, je treba ta signal prevesti in pripe-



Slika 6: Signal povratne zanke v demodulacijskem vezju na strani oddajnika.

ljati v krmilni vhod oddajnika, da sklene zanko. Vršno napetost nihajnega kroga lahko dobimo iz polvalnega usmernika, sestavljenega iz diode in CFB1 kondenzatorja, kot je prikazano na sliki 6. To napetost nadalje delita upor R_{FB1} in R_{FB2} . Da bi zaznali spremembo največjega toka, je signal najvišje napetosti poprečen preko nizkopasovnega filtra, ki ga tvori upor (RAVG) in kondenzator (CAVG). S primerjavo tega poprečnega signala z izvirnim signalom največje napetosti lahko ustvarimo kvadratni signal. Ta signal se nato vodi v krmilni vhod delovnega cikla LTC4125 za uravnavanje izhodne moči oddajnika.

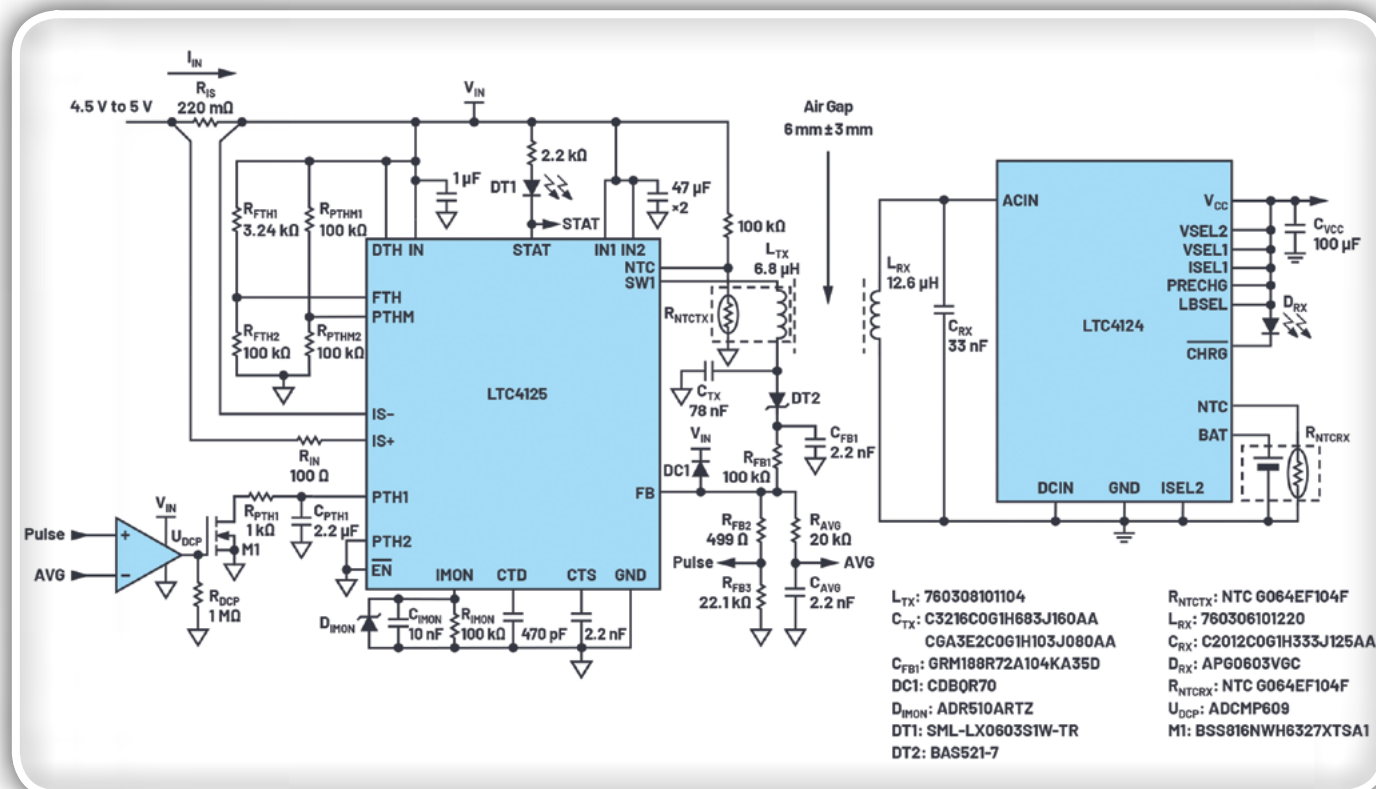
Ko sprejemnik ne dobiva dovolj energije, mora LTC4125 povečati svojo izhodno moč. To lahko dosežemo z nastavitvijo notranjega cilja napetosti za PTHx priključek. Notranji napetostni cilj lahko nastavite z PTHM priključkom, saj nastavi začetni 5-bitni nivo DAC napetosti pred začetkom iskalnega obdobja LTC4125. Na IMON priključek je možno priključiti 1V referenčno napetost, da onemogočite iskanje, pri čemer med delovanjem zadržite ciljno napetost PTHx priključka na začetni vrednosti. Če sprejemnik LTC4124 zahteva več moči, se dogodek dušenja ustavi in FET za praznjenje PTHx ne bo aktiviran. Napetost na PTHx se bo dvigovala proti notranjemu napetostnemu cilju, dokler LTC4124 ne dobi dovolj moči za začetek dušenja.

Največja oddajna moč je določena z merjenjem napetosti na PTHx priključku, ko sprejemnik uravnava največji polnilni tok pri najslabšem položaju koeficienta sklopke v aplikaciji. Napetost na PTHM priključku mora biti nastavljena tako, da ustreza največji zahtevani moči oddajanja.

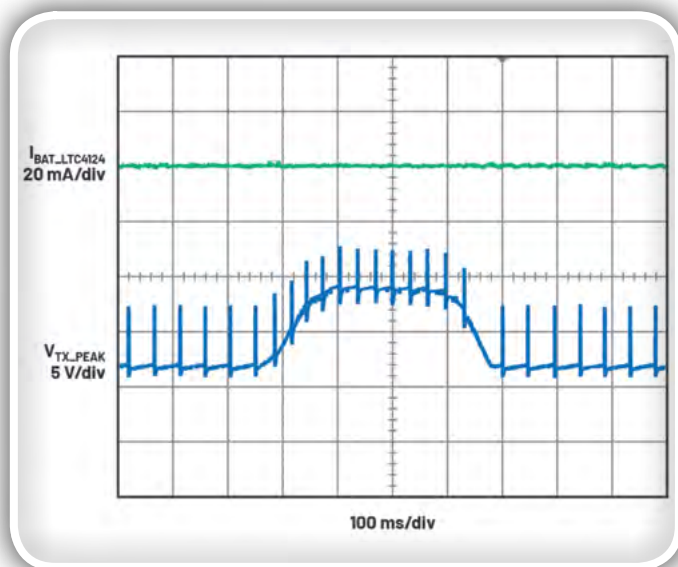
Značilnosti in zmogljivost LTC4124 in LTC4125 brezžičnega polnilnika s sklenjeno zanko

Na sliki 7 je prikazana celotna shema oddajnika s sklenjeno zanko, ki temelji na LTC4125, in 100 mA sprejemnika na osnovi LTC4124. Kot je prikazano v shemi, je na strani sprejemnika potrebno zelo malo komponent, kar zniža stroške in zmanjša prostornino sprejemnika. Na strani oddajnika se v primerjavi s tipičnimi aplikacijami LTC4125 za doseg nadzora v sklenjeni zanki uporablja le nekaj dodatnih komponent. Večina LTC4125 funkcij je ohranjenih, vključno s samodejnim preklapljanjem, drugačnimi metodami detekcije, zaščito pred previsoko temperaturo in zaščito pred prenapetostjo resonančnega kroga. Podrobnosti o teh funkcijah najdete v podatkovnem listu za LTC4125.

LTC4125 oddajnik s sklenjeno zanko lahko dinamično prilagodi svojo izhodno moč tako, da ustreza moči sprejemnika. Slika 8 prikazuje obnašanje tega brezžičnega polnilnika, ko se sprejemna tuljava odmakne od središča oddajne tuljave in nato hitro premakne nazaj v prvotni položaj. Izhodna moč oddajnika LTC4125, ki je označena z najvišjo napetostjo V_{TX_PEAK} oddajnega nihajnega kroga, se gladko odziva na spremembo koeficienta sklopke med obema tuljavama, da ohrani konstantni tok.

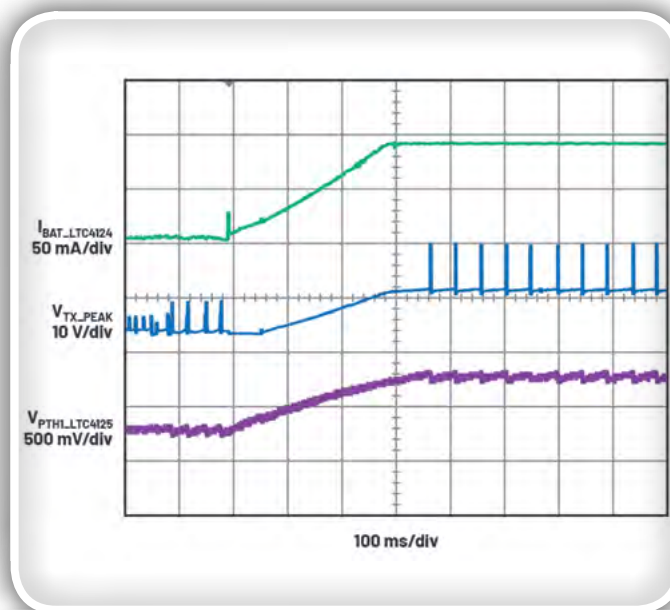


Slika 7: 100 mA LTC4124 sprejemnik polnilnika, ki je seznanjen z LTC4125 oddajnikom z avtoresonančno sklenjeno zanko.



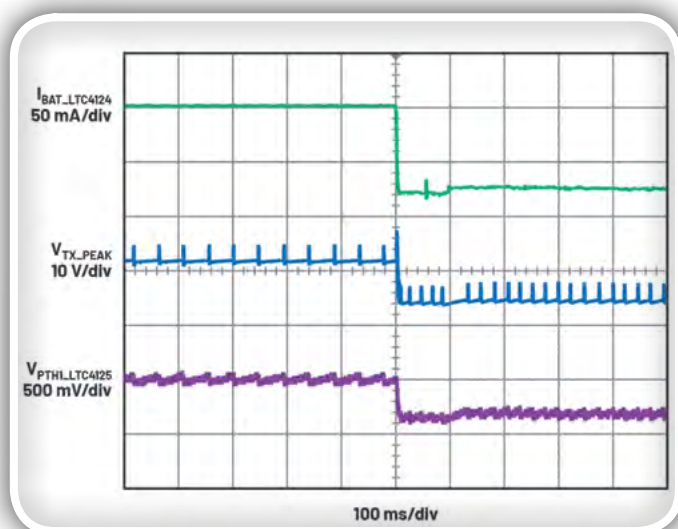
Slika 8: Odziv brezžičnega polnilnika s sklenjeno zanko na osnovi LTC4124 in LTC4125 na nenadno spremembo koeficienta sklopke med oddajnikom in sprejemnikom.

Med prehodnim pojavom polnilnega toka se dušenje LTC4124 ustavi, kar LTC4125-ju omogoči, da notranje napolni svoj PTH1 priključek. Kot rezultat LTC4125 poveča svoj delovni cikel krmilnika polmostiča, da poveča prenosno moč. Ko je oddajna moč dovolj velika, da LTC4124 uravnava svoj polnilni tok, se dušenje nadaljuje in delovni cikel ostane na optimalni ravni. Med padcem prehodnega pojava polnilnega toka se LTC4124 veliko pogosteje duši. LTC4125 hitro izprazni kondenzator na svojem PTH1 priključku, da zmanjša delovni cikel in zmanjša prenosno moč LTC4125.

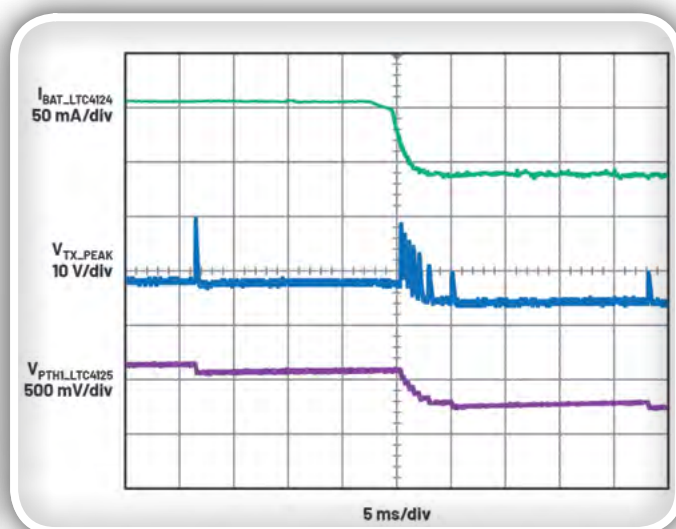


Slika 9: Odzivi brežžičnega polnilnika s sklenjeno zanko na osnovi LTC4124 in LTC4125 glede na stopnjevanje polnilnega toka.

Ker se moč oddajanja vedno ujema z zahtevami sprejemnika, se splošna učinkovitost močno izboljša v primerjavi s tipičnimi konfiguracijami brezžičnega polnilnika na osnovi LTC4124 in LTC4125 brez nadzora v sklenjeni zanki. Krivulja učinkovitosti je gladka brez notranjih DAC korakov v postopku iskanja optimalne moči LTC4125. Ker se izguba moči močno zmanjša, LTC4124 polnilnik in baterija ostaneta v času polnjenja blizu sobne temperature.



Slika 10: Odzivi brezžičnega polnilnika s sklenjeno zanko na osnovi LTC4124 in LTC4125 glede na padajoč polnilni tok.



Slika 11: Povečana valovna oblika za prikaz podrobnosti prehodnega stanja, prikazanega na sliki 10.

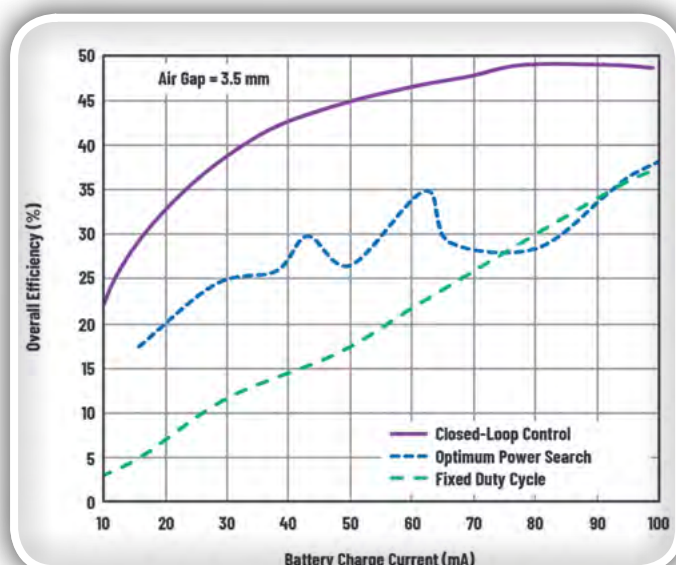
Zaključek

LTC4125 lahko nastavimo kot prilagodljiv oddajnik s krmilnim vhodom. Dogodek dušenja LTC4124 sprejemnika brezžičnega polnilnika lahko uporabite za oddajanje povratnega signala oddajniku. Ta povratni signal je nato mogoče demodulirati s polvalnim usmernikom, napetostnim delilnikom, nizkopasovnim filtrom in primerjalnikom. Nato se obdelani signal lahko dovede v LTC4125 oddajnik, ki mu lahko krmilimo moč in tako sklene krmilno zanko. Za dokazovanje tega koncepta je bil izdelan prototip.

Ta prototip se hitro in gladko odziva na spremembo sklopnega koeficienta in polnilnega toka. Ta metoda končnim uporabnikom omogoča, da sprejemnik postavijo na oddajnik z višjo stopnjo neusklajenosti, ne da bi skrbeli, ali bo sprejemnik dobil potrebno moč. Poleg tega ta metoda s sklenjeno zanko izboljša tudi splošno učinkovitost tako, da izhodno moč oddajnika vedno prilagodi potrebam po moči sprejemnika, tako da je celotno obdobje polnjenja veliko varnejše in zanesljivejše.

O avtorju

Wenwei Li je aplikacijski inženir za močnostne izdelke v podjetju Analog Devices v severnem Chelmsfordu, MA. Prejel je B.E. leta 2014 na univerzi Hunan v Changsha na Kitajskem, in



Slika 12: Učinkovitost različnih konfiguracij brezžičnega polnilnika na osnovi LTC4125 in LTC4124 pri zračni reži 3,5 mm.

magistriral leta 2016 na Državni univerzi Ohio v Columbusu v zvezni državi OH. Dosegljiv je na wenwei.li@analog.com.

<https://www.analog.com>

PROGRAMSKA OPREMA/ANDROID



WWW.SVET-EL.SI

BASIC 4 ANDROID

PROGRAMSKA OPREMA
TUDI PREKO REVije
SVET ELEKTRONIKE,
S KODO DO POPUSTA ZA
ANDROID PROGRAMSKO OPREMO



KODA:
5SOF0054
5SOF0055
5SOF0056
5SOF0057
5SOF0058

Trust platforma zagotavlja varnost od zasnove do uvajanja

Microchip Technology Inc

Avtor: Nicolas Demoulin, EMEA Marketing Manager – Secure Products Group

Varnost je zdaj ključna zahteva za ugnedene sisteme. Želja po povezovanju naprav z internetom, da bi jih lažje nadzorovali in izvlekli podatke iz njihovih senzorjev v živo, prinaša veliko tveganje za vdore. Dejavnost vdora ne ogroža samo posameznih naprav, temveč celotna omrežja.



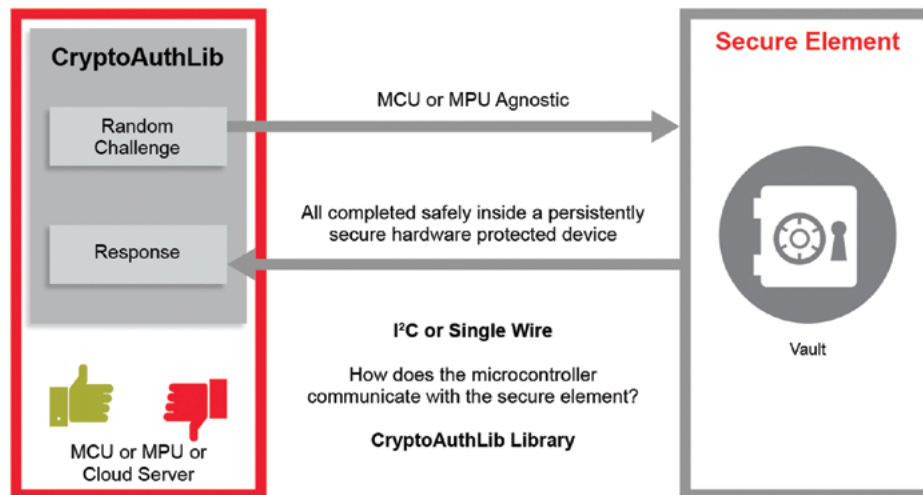
PREDSTAVLJAMO

Smer je jasna: prodajalci ne morejo na trg brez IoT izdelka, ki je zasnovan tako, da je zasnovan varno. Vprašanje proizvajalcev naprav, ki želijo izkoristiti moč interneta stvari za svoje sisteme, je zapletenost izvajanja učinkovitih in ustreznih varnostnih mehanizmov. V teh sistemih je enostavno videti temeljno potrebo po preverjanju pristnosti in šifriranju. Toda izvajanje je bilo veliko težje doseči.

Obstaja več komponent, tako programske kot strojne opreme, ki so potrebne za ustvarjanje varnih temeljev za ugneden sistem. Slabost katerega koli izmed njih lahko zlahka povzroči, da je strojna oprema ogrožena z naloženo zlonamerno programsko opremo, ki se uporablja za napad na omrežje operaterja ali za uhajanje občutljivih podatkov kibernetiskim kriminalcem. Hkrati se številne razvojne skupi-

ne prvič soočajo z razvojnimi težavami, ki jih predstavljajo varnostni pomisleki.

Ena glavnih zahtev za učinkovito varnost je, da mora imeti vsaka postavljena naprava svojo edinstveno identiteto. Običajna napaka, ki jo izkoriščajo hekerji je, da naprave zagotavljajo skupno geslo ali prijavo za uporabo servisov in vzdrževanja. Podrobnosti o tej prijavi je pogosto enostavno uganiti in tudi če ne, jih navadno zlahka dobi heker. S to prijavo lahko pridobite dostop ne le do ene naprave, temveč do celotne flote. Kiberkriminalci so lahko z uporabo preprostih avtomatiziranih skript ustvarili botnete - vojske enakih računalnikov, ki se uporabljajo v DNS napadih. Skripte so prepoznali in se prijavili v vsako napravo določene vrste, ki je imela internetno povezavo.



Slika 1: Varen element je trezor, ki ščiti skrivnosti, to je spremljevalna naprava mikrokontrolerju.

Z edinstveno identiteto lahko vsakemu sistemu določite lastne varnostne poverilnice in močno zmanjšate možnost, da hakerjem omogočite enostaven način izdelave botnetov. Dovoljen jim mora biti dostop le, če ima pooblaščen uporabnik ustrezne poverilnice za določeno napravo. Vendar pa ima ta povečana raven zaščite posledice za načrtovanje, razvoj in procese upravljanja storitev.

Izvajanje učinkovite varnosti na način, ki olajša in ne ovira razvoja, vključuje skrbne odločitve. Prva izbira je osnova strojne opreme, uporabljena za zaščito integritete ciljne naprave. Ta osnova zagotavlja, da je nemogoče ne samo dostopati do jedrne programske opreme naprave brez dovoljenja, temveč tudi zagotoviti, da njenih funkcij ni mogoče spodrežati in napravo uporabiti za napad na omrežje. Če je haker na primer pridobil poverilnice za dostop do ene naprave, ne sme biti mogoče druge naprave pretvoriti, da bi sprejele te iste poverilnice, da bi na primer haker tako oblikoval botnet. Posledično sta identiteta in integriteta tesno povezani.

Infrastruktura z javnimi ključi (PKI: angl. Public Key Infrastructure) zagotavlja način za vzpostavitev in dokazovanje edinstvene zaupanja vredne identitete ne samo znotraj same naprave, temveč tudi v omrežju. PKI se opira na koncept asimetrične kriptografije, tehnike, ki matematično poveže dve številki. Ena je javni ključ, ki se običajno uporablja za preverjanje sporočil. Kot že ime pove, lahko ta ključ razširjamo brez ogrožanja varnosti. Omogoča preprost način pošiljanja varnih sporočil v napravo, če se ve, kateri javni ključ mora

uporabiti. Naprava sama potrebuje zasebni ključ, ki omogoča podpisovanje sporočil poslanih vanjo, ki jih bo preveril ustrezni javni ključ.

Iz osnovnih PKI operacij je mogoče izdelati bolj strukturirane modele preverjanja pristnosti, kot so digitalna potrdila, ki dokazujejo identiteto naprave. Če želite ustvariti digitalno potrdilo, naprava podpiše sporočilo ali ustvari podpis z zasebnim ključem. Ustrezni javni ključ uporablja prejemnik za določitev veljavnosti podpisa.

Zasebni ključ očitno potrebuje močno zaščito. Ni dovolj samo programirati ključa v trajni pomnilnik na napravi, preden je nameščena, saj je lahko dostopen. Zasebnega ključa nikoli ne smete razkriti. Če pride do razkritja, lahko hakerji izdelajo lastne naprave za kloniranje. Nato se lahko lažno predstavljajo in ponarejajo verodostojno napravo in tako ogrožajo varnost omrežnih aplikacij, ki so odvisne od podatkov, ki jih pošlje naprava.

Težava običajne zasnove, ki temelji na mikrokontrolerju je, da vsaka kriptografska programska oprema, ki se izvaja v jedru procesorja, potrebuje dostop do zasebnega ključa, da lahko izvede potrebne izračune, če je ključ v mikrokontrolerju. Osnovna zahteva strojne opreme je torej varen element, ki se uporablja za zlaganje teh kriptografskih operacij v samostojni del zaščitene strojne opreme skupaj z varnim pomnilnikom za zasebne ključe. Ker so ključne in kriptografske funkcije skupaj shranjene znotraj iste fizične varne meje,

ni treba pošiljati občutljivih podatkov po notranjem vodilu sistema.

Ko mora sistem varno komunicirati ali dokazati svojo identiteto, zahteva od varnega elementa, da se odzove na naključni izziv. Odgovor na ta izziv je koda, ki je aritmetično pridobljena iz naključnega dela izziva in ustreznega zasebnega ključa, shranjenega v zaščitenem elementu. Z drugimi besedami, naključni izziv podpiše zasebni ključ. Na ta način lahko zaščitni element dokaže, da ima ustrezno skrivnost, vendar mu ni treba razkriti občutljivega zasebnega ključa.

Varni element lahko zaščiti tudi napravo pred ponarejeno kodo, ki bi jo napadalci poskusili zagnati, in jo uporabili za ogrožanje sistema. Zaščitni mehanizem, ki je potreben za preprečitev tega, je preverjanje kode, včasih znano tudi kot varen zagon ali preverjanje kode izvajanja. V tem primeru je izziv, poslan varnostnemu elementu podpis, pridobljen iz podpisane zagonske datoteke, shranjene v napravi. Vse posodobitve kode mora OEM podpisati z zasebnim ključem. Z zaščitnimi postopki preverjanja zagona in izvajalnega okolja lahko sistem podpira brezžične posodobitve, ki jih zagotavlja proizvajalec, brez nevarnosti da posodobitve, ki jih zagotovi tretja oseba, uporabijo za napad ali podoben pristop.

Ta ključ, ki se uporablja za preverjanje podpisa kode, je občutljiva poverilnica, ki bo živela v zaščitenem in nespremen-

ljivem pomnilniškem območju. Če je ključ mogoče spremeniti, sistem preprosto ne bi deloval. Če je mogoče spremeniti par ključev, lahko podobno spremenite kodo.

Primer učinkovite zaščite najdete v Microchip Technology ATECC608A. To je varen element, ki ga lahko uporabljate v katerem koli sistemu, ki temelji na mikrokontrolerju, zahvaljujoč uporabi standardne I²C ali enožične komunikacijske povezave. Naprava združuje NV pomnilnik z več kriptopospeševalniki, zasnovanimi za podporo algoritmom, ki temeljijo na algoritmihi eliptične krivulje, na primer v varnem siliciju. Naprava nikoli ne razkrije zasebnih ključev prek komunikacijske povezave in vključuje številne funkcije strojne opreme za preprečevanje nedovoljenih posegov, zaradi katerih odkrivanje njene vsebine praktično ni izvedljivo.

Čeprav varni element, povezan z mikrokontrolerjem, predstavlja učinkovit temelj za izdelavo povezanih ugnезdenih naprav, ki lahko zagotavljajo visoko varnost, je ta kombinacija le del celotne rešitve. Obstaja veliko primerov uporabe, ki vključujejo izdelavo zapletenih protokolov v ugnезdeni programski opremi iz osnovnih funkcij, ki jih zagotavlja varen element. Na primer, poleg varnega zagona mora IoT naprava imeti možnost komuniciranja z oddaljenimi gostitelji z uporabo šifriranih protokolov, kot je TLS, in na zahtevo ustvariti potrdila, ki kažejo, da naprava ni ogrožena, ko se želi povezati z novo storitvijo. Ko želi proizvajalec ali operater storitve poslati posodobitev kode, je treba pred posodobitvijo Flash



Poslovite se od prilagodilnikov nivojev

In pozdravite Multi-Voltage I/O na AVR® DB MCU družino

Izdelava ugnезdene zasnove, ki podpira več napetostnih standardov, pogosto zahteva dodajanje zunanje strojne opreme za zagotovitev združljivosti. Družina AVR DB MCU-jev ima namenska vrata za sočasno večnapetostno delovanje, kar jim omogoča, da se spopadajo z izzivi na več napajalnih domenah, ne da bi potrebovali zunanje komponente. Ta vrata izvirno podpirajo od 1,8 do 5,5 V, kar vam omogoča zmanjšanje stroškov in prostora na plošči. Poslovite se od prilagodilnikov logičnih nivojev in zgradite svojo naslednjo ugnезdeno napravo z AVR DB MCU-ji.

Ključne začilnosti vključujejo

- Interni 24 MHz oscilator
- Do 128 KB Flash in 16 KB SRAM spomina
- Inteligentna analogna periferija, ki vključuje 12-bit ADC, DAC in vgrajene operacijske ojačevalnike
- Komunikacijski vmesniki, ki vključujejo USART/SPI/dual-mode dvožilni vmesnik (TWI)
- Na voljo v več ohišjih, od 28 do 64 priključkov



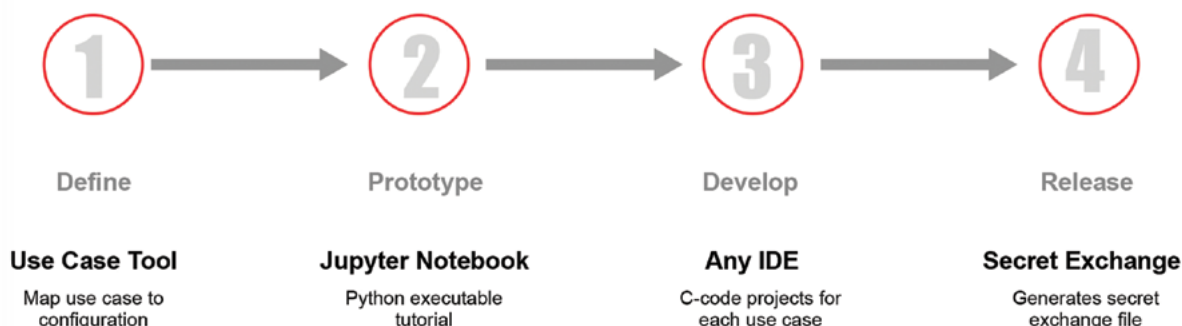
microchip.com/AVRDB



Microchip ime in logo, Microchip logo in AVR so registrirane blagovne znamke podjetja Microchip Technology Incorporated v Z.D.A. in drugih državah. Vse ostale blagovne znamke so v lasti njihovih registriranih lastnikov. © 2021 Microchip Technology Inc. Vse pravice pridržane. MEC2365A-SLO-02-21



Simpler Onboarding with Trust Platform Design Suite



Slika 2: Potek razvoja z Microchip Trust Platform.

pomnilnika in ponovnim zagonom sistema preveriti podpis te programske opreme.

Nadaljnja zahteva je lahko sposobnost zaznavanja systemske opreme ali potrošnih kartuš in ugotavljanja, ali so verodostojne. To funkcijo lahko izvajate z uporabo protokolov, ki so podobni tistim, ki se uporabljajo za izdelavo primera preverjanja kode, vendar z nekaterimi ključnimi razlikami. Na primer, lahko ima vsaka zunanja naprava svoj zaščitni element, s katerim se preveri, ali je gostiteljski sistem, v katerega je priključen, sam verodostojen.

Čeprav so načela vsakega od protokolov, ki izvajajo te funkcije, dokaj enostavna, je izvajanje lahko težavno, ker je zmožnost odpravljanja težav omejena s potrebo, da sistem upošteva varne protokole.

Pogosta predpostavka med razvojem je, da bo pritisk na tipko za reset ali brisanje vsebine pomnilnika inženirjem omogočil dostop do neodzivne naprave. Načini za odpravljanje napak razvijalcem praviloma dajejo privilegiran dostop do sistema. Toda, ko se uvedejo višje stopnje varnosti, potrebne za sisteme, ki bodo povezani v internet, nekatere od teh predpostavk ne veljajo več. Če programske opreme ne implementirate na pravi način, lahko prototip naprave postane nedosegljiv. Najbolj težavni deli razvoja varnega sistema so v razhroščevanju jedrnih protokolov. Na primer v kodo, ki se uporablja za obdelavo gesla ali varnostnega potrdila, je enostavno vnesti napake, zaradi katerih se naprava ne more odzvati na veljavne zahteve. Če bi bilo mogoče napravo ponastaviti, da bi pridobila dostop, bi objekt hekerjem zagotovil lahek dostop v sistem preko stranskih vrat. Posledično razvoj, usmerjen v varnost in v razvojni proces vnaša ovire.

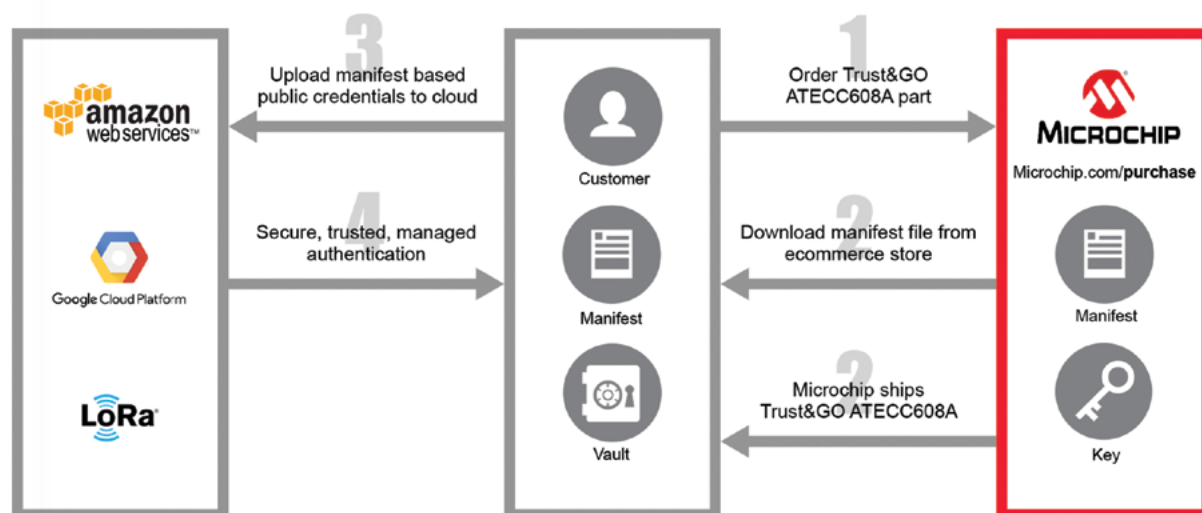
Težko jih je rešiti, če ekipa nima izkušenj s potrebnimi tehnikami.

Vendar pa je ena od prednosti sistemov, zgrajenih na PKI infrastrukturi ta, da lahko aplikacije gradimo nad jedrnimi protokoli in primeri uporabe, kot sta preverjanje podpisanih izvršljivih datotek in ustvarjanje potrdil, ki jih je mogoče ponovno uporabiti v številnih projektih. Takšen vpogled je privedel do ustanovitve Microchip-ove Trust Platform-e. Ta platforma ponuja nabor konfiguracij, izvorne kode, strojne in programske opreme, zasnovane tako, da strankam olajšajo izvajanje najrazličnejših primerov uporabe v delovnem toku, ki uporabnika vodi od zasnove do izvedbe na podlagi strojne opreme, ki vključuje varen element, kot je ATECC608A.

Trust Platform se deli na tri glavne ponudbe. Najenostavnejši je Trust & GO, ki ponuja določen nabor funkcij, na primer omogočanje dostopa do storitev v oblaku, ki jih gostijo AWS, Google Cloud, Microsoft Azure ali zasebni oblak. Druga konfiguracija, ki jo podpira Trust & GO, je popolna varna rešitev za preverjanje pristnosti naprav, ki se morajo povezati z brezžičnim LoRaWAN omrežjem.

TrustFLEX nudi dodatno raven prilagajanja s podporo za širok spekter operacij od varnega zagona do generiranja potrdil. Tretja možnost je TrustCUSTOM, ki strankam omogoča nastavitev ustvarjanja in integracije varnih elementov v njihov želeni varnostni model.

Pomemben element Trust platforme, ki olajša dostop do varnosti v primerjavi z drugimi ponudbami je način, kako lahko storitev zagotavljanja varnega ključa uporabimo v aplikacijah z majhnim obsegom. Pri konkurenčnih dobavnih



Slika 3: Tok naročanja / dostave Microchip-ove Trust Platform.

verigah z varnimi elementi je lahko najmanjša količina naročila 100.000, ker so režijski stroški, povezani z nastavitvijo začetnih potrdil in ključev, ki jih je treba programirati v strojno opremo dobaviteljeve varne proizvodne linije. S storitvijo Trust & GO lahko kupci kupijo varne elemente od 10 enot na naročilo in imajo vso podporo Trust Platform infrastrukture, vključno z dobavo. Za TrustFLEX je najmanjša količina naročila najmanj 2000 enot, vključno z dobavo, vendar uporabniku še vedno zagotavlja večjo raven nadzora nad certifikati, ključi in aplikacijami, ki bi jih lahko pričakovali od prilagojenih rešitev varne dobavne verige.

V okviru Microchip-ove Trust Platform imajo kupci dostop do zelo prilagodljivih varnostnih mehanizmov z veliko manjšim tveganjem za razvoj in uvajanje kot obstoječe rešitve. Kombinacija orodij, izvirne kode in oskrbovalne infrastrukture razvijalcem ugnezdjenih sistemov omogočajo dostop do celovitega varno pripravljenega sistema, ki deluje od zasnove do uvedbe in zmanjšuje razvojni proces iz mesecev v dneve.

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>



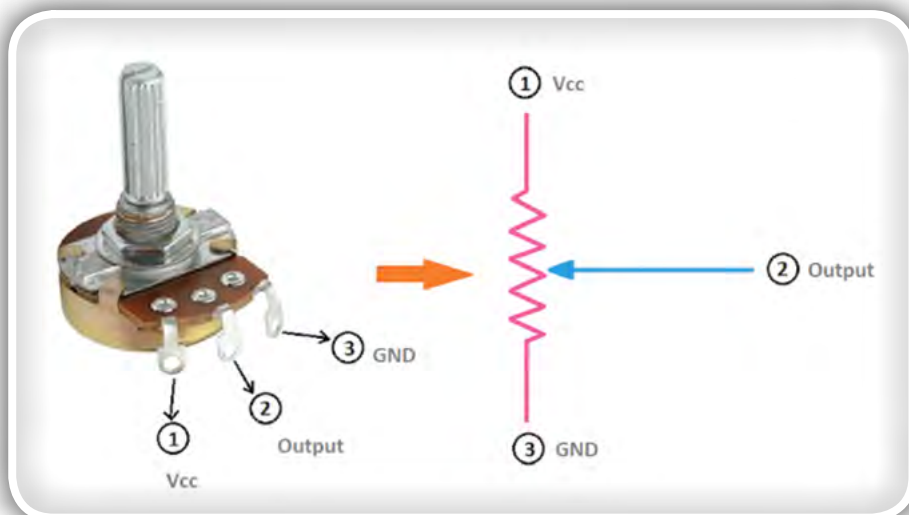
Osnove digitalnih potenciometrov in njihova uporaba

Digi-Key Electronics
Avtor: Rolf Horn

Mehanske potenciometre načrtovalci že desetletja uporabljajo v različnih aplikacijah, od nastavitve vezij do nadzora glasnosti. Vendar imajo svoje omejitve: njihovi gibljivi kontakti se lahko obrabijo, dovzetni so za vdor vlage in lahko se nenamerno premaknejo iz nastavljenega položaja.

Zaradi vse večje digitalizacije sveta načrtovalci potrebujejo alternativo za izpolnitev zahtev po natančnejšem nadzoru in visoki zanesljivosti, vključno s fleksibilnostjo za oddaljeno prilagajanje vrednosti prek vdelane programske opreme.

Integrirana vezja digitalnih potenciometrov – pogosto imenovana »digipoti« – odpravijo te težave tako, da povežejo digitalno področje z analognim uporom. Kot povsem elektronska komponenta, združljiva z mikrokontrolerjem, digitalni potenciometri omogočajo procesorju in programski opremi nadzor, nastavitve in spreminjanje njune uporabne vrednosti ali razmerja delilnika napetosti.



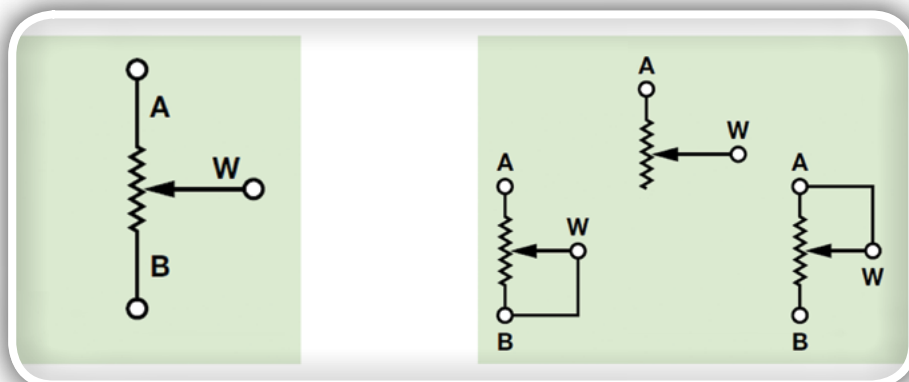
Slika 1: Standardni potenciometer je uporabniško nastavljen spreminljiv upor z vrtljivo gredjo. (Vir slike: etechnog.com)

Zagotavljajo funkcionalne lastnosti, ki jih mehanske naprave ne morejo, ter so trpežnejši in zanesljivejši, saj nimajo gibljivega kontakta. Ni jih mogoče namerno predelati oziroma nenamerno prilagoditi, s čimer se izognemo nerazložljivim spremembam zmogljivosti. Področja uporabe vključujejo toplotno stabilizacijo LED-ic, zatemnitev LED-ic, nadzor ojačenja zaprte zanke, nastavitve glasnosti zvoka, umerjanje in nastavitve Wheatstonovega mostička za senzorje, krmiljenje tokovnih virov in nastavitve programirljivih analognih filtrov, če jih naštejemo le nekaj.

V tem članku bodo na kratko predstavljeni potenciometri in njihov razvoj v smeri digipotov. S pomočjo komponent proizvajalcev Analog Devices, Maxim Integrated, Microchip Technology in Texas Instruments bo pojasnjeno delovanje digipotov, osnovne in napredne konfiguracije ter način obravnave zahtev za prilagoditev vezja. Prikažano bo, kako je mogoče z njihovimi funkcijami, lastnostmi, zmogljivostmi in možnostmi poenostaviti vezja, zagotoviti združljivost vezja/procesorja in zmanjšati ali celo odpraviti potrebo po večjih, manj zanesljivih mehanskih potenciometrih.

Osnove potenciometra

Potenciometer je pomemben sestavni del pasivnega vezja že od samih začetkov elektrike in elektronike. Gre za napravo s tremi priključnimi sponkami z dostopnim uporovnim elementom, ki zagotavlja funkcijo delilnika napetosti prek svojega uporabniško nastavljivega gibljivega kontakta na vrtljivi gredi. Uporablja se v številnih analognih vezjih in vezjih z mešanimi signali, s čimer izpolnjuje najrazličnejše zahteve glede uporabe (slika 1).



Slika 2: Potenciometer s končnima priključnima sponkama A in B ter gibljivim kontaktom W (levo) je mogoče preprosto uporabljati kot reostat s katerim koli od treh pristopov povezave (desno). (Vir slike: Analog Devices)

Upornost vezja med katerim koli končnim kontaktom in nastavljivim gibljivim kontaktom znaša od 0 ohmov (nominalno) do polne stopnje upornosti žice ali filma, ko se kontakt vrti in drsi vzdolž uporabnega elementa. Razpon vrtenja večine potenciometrov je približno 270 do 300 stopinj, z običajno mehansko ločljivostjo in ponovljivostjo približno 0,5 % in 1 % vrednosti celotne skale (med enim delom pri 200 oziroma 100).

Med potenciometrom in njegovim mlajšim bratom, reostatom, obstaja zelo majhna, vendar jasna in pomembna razlika. Potenciometer je naprava s tremi priključnimi sponkami, ki deluje kot delilnik napetosti (slika 2, levo), reostat pa je nastavljiv upor z dvema priključnima sponkami, ki nadzoruje pretok toka. Potenciometer je pogosto ožičen, s čimer se ustvari reostat – to je mogoče izvesti na enega od treh podobnih načinov, tako da končna priključna sponka ostane nepovezana oziroma se jo poveže neposredno z gibljivim kontaktom (slika 2, desno).

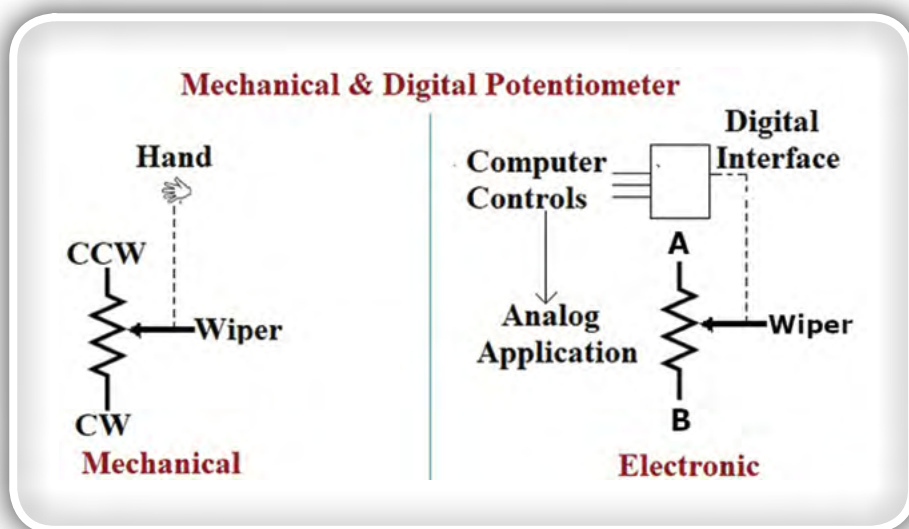
Digipoti: potenciometri v obliki integriranega vezja

Popolnoma elektronski digitalni potenciometer posnema delovanje elektromehanskega potenciometra, vendar to počne z uporabo integriranega vezja brez gibljivih delov. Sprejme digitalno kodo v enem od formatov in ustvari ustrezno uporabno vrednost. Zato se včasih imenuje uporovni digitalno-analogni pretvornik (RDAC).

Pri tradicionalnem potenciometru z roko (včasih tudi z majhnim motorjem) nastavimo položaj gibljivega kontakta in s tem razmerje delilnika napetosti. Pri digipotu pa se računalniške kontrole prek digitalnega vmesnika povežejo z integriranim vezjem digipota in vzpostavijo enakovredno vrednost položaju kontakta (slika 3).

Digipot uporablja standardno tehnologijo CMOS integriranih vezij in ne zahteva posebne izdelave ali obravnave. Velikost površinsko nastavljenega integriranega vezja digipota, ki običajno znaša 3 × 3 milimetre (mm) ali manj, je precej manjša od potenciometra, nastavljenega s tipko, ali celo od majhnega trimer potenciometra (trimpot), nastavljenega z izvijačem, ter se uporablja enako kot katero koli drugo integrirano vezje s tehnologijo površinske montaže (SMT) glede na proizvodnjo računalniških plošč.

Notranja topologija digipota je v osnovi sestavljena iz preproste zaporednega niza uporov z digitalno naslovljivimi elektronskimi stikali med gibljivim kontaktom in temi upori. Z digitalnim ukazom se vklopi ustrezno stikalo, medtem ko so druga stikala izklopljena, s čimer se določi želeni položaj gibljivega kontakta. V praksi ima ta topologija nekaj pomanjkljivosti,



Slika 3: Integrirano vezje digipota nadomesti ročno nastavitev gibljivega kontakta potenciometra z digitalno nastavljenim stikalom, ki posnema delovanje mehanskega gibljivega kontakta. (Vir slike: Circuits101, spremenjeno)

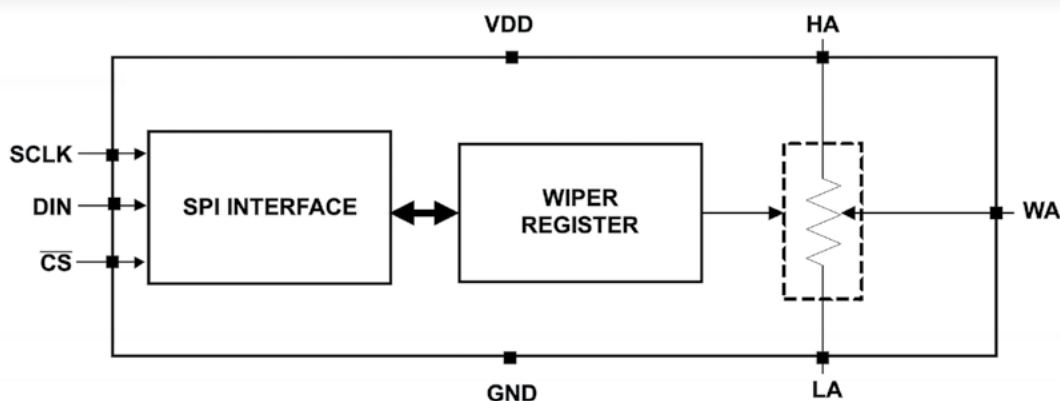
vključno z velikim številom potrebnih uporov in stikal ter večjo velikostjo matrice.

Da bi zmanjšali pomisleke v zvezi s tem, so proizvajalci zasnovali pametne nadomestne ureditve uporov in stikal, ki zmanjšujejo njihovo število, vendar ustvarijo enak učinek. Vsaka od teh topologij povzroči majhne razlike v razponu digipota in njegovih sekundarnih značilnostih, vendar je večina tega pregledna za uporabnika. V nadaljevanju tega članka bomo uporabljali izraz »potenciometer« za elektromehansko napravo in »digipot« za popolnoma elektronsko napravo.

Specifikacije in funkcije, ki jih ponujajo digipoti

Kot pri vsaki komponenti je treba tudi pri izbiri digipota upoštevati parametre najvišje ravni in sekundarne parametre. Glavna vprašanja so nazivna uporabna vrednost, ločljivost in vrsta digitalnega vmesnika, pomisleki pa vključujejo toleranco in vire napak, napetostno območje, pasovno širino in popačenje.

- *Potrebna uporabna vrednost, pogosto imenovana neprekinjena (end-to-end) upornost, se določi glede na izvedbo vezja. Proizvajalci ponujajo upornosti od 5 do 100 kilohmov (k Ω) v zaporedju 1/2/5 z nekaterimi drugimi vmesnimi vrednostmi. Obstajajo tudi enote z razširjenim razponom, z vrednostmi od 1 k Ω do 1 megaohma (M Ω).*
- *Ločljivost določa, koliko nastavitve diskretnih stopenj ali priključkov ponuja digipot (od 32 do 1024 stopenj), da lahko načrtovalec zadosti potrebam uporabe. Celotni digipot z 256 stopnjami (8-bitni) srednjega razpona ima višjo ločljivost kot potenciometer.*
- *Digitalni vmesnik med mikrokontrolerjem in digipotom je na voljo v standardnih formatih serijske komunikacije SPI in I2C, skupaj z naslovnimi priključki, tako da je mogoče prek enega vodila povezati več naprav. Mikrokontroler uporablja preprosto shemo kodiranja podatkov za prikaz želene nastavitve upornosti. Minimalistični digipot, kot je TPL0501 proizvajalca Texas Instruments – digipot z 256*

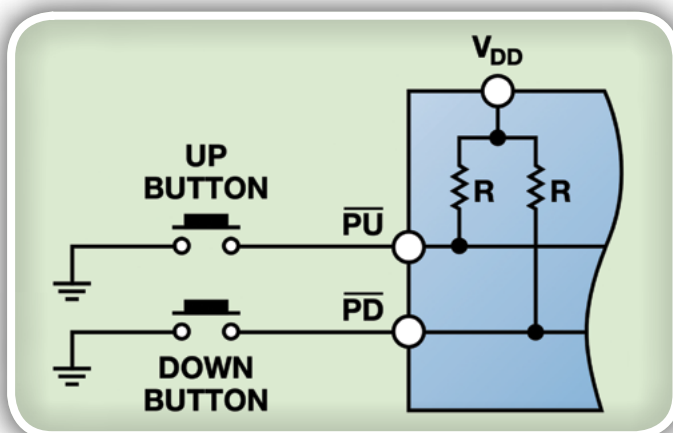


Slika 4: Osnovni digipot, kot je TPL0501 proizvajalca Texas Instruments z SPI vmesnikom, je učinkovita komponenta za uporabo v primerih, ko sta prostor in energija omejena ter dodatne funkcije niso potrebne. (Vir slike: Texas Instruments)

priključki z SPI vmesnikom je dobra izbira, kadar sta izguba energije in velikost bistvenega pomena (slika 4). Na voljo je v prostorsko varčnih 8-polnih SOT-23 (1,50 mm × 1,50 mm) in UQFN (1,63 mm × 2,90 mm) ohišjih.

Primer njegove uporabe je uporaba v medicinskih pripomočkih za nošenje kliničnega razreda, kot so oksimetri in obliži s senzorji, pri čemer je povezan z operacijskim ojačevalnikom OPA320 proizvajalca Texas Instruments (slika 5). S takšno kombinacijo se ustvari delilnik napetosti za nadzor ojačenja ojačevalnika, s čimer se zagotovi izhod digitalno-analognega pretvornika (DAC). Očitno vprašanje je, zakaj ne bi preprosto uporabili standardnega DAC pretvornika? Razlog je v tem, da takšna klinična uporaba zahteva precizijski, »rail-to-rail« analogni izhod z visokim faktorjem dupšenja signalov (CMRR) in nizkim šumom, za katerega je OPA320 ojačevalnik določen pri 114 decibelih (dB) in 7 nanovoltih na koren herca ($V/\sqrt{Hz}$) pri 10 kilohercih (kHz).

Poleg tega obstajajo različice digipot vmesnika, ki poenostavljajo uporabo v primerih, kot so uporabniške nastavitve glasnosti. Še dve možnosti sta: vmesnik s tipko in vmesnik gor/dol (G/D). Pri vmesniku s tipko uporabnik pritisne eno od dveh



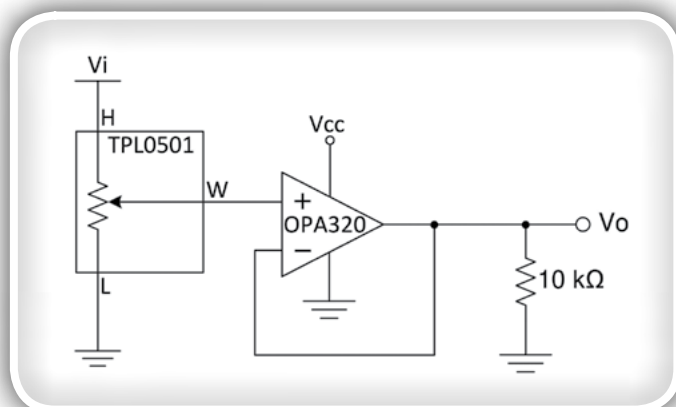
Slika 6: Vmesnik s tipko omogoča povezavo dveh uporabniških gumbov brez uporabe procesorja, s katerima se neposredno poveča/zmanjša nastavitev digipota. (Vir slike: Analog Devices)

razpoložljivih tipk: z eno poveča stopnjo upornosti, z drugo pa jo zmanjša. Procesor v to dejanje ni vključen (slika 6).

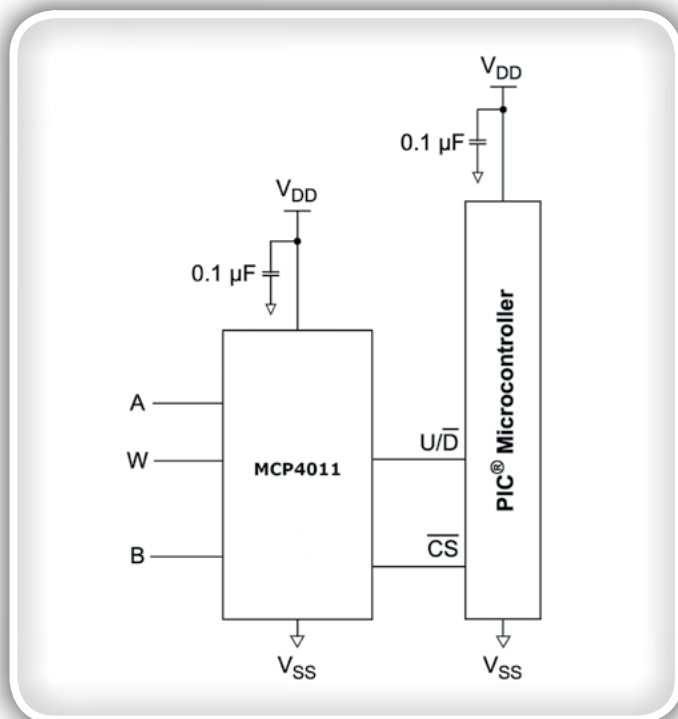
Vmesnik G/D se lahko izvede z minimalno programsko opremo in sproži prek preprostega rotacijskega enkoderjapodjetja Microchip Technology, preprosta naprava s 64 stopnjami (6-bitna), ki je na voljo z uporabnimi vrednostmi 2,1 kΩ, 5 kΩ, 10 kΩ in 50 kΩ (slika 7).

Uporablja en sam visoko oziroma nizko zmogljiv robni sprožilec z možnostjo izbire čipov za povečanje ali zmanjšanje upornosti (slika 8). To omogoča preprosto izvedbo, ki je videti kot tradicionalni kontrolnik glasnosti in se tako tudi občuti – brez težav, povezanih s potenciometri, ter s prednostmi digipotov.

Toleranca pri digipotih lahko predstavlja težavo, saj običajno znaša od ± 10 do ± 20 % nazivne vrednosti, kar je sprejemljivo v številnih ratiometričnih primerih oziroma primerih zaprte zanke. Vendar pa je lahko kritičen parameter, če se digipot usklajuje z zunanjim diskretnim uporom ali senzorjem v aplikaciji z odprto zanko. Zato obstajajo standardni digipoti z veliko strožjimi tolerancami, celo do ± 1 %. Kot pri vseh integriranih vezjih, je dejavnik lahko tudi temperaturni koeficient upornosti



Slika 5: Digipot je mogoče povezati s precizijskim operacijskim ojačevalnikom, kot je OPA320 proizvajalca Texas Instruments, s čimer se ustvari DAC ojačevalnik z vrhunsko izhodno zmogljivostjo. (Vir slike: Texas Instruments)



Slika 7: Digipot, kot je MCP4011 proizvajalca Microchip Technology, z robno gnano kontrolno linijo G/D in izbiri čipov, od mikrokontrolerja gostitelja zahteva minimalno število V/I in virov programske opreme. (Vir slike: Microchip Technology, spremenjeno)

in s tem povezan odklon, ki je posledica spremembe temperature. Proizvajalci to številko navedejo v svojem podatkovnem listu, da lahko načrtovalci ocenijo njen vpliv prek modelov vezij, kot je Spice. Druge možnosti stroge tolerance, ki so na voljo, so obravnavane v nadaljevanju.

Čeprav pri statičnih aplikacijah, kot je nastavitve umerjanja ali delovne točke, to ni zaskrbljujoče, pasovna širina in popačenje predstavljata težavo pri zvočnih in sorodnih aplikacijah. Pot upornosti določene kode v kombinaciji s parazitsko kapacitivnostjo ter kapacitivnostjo nožic in plošč ustvari uporovno-kondenzatorski (RC) nizkopasovni filter. Nižje vrednosti neprekinjenega upora ustvarijo večjo pasovno širino, približno 5 megahercev (MHz) za digipot 1 kΩ do 5 kHz za enoto 1 MΩ.

Nasprotno pa je celotno harmonsko popačenje (THD) v veli-

ki meri posledica nelinearnosti uporov pri različnih uporabljanih ravneh signala. Digipoti z večjo neprekinjeno upornostjo zmanjšajo prispevek upornosti notranjega stikala v primerjavi s skupno upornostjo, zaradi česar se zmanjša celotno harmonsko popačenje. Zato je pasovna širina v primerjavi s celotnim harmonskim popačenjem kompromis, ki mu morajo načrtovalci pri izbiri nazivne vrednosti digipota dati prednost in jih pretehtati. Običajne vrednosti se gibljejo od -93 dB za digipot 20 kΩ do -105 dB za digipote vrednosti 100 kΩ.

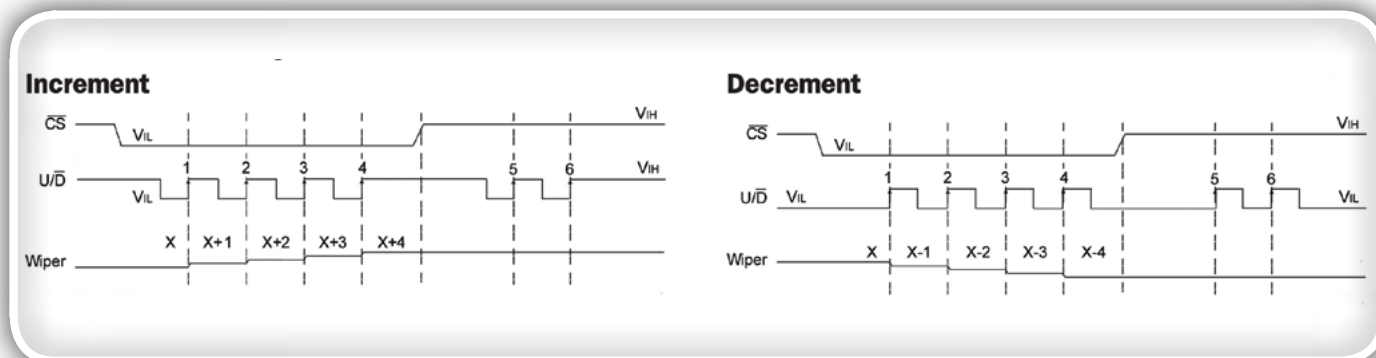
Dvojne, četverne in linearne različice digipotov v primerjavi z logaritemskimi

Digipoti poleg svoje »hands-off« (brez poseganja) nadzora ponujajo še dodatno preprostost, enostavno načrtovanje in precej nižje stroške kot potenciometri. Nekatere njihove druge zmogljivosti:

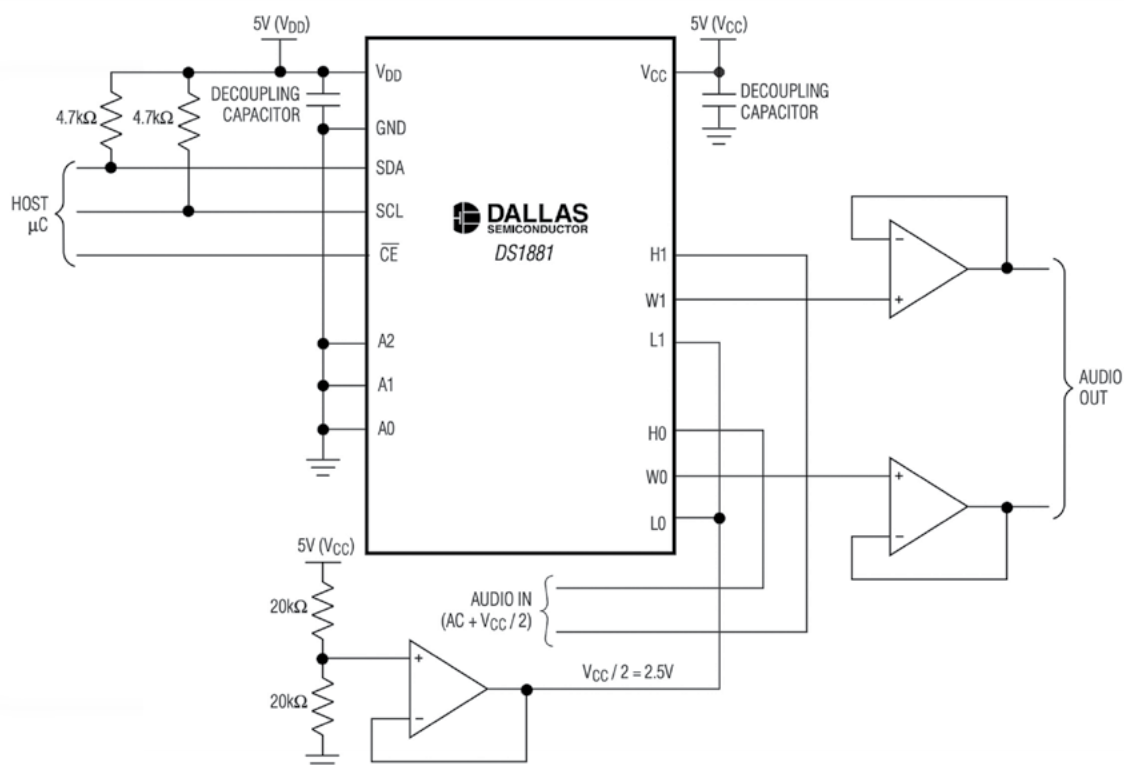
- Dvojni digipoti so uporabni, kadar je treba dve upornosti neodvisno prilagoditi, zlasti pa so koristni, kadar morata imeti enako vrednost. Čeprav bi lahko uporabili dve ločeni digipoti vezji, dvojna naprava doda prednost sledenja uporovnih vrednosti kljub toleranci in odklonu; na voljo so tudi četverne naprave.
- Linearne nastavitve v primerjavi z logaritemskimi: čeprav je pri nastavljanju in umerjanju običajno potrebno linearno razmerje med digitalno kodo in posledično upornostjo, lahko številne zvočne aplikacije izkoristijo prednost logaritemskega razmerja za boljšo prilagoditev decibelne skale, ki se zahteva v zvočnih situacijah.

Za izpolnitev te potrebe lahko načrtovalci uporabijo logaritemske digipote, kot je DS1881E-050+ proizvajalca Maxim Integrated Products. Ta naprava z dvema kanaloma deluje z enim 5-voltnim napajalnikom, ima neprekinjeno upornost 45 kΩ in vključuje vmesnik I2C z naslovnimi priključki, s čimer omogoča do osem naprav na vodilu. Uporovno vrednost posameznih kanalov je mogoče nastaviti neodvisno in vključuje več konfiguracijskih nastavitvev, ki jih lahko izbere uporabnik; osnovna konfiguracija ima 63 stopenj s slabljenjem 1 dB na stopnjo, od 0 dB do -62 dB, vključno z dušenjem (slika 9).

DS1881E-050+ zmanjšuje presluh, oba kanala pa ponujata 0,5



Slika 8: Vmesnik G/D digipota podpira robno proženo povečanje in zmanjšanje uporovne vrednosti z uporabo sprožilca iz enkoderja za nizko ločljivost. (Vir slike: Microchip Technology)



Slika 9: Digipot z dvema kanaloma Maxim DS1881E-050+ je zasnovan za zvočne signale in omogoča nastavitve ojačenja 1 dB/stopnjo v območju 63 dB. (Vir slike: Maxim Integrated Products)

dB ujemanja kanalov za zmanjšanje morebitnih razlik v glasnosti med njima. Naprava izvaja tudi preklapljanje uporov z ničelnim preходом za preprečevanje slišnih klikov in vključuje NV pomnilnik; njegova splošna uporabnost je obravnavana v nadaljevanju članka.

Upoštevati je treba tudi največjo napetost, ki jo lahko digipot prenese. Nizkonapetostni digipoti so na voljo za delovanje z vodili že od +2,5 volta (oziroma ± 2.5 volta z bipolarnim napajalnikom), tisti z višjo napetostjo, kot je MCP41HV31 proizvajalca Microchip Technology – naprava z upornostjo 50 k Ω , 128 priključki in SPI vmesnikom – pa lahko deluje z vodili do 36 voltov (± 18 voltov).

NV pomnilnik pomaga pri ponastavitvah napajanja

Osnovni digipoti imajo številne prednosti, vendar imajo v primerjavi s potenciometri eno neizogibno šibkost: po izključitvi napajanja se njihova nastavitve izgubi, njihov položaj ob ponastavitvi ob vklopu (POR) pa je določen z njihovo izvedbo, običajno v srednjem območju. Za številne aplikacije ta nastavitve POR žal ni sprejemljiva. Vzemimo nastavitve umerjanja: ko je uveljavljena, jo je treba ohranjati vse do namerne prilagoditve, kljub izključitvi napajanja ali zamenjavi baterije; nadalje, v številnih aplikacijah je bila »pravilna« nastavitve tista, ki je bila nazadnje uporabljena, ko je bilo napajanje izključeno.

Eden od preostalih razlogov za nadaljnjo uporabo potencio metrov je bilo tako dejstvo, da ob ponastavitvi napajanja ne izgubijo svoje nastavitve, vendar so digipoti to pomanjkljivost odpravili. Običajna praksa pri načrtovanju je bila sprva takšna, da je sistemski procesor med delovanjem odčital nastavitve digipota, nato pa to nastavitve znova naložil ob vklopu napajanja. Vendar je to povzročilo napake ob vklopu ter je bilo pogosto nesprejemljivo za celovitost in delovanje sistema.

V odgovor tem pomislekom so proizvajalci digipotov dodali tehnologijo NV pomnilnika (NVM), ki temelji na EEPROM tehnologiji. Z NV pomnilnikom lahko digipoti ob izključitvi napajanja ohranijo nazadnje nastavljen položaj gibljivega kontakta, različice OTP (enkratna nastavitve) pa načrtovalcem omogočajo nastavitve položaja gibljivega kontakta ob ponastavitvi ob vklopu (POR) na vnaprej določeno vrednost.

NV pomnilnik omogoča še druge izboljšave. Na primer, pri digipotu AD5141BCPZ10 proizvajalca Analog Devices je napaka tolerance upora shranjena v njegovem EEPROM pomnilniku (slika 10). Gre za digitalni potenciometer z enim kanalom, 128/256 položaji in prepisljivim NV pomnilnikom, ki podpira tako I2C kot SPI vmesnike. Z uporabo shranjenih vrednosti tolerance lahko načrtovalci izračunajo dejansko neprekinjeno upornost z natančnostjo 0,01 % ter na podlagi tega določijo razmerje segmentov digipota »nad gibljivim kontaktom« in »pod gibljivim kontaktom«. Ta natančnost je stokrat boljša od 1% natančnosti digipotov s še večjo natančnostjo, ki pa ne vključujejo NV pomnilnika.

Ne pozabite na posebne značilnosti digipotov

Čeprav se digipoti pogosto uporabljajo kot zamenjava za potenciometre, kadar je tradicionalna naprava manj zaželeno ali nepraktična, morajo načrtovalci nekatere njihove značilnosti upoštevati. Na primer, kovinski gibljivi kontakt potenciometra se dotakne uporabnega elementa s skoraj nično kontaktno upornostjo, njegov temperaturni koeficient pa je običajno zanemarljiv. V primeru digipota je gibljivi kontakt element CMOS z zmerno, toda še vedno pomembno upornostjo v zaporedju več deset ohmov do 1 k Ω . Če skozi gibljivi kontakt 1 k Ω steče tok 1 miliamper (mA), lahko posledični padec 1 volta po celotnem gibljivem kontaktu omeji dinamični razpon izhodnega signala.

Poleg tega je ta upor gibljivega kontakta funkcija uporabljene napetosti in temperature – na ta način uvaža nelinearnost in s tem popačenje izmeničnih signalov v poti signalov. Običajen temperaturni koeficient gibljivega kontakta, ki znaša približno 300 delcev na milijon na stopinjo Celzija (ppm/°C), je lahko pomemben in ga je potrebno upoštevati v proračunu napak pri izvedbah z visoko natančnostjo. Na voljo so tudi modeli digipotov s precej nižjim koeficientom.

Zaključek

Digipot je digitalno nastavljeno integrirano vezje, ki nadomestja klasični elektromehanski potenciometer v številnih arhitekturah sistema in izvedbah vezij. Ne zmanjšuje le velikosti izdelka in verjetnosti napak zaradi nenamerne premikanja, temveč dodaja tudi združljivost s procesorji in s tem s programsko opremo, ter hkrati ponuja večjo natančnost in višjo ločljivost (če je potrebno), skupaj z drugimi uporabnimi funkcijami.

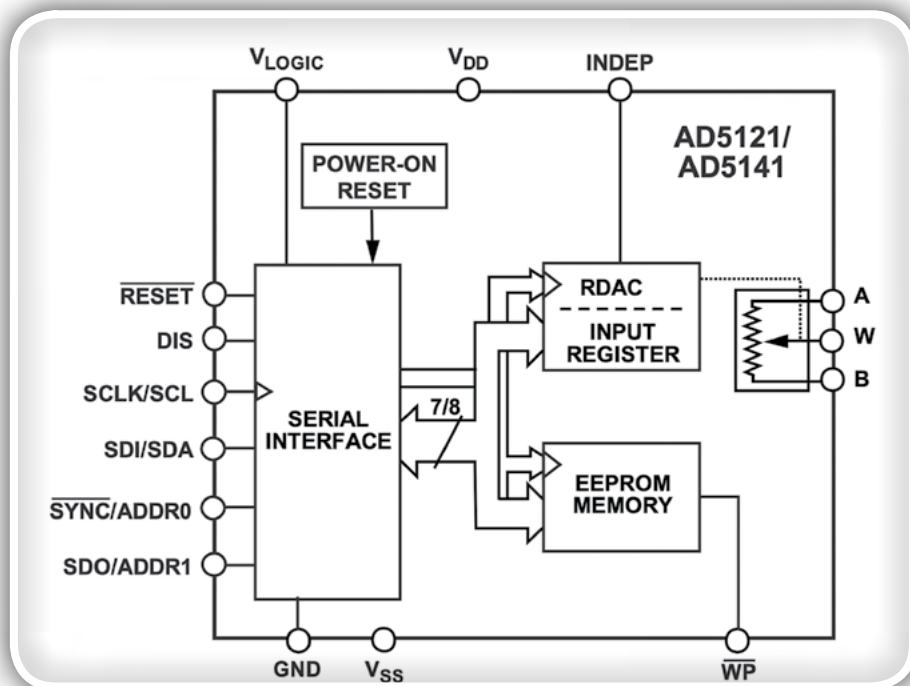
Kot je prikazano v članku, so digipoti na voljo v širokem razponu nazivnih uporabnih vrednosti, velikosti stopenj in natančnosti, dodatek nehlapnega pomnilnika pa poveča njihovo zmogljivost in premaguje pomembno oviro za njihovo uporabo v številnih aplikacijah.

Dodatni članki:

ICs Answer the Challenge of Dimming LED Lamps in TRIAC-Driven Circuits (Integrirana vezja kot odgovor na izziv zatemnitvenih svetilk LED v vezjih TRIAC)

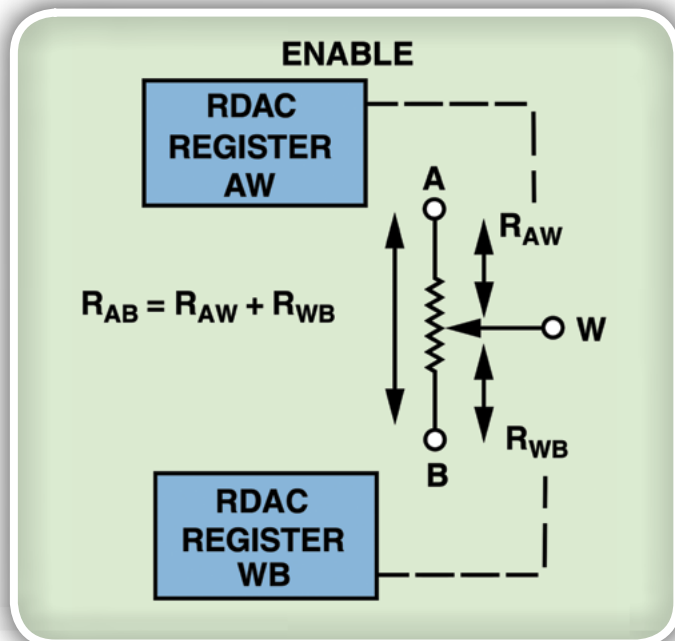
- <https://www.digikey.si/en/articles/ics-answer-the-challenge-of-dimming-led-lamps-in-triac-driven-circuits>

<https://www.digikey.com>



Slika 10: Digipot AD5141BCPZ10 proizvajalca Analog Devices vključuje prepisljiv NV pomnilnik (EEPROM), ki se lahko uporablja za shranjevanje zelenih nastavitvev ob ponastavitvi ob vklopu ter dejavnikov umerjanja za njegovo lastno uporabno verigo. (Vir slike: Analog Devices)

Ta način linearne nastavitve ojačenja omogoča neodvisno programiranje upornosti med priključnimi sponkami digitalnega potenciometra prek serijskih uporov RAW in RWB, kar omogoča izjemno natančno ujemanje uporov (slika 11). Takšna natančnost je pogosto potrebna za razsmerjanje topologij ojačevalnikov, npr. kadar je ojačenje določeno z razmerjem dveh uporov.



Slika 11: NV pomnilnik v digipotu se lahko uporablja tudi za shranjevanje umerjenih upornosti nad gibljivim kontaktom in pod njim za vezja, ki za nastavitvev ojačenja ojačevalnika uporabljajo natančna razmerja upornosti. (Vir slike: Analog Devices)

Krmiljenje RGB LED-ic (2)

Shield-A, učni pripomoček za programiranje mikrokontrolerjev (11)

Avtorja: mag. Vladimir Mitrović in Robert Sedak
E-pošta: vmitrovic12@gmail.com

V 13. programski nalogi smo posamično vključevali RGB diode oziroma smo na vseh sočasno vklopili isto barvo - to je naloga, ki jo lahko rešimo na "običajen" način in to tako, da postavimo priključke mikrokontrolerja v določena logična stanja.

Če pa želimo na RGB diodah D8-D11 v istem trenutku prikazati različne barve, moramo poseči po postopku, ki ga imenujemo multipleksiranje. O samem postopku smo že govorili v 9. nadaljevanju, tokrat pa ga bomo realizirali v praksi.

Diagram poteka na sliki 41 prikazuje, kako programsko izvajamo postopek multipleksiranja. Program po vrsti preverja, katera RGB dioda je trenutno vklopljena, nato jo izklopi, pripravi barvno kombinacijo, ki jo je treba vklopiti na naslednji diodi, in vklopi naslednjo diodo. Postopek bomo ločili v podprogram z imenom D8_D11. V tem načinu se RGB diode D8-D11 vklopijo ena za drugo, zato vsaka "pride na vrsto" šele pri vsaki četrti izvedbi podprograma. Da bi zavedli oko in dobili vtis, da LED-ice svetijo hkrati, moramo podprogram izvajati pogosto, vsaj 200-krat na sekundo.

Za naš glavni program bi bilo preveliko breme, če bi moral skrbeti za pravočasno "preklapljanje" diod. Torej smo to delo prepustili vezju znotraj mikrokontrolerja, imenovanemu timer ali časovnik. Časovnik šteje impulze in v določenih situacijah lahko spremeni stanje izhodnega priključka ali pokliče izvajanje povezanega podprograma (v tem primeru se podprogram imenuje prekinitvena rutina). Ko ga nastavimo iz našega programa na želeni način, časovnik deluje samostojno, tako da lahko glavni program dela, kar pač mora narediti.

Mikrokontroler ATmega328P na plošči Arduino Uno ima tri časovnike, od katerih bomo uporabili 8-bitni Timer2. Konfigurirali ga bomo, kot je prikazano na diagramu na sliki 42. Mikrokontroler deluje na frekvenci 16 MHz, ki jo delimo s faktorjem 64, da bi na izhodu delilnika dobili impulze frekvence 250 kHz. Timer2 šteje te impulze tako, da vsak impulz poveča stanje števca za 1. Ko stanje števca naraste na 255, bo naslednji impulz ponastavil števec in spet bo štel od 0. Na tej točki bo Timer2 povzročil prekinitve (angl. interrupt): mikrokontroler bo takoj ustavil izvajanje glavnega programa in začel izvajati ukaze povezane prekinitvene rutine. V našem primeru je to podprogram D8_D11, Timer2 ga pokliče, da se izvede približno 976 krat na sekundo; vsaka LED bo utripala približno 244 krat na sekundo - to je več, kot smo potrebovali! Upoštevajte, da "modre" oblike na sliki 42 kažejo, kaj delajo vezja znotraj mikrokontrolerja, programski del (prekinitvena rutina) pa je skrit za "rumeno" obliko.

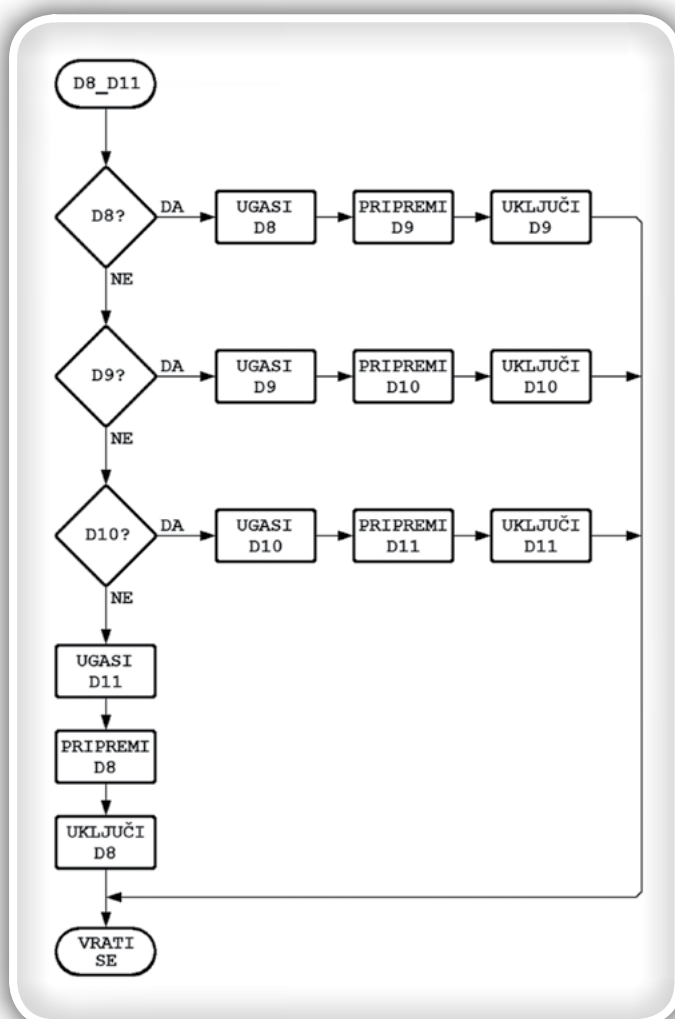
Tukaj upoštevajte, da se vsi podprogrami končajo z ukazom Return, ki bo vrnil nadzor v glavni program takoj, ko bo pod-

program končan. Če gre za prekinitveno rutino, se lahko prekinitve zgodi kadar koli, pogosto sredi izvajanja nekega ukaza znotraj glavnega programa. Vsi programski jeziki, vključno z Bascom-AVR in Arduino, imajo vzpostavljene mehanizme, ki zagotavljajo, da takšne prekinitve ne ogrozijo celovitosti glavnega programa.

14. programska naloga

Na RGB diodah D8-D11 postavite naslednje kombinacije barv:

- D8 = rdeča, D9 = zelena, D10 = modra, D11 = oranžna, za 1 s;



Slika 41: Shematski prikaz postopka multipleksiranja.

- D8 = zelena, D9 = modra, D10 = rdeča, D11 = modro-zelena, za 1 s;
- D8 = modra, D9 = rdeča, D10 = zelena, D11 = vijolična, za 1 s;
- D8 = bela, D9 = izklopljena, D10 = izklopljena, D11 = bela, za 0,5 s;
- D8 = izklopljena, D9 = belo, D10 = belo, D11 = izklopljena, za 0,5 s.

Poleg tega vsakih 100 ms spreminjajte barve na RGB diodah v naključnem vrstnem redu.

Bascom-AVR rešitev (program Shield-A_14a.bas)

Najprej bomo kot izhod konfigurirali vse priključke mikrokontrolerja, na katere so vezani priključki RGB diode:

```
Config Portb = &B00001111
Config Portd = &B11100000
```

Nato bomo konfigurirali Timer2 in delilnik v skladu z uvodnim opisom:

```
Config Timer2 = Timer , Prescale = 64
```

Timerju bomo dodelili prekinitveno rutino D8_D11:

```
On Timer2 D8_d11
Enable Timer2
Enable Interrupts
```

Od tega trenutka se bo prekinitvena rutina D8_D11 začela izvajati 976 krat v sekundi. Prekinitveno rutino napišemo na samem koncu programa:

```
D8_d11:
If Led8 = 0 Then
Led8 = 1
Rdeca = D9.0
Zelena = D9.1
Modra = D9.2
Led9 = 0
```

Tukaj sta Led8 in Led9 alternativni imeni priključkov, katerim vključujemo in izključujemo D8 in D9, pri čemer logična ničla ustreza vklopljenemu stanju, logična enica pa izključenemu stanju.

D9 je ime spremenljivke, v kateri je zapisano, katero barvo želimo prikazati na RGB diodi D9. Če uporabimo zgolj bite 0 (D9.0 = rdeča), 1 (D9.1 = zelena) in 2 (D9.2 = modra); logična enica ustreza vklopljenemu stanju, ničla pa izključenemu stanju. Isto logiko imamo za ostale RGB diode, zato spremenljivke D10, D11 in D8 vsebujejo "šifro" barve, ki jo želimo vključiti na istoimenskih diodah:

```
Elseif Led9 = 0 Then
Led9 = 1
Rdeca = D10.0
```

```
Zelena = D10.1
Modra = D10.2
Led10 = 0
Elseif Led10 = 0 Then
Led10 = 1
Rdeca = D11.0
Grn = D11.1
Modra = D11.2
Led11 = 0
Else
Led11 = 1
Rdeca = D8.0
Zelena = D8.1
Modra = D8.2
Led8 = 0
End If
Return
```

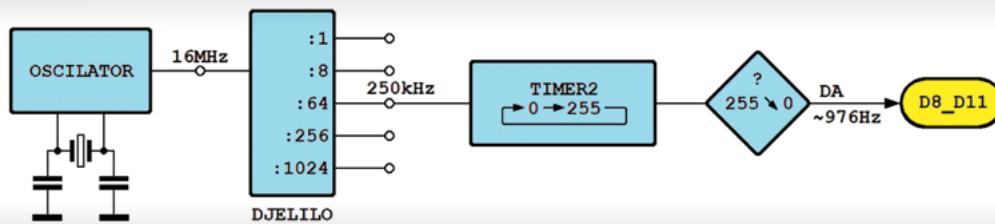
Ukaz Return zaključuje prekinitveno rutino in nas vrača v glavni program. Glavni program se nahaja znotraj brezkončne Do-Loop zanke, v kateri zgolj postavljamo želene barve v spremenljivke D8-D11 v skladu s postavljeno nalogo:

```
Dim D8 As Byte
Dim D9 As Byte
Dim D10 As Byte
Dim D11 As Byte

Do
D8 = 1 'rdeča
D9 = 2 'zelena
D10 = 4 'modra
D11 = 3 'oranžna
Wait 1
D8 = 2 'zelena
D9 = 4 'modra
D10 = 1 'rdeča
D11 = 6 'modrozeleno
Wait 1
D8 = 4 'modra
D9 = 1 'rdeča
D10 = 2 'zelena
D11 = 5 'vijolična
Wait 1
```

Očitno vrednosti 1, 2 in 4 ustrezajo rdeči, zeleni oziroma modri in druge vrednosti njihovim kombinacijam. Na koncu sledi še majhna animacija z belimi diodami:

```
D8 = 7 'bela
D9 = 0 'izklopljena
D10 = 0 'izklopljena
D11 = 7 'bela
Waitms 500
D8 = 0 'izklopljena
D9 = 7 'bela
D10 = 7 'bela
D11 = 0 'izklopljena
Waitms 500
Loop
```



Slika 42: Tako konfiguriran timer2 pokliče podprogram D8_D11 976 krat na sekundo.

Bascom-AVR rešitev dodatne naloge (program Shield-A_14b.bas)

Če želimo barve menjati slučajno, bomo izkoristili Bascom-AVR funkcijo Rnd(). Do-Loop zanka je sedaj precej enostavnejša:

```
Do
D8 = Rnd(999)
D9 = Rnd(999)
D10 = Rnd(999)
D11 = Rnd(999)
Waitms 100
Loop
```

Vsak Rnd() generira 16-bitno binarno številko, ki bi morala biti slučajna, oziroma nepredvidljiva. Razpon generiranih števil lahko omejimo s parametrom v oklepaju: nam ustrezajo številke v razponu od 0 do 7, za kar bi glede na Bascom navodila morali uporabiti funkcijo Rnd(8). Vendar številke, ki nam jih generira Bascom-AVR niso popolnoma slučajne, pač pa so rezultat nekakšnega matematičnega algoritma. Pokazalo se je namreč, da na "slučajnost" generiranih števil zelo vpliva parameter, ki smo napisali v oklepaju; z ukazom Rnd(8) se dobi neustrezen rezultat, pri katerem so se nekatere barve pojavljale precej bolj pogosto od drugih. Zato sem malo eksperimentiral s parametrom in na koncu izbral ukaz Rnd(999). Tako napisana funkcija generira številke v precej večjem razponu, kot potrebujemo, od 0 do 998, oziroma od 0 do 1111100110 binarno. Mi bomo od njih v podprogramu D8_d11 izkoristili samo tri zadnje bite, ker njihove kombinacije zajemajo vse barve, ki jih lahko reproduciramo z RGB diodami, "ostanek" generirane številke nas pa ne zanima. Edino, kar nam je pomembno je to, da se ti biti postavljajo v "slučajnih" kombinacijah, kar pomeni, da niti ena od njih ni zastopana večkrat ali manjkrat od drugih kombinacij. Sam podprogram, kot tudi ostanek programa so enaki programu Shield-A_14a.bas!

Arduino rešitev (program Shield-A_14a.ino)

Arduino IDE definira faktor deljenja frekvence mikrokontrolerja za Timer2 tako, kot je prikazano na shemi s slike 42; mi zgolj moramo omogočiti uporabo te prekinitve, ki v Arduino IDE ima ime TIMER2_OVF_vect. Sedaj nam ostane samo še to, da napišemo funkcijo, ki se bo izvršila, ko je prekinitve aktivirana. Za to bomo uporabili posebno prekinitveno rutino (Interrupt Service Routine ali skrajšano ISR). Kadar pišemo takšne rutine, se moramo držati nekaterih važnih pravil, ki jih tukaj ne bomo podrobno obravnavali. Poudarimo zgolj to, da morajo biti ISR rutine čim krajše, spremenljivke, ki se uporabljajo tudi v glavnem programu in v ISR rutini pa morajo biti označene kot volatile.

Pri pisanju imena prekinitve moramo paziti na velike in male črke – v kolikor slučajno neko črko napišemo za malo namesto z veliko črko ali obratno, prevajalnik ne bo javi napake, prekinitvena rutina pa se ne bo izvrševala tako, kakor pričakujemo.

Sedaj smo spoznali dovolj, da lahko pristopimo reševanju naloge. Najprej bomo definirali vse spremenljivke:

```
byte led8 = 8;
byte led9 = 9;
byte led10 = 10;
byte led11 = 11;

byte rdeča = 5;
byte modra = 6;
byte zelena = 7;

volatile byte D8 = 0;
volatile byte D9 = 0;
volatile byte D10 = 0;
volatile byte D11 = 0;
```

Nato bomo v funkciji setup() vse priključke mikrokontrolerja, na katere so vezani priključki RGB diod, konfigurirali kot izhodne in vse priključke, na katere so vezane katode RGB diod, postavili v stanje logične enice:

```
void setup() {
  DDRD = B11100000;
  DDRB = B00001111;
  PORTB = B00001111;
```

Pred katerimi koli spremembami v registrih, ki so povezani s prekinitvami, moramo zaustaviti izvrševanje prekinitve:

```
noInterrupts();
```

Moramo še postaviti bit TOIE2 v registru TIMSK2 v stanje logične enice, da bi s tem aktivirali prekinitve takrat, ko se vrednost števca Timera2 resetira iz 255 na 0.

```
TIMSK2 |= (1 << TOIE2);
```

in nato lahko dovolimo izvrševanje prekinitve:

```
interrupts(); //omogoči prekinitve
}
```

Od tega trenutka dalje se bo prekinitvena rutina ISR(TIMER2_OVF_vect) začela izvrševati 976-krat v sekundi. Prekinitveno

rutino pišemo na koncu programa, z uporabo algoritma glede na sliko 41:

```
ISR(TIMER2_OVF_vect){
  if (!digitalRead(led8)){
    digitalWrite(led8, HIGH);
    digitalWrite(rdeča, bitRead(D9, 0));
    digitalWrite(modra, bitRead(D9, 1));
    digitalWrite(zelena, bitRead(D9, 2));
    digitalWrite(led9, LOW);
  } else if (!digitalRead(led9)){
    digitalWrite(led9, HIGH);
    digitalWrite(rdeča, bitRead(D10, 0));
    digitalWrite(modra, bitRead(D10, 1));
    digitalWrite(zelena, bitRead(D10, 2));
    digitalWrite(led10, LOW);
  } else if (!digitalRead(led10)){
    digitalWrite(led10, HIGH);
    digitalWrite(rdeča, bitRead(D11, 0));
    digitalWrite(modra, bitRead(D11, 1));
    digitalWrite(zelena, bitRead(D11, 2));
    digitalWrite(led11, LOW);
  } else {
    digitalWrite(led11, HIGH);
    digitalWrite(rdeča, bitRead(D8, 0));
    digitalWrite(modra, bitRead(D8, 1));
    digitalWrite(zelena, bitRead(D8, 2));
    digitalWrite(led8, LOW);
  }
}
```

Opazili boste, da za branje stanja posameznega bita v spremenljivkah D8, D9, D10 in D11 uporabljamo funkcijo bitRead(), ki uporablja dva argumenta: spremenljivko iz katere želimo prebrati stanje posameznega bita in redno številko tega bita.

Glavni program pišemo znotraj funkcije loop() s tem, da uporabimo isti algoritem, kot v Bascom-AVR rešitvi:

```
void loop() {
  D8 = 1;      //rdeča
  D9 = 2;      //zelena
  D10 = 4;     //modra
  D11 = 3;     //oranžna
  delay(1000);
  D8 = 2;      //zelena
  D9 = 4;      //modra
  D10 = 1;     //rdeča
  D11 = 6;     //turkizna
  delay(1000);
  D8 = 4;      //modra
  D9 = 1;      //rdeča
  D10 = 2;     //zelena
  D11 = 5;     //vijolična
  delay(1000);
  D8 = 7;      //bela
  D9 = 0;      //izklopljena
  D10 = 0;     //izklopljena
  D11 = 7;     //bela
```

```
delay(500);
D8 = 0;      //izklopljena
D9 = 7;      //bela
D10 = 7;     //bela
D11 = 0;     //izklopljena
delay(500);
}
```

Arduino rešitev dodatne naloge (program Shield-A_14b.ino)

Če želimo barve menjati slučajno, bomo izkoristili funkcijo random(). Funkcija loop() je sedaj precej enostavnejša:

```
void loop() {
  D8 = random(0,999);
  D9 = random(0,999);
  D10 = random(0,999);
  D11 = random(0,999);
  delay(100);
}
```

Funkcija random() ni popolna in pri vsakem novem zagonu programa generira isti niz slučajnih števil. Obstajajo načini, s katerimi bi to lahko uredili, vendar je za naše potrebe dovolj dobra tudi takšna rešitev. Ostanek programa je enak programu Shield-A_14a.ino.

Za tiste, ki želijo vedeti več

Na isti način, na katerega smo izkoristili Timer2 za klicanje prekinitvene rutine, ki krmili multipleksiranje, Arduino IDE uporablja Timer0 za časovne funkcije millis() in delay(). V datoteki instalcijska_mapa_ArduinoIDE/hardware/arduino/avr/cores/arduino/wiring.clahko vidite, da je definiran faktor deljenja tajmerja nastavljen na 64, kot tudi, da se uporablja prekinitve glavnega programa takrat, ko se vrednost števca resetira iz 255 na 0, prav tako, kot je prikazano na sliki 42. Razlika je samo v tem, da se tukaj uporablja Timer0, ime prekinitvene rutine pa je drugačno. Z vsako prekinitvijo se povečuje vrednost pridružene spremenljivke za ena, z njo se uporabljata funkciji millis() in delay() za definiranje zadane zakasnitve. Opazili bomo, da se prekinitve ne izvršuje 1000-krat, ampak 976-krat v sekundi, in zato bo trajanje zakasnitve, ki smo ga zadali funkcijam millis() in delay() vedno malce daljše od pričakovane.

Bascom-AVR ne uporablja tajmerjev za svoje časovne ukaze Wait, Waitms in Waitus, pač pa programske zanke, ki trajajo nek določen čas. Potrebno število izvršitev zanke se določa med prevajanjem programa in je odvisno od zadanega časa zakasnitve in frekvence, na kateri dela mikrokontroler (\$crystal). Tudi tukaj ni možno doseči točno zadanega časa, vendar so odstopanja praviloma manjša, kot pri Arduinu.

Opomba: Programi Shield-A_14a.bas, Shield-A_14a.ino, Shield-A_14b.bas in Shield-A_14b.ino se lahko dobijo brezplačno v uređništvu revije Svet elektronike.

<https://svet-el.si>

PYTHON 6 - SoC

Avtor: Boštjan Šuhel

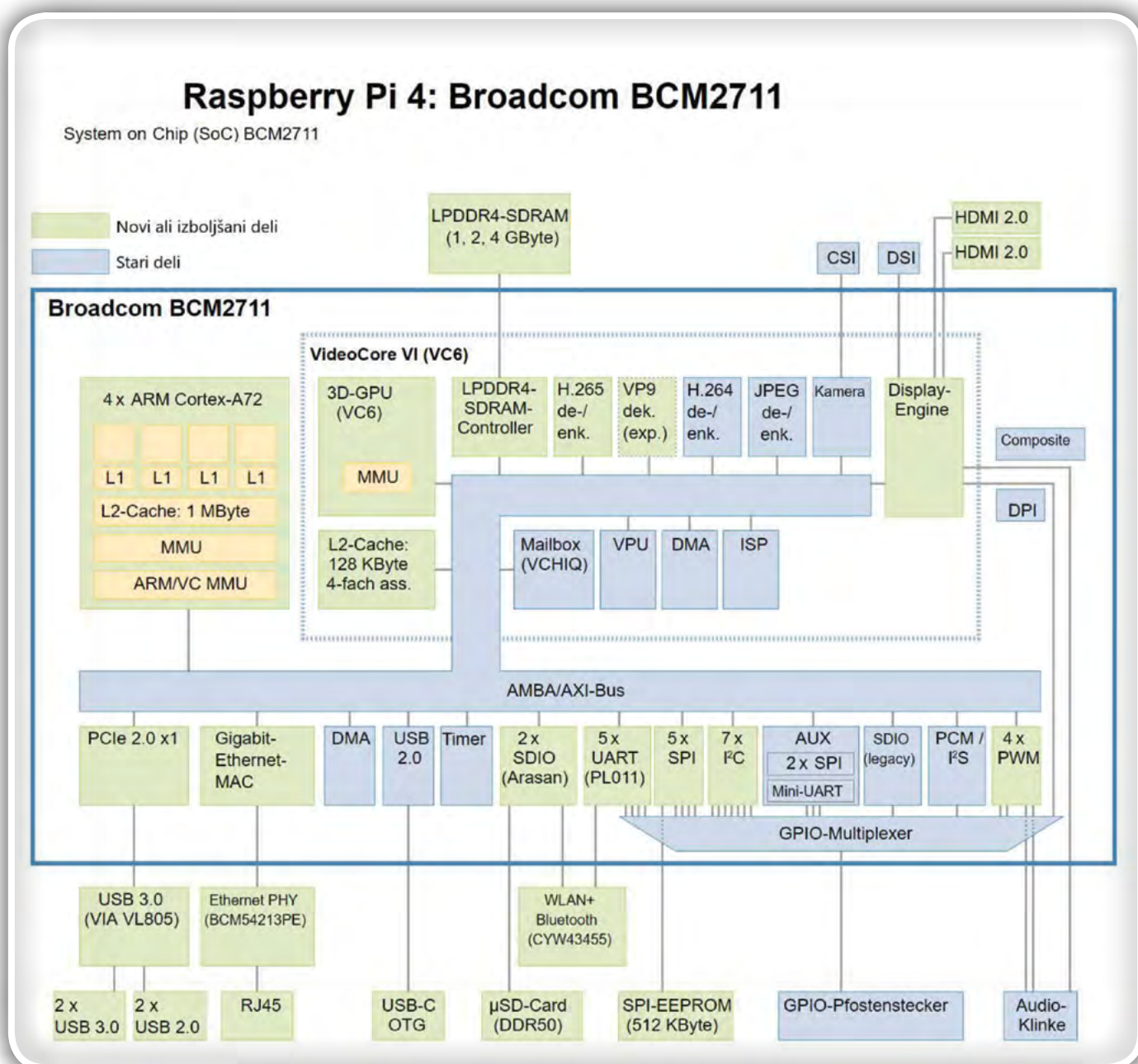
E-pošta: bostjan.suhel@gmail.com

Sistem na čipu (Vir:1) je tehnologija, ki je omogočila pametne telefone. Preko malih matičnih plošč (Vir:2) omogoča hiter razvoj s pomočjo ustreznih modulov. Tehnično je SoC procesorsko jedro(a), grafična kartica in večina potrebne vhodno izhodne elektronike. Še posebej moramo omeniti GPIO (General-purpose input/output) (Vir:6) dodatek, ki omogoča krmiljenje, komunikacijo in nadzor.

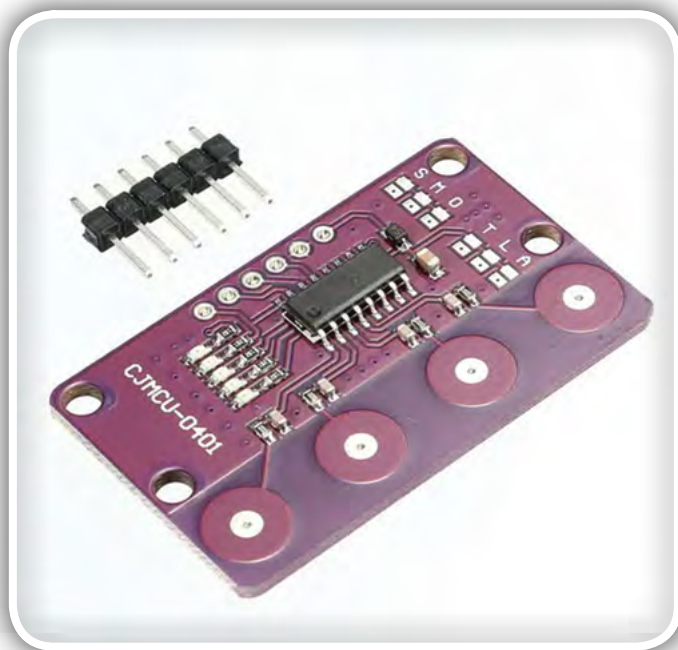
Po mednarodni predstavitvi krmilnega jedra v okviru slovenske izdaje (Vir:3), je prav, da pokažemo izgradnjo minimalnega učila. Minimalno učilo predstavlja malo matično ploščo (Vir:4) in modul s štirimi LED-icami in štirimi kapacitivnimi tipkami (Vir:5). Za povezavo uporabljamo vtične priključne žice (Vir:7).

Modul s tipkami in led

Gre za zanimiv modul s štirimi signalnimi led in štirimi kapacitivnimi tipkami. Signalne LED-ice so priključene na izhodne priključke. Tipke so tudi priključene na izhodne priključke, vendar preko cca. 5kΩ upora. Tako imamo možnost na GPIO vho-



Slika 1: Sistem na čipu.



Slika 2 Modul s tipkami in led.

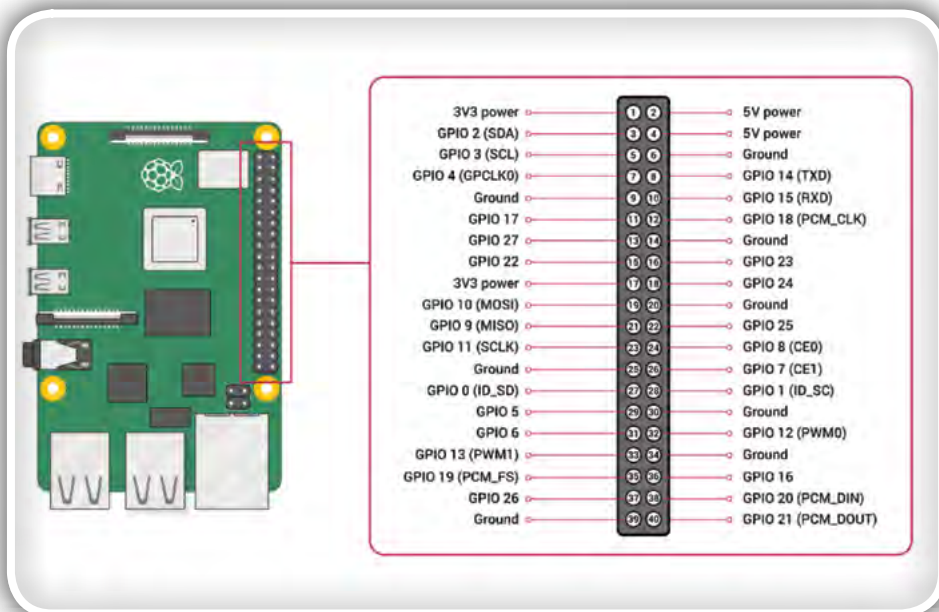


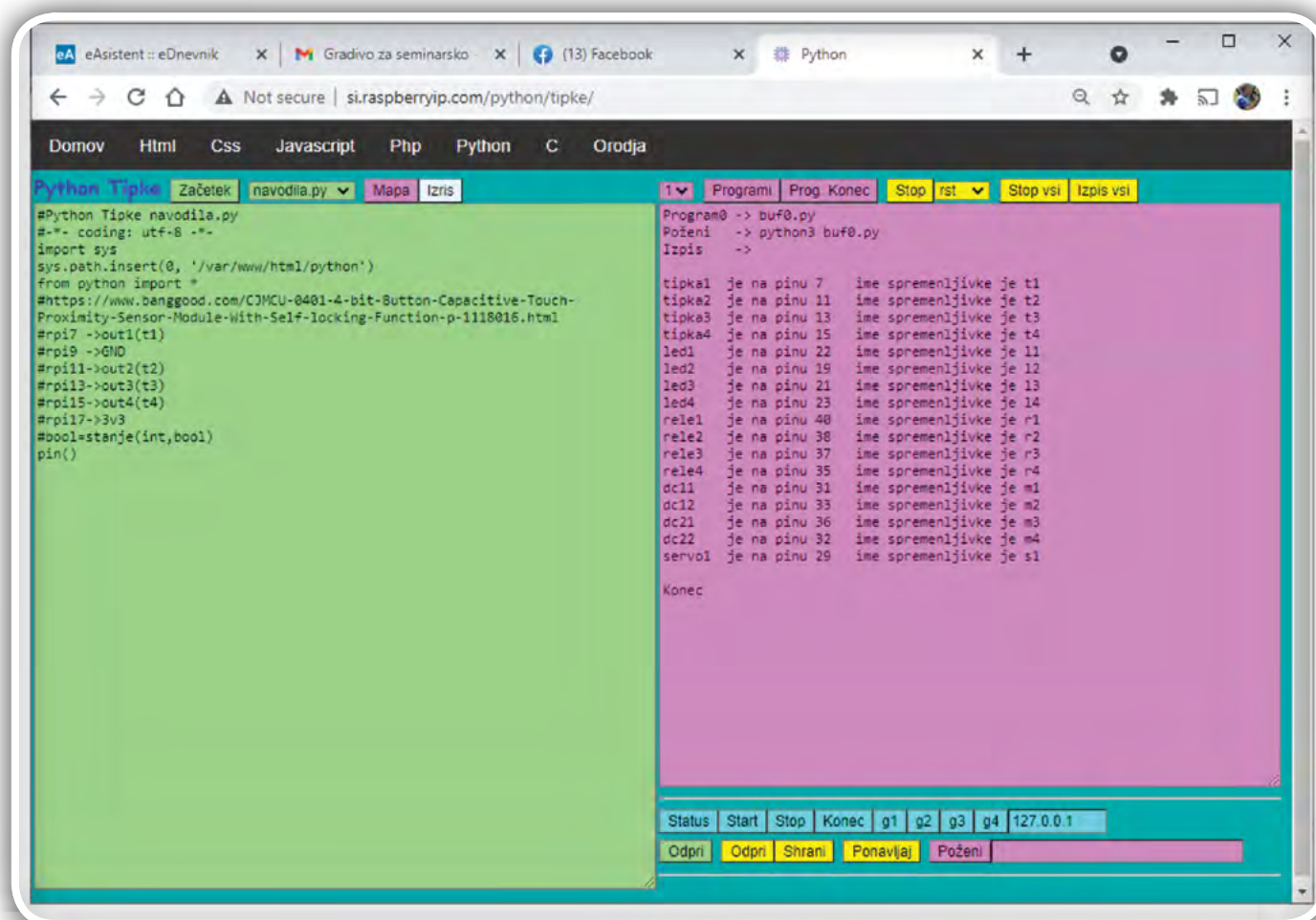
Slika 3: Raspberry pi 4

du male matične plošče nastaviti vhod ali izhod. Če nastavimo vhod beremo stanje kapacitivne tipke, če nastavimo izhod, zazna stanje signalna LED-. Stanje tipke se v tem primeru poveži. To nam daje zanimivo priložnost branjna stanje tipke in obenem neodvisno izpisovati stanje LED-ice.

Mala matična plošča

Male matične plošče imajo GPIO (Vir:7). Imajo dimenzijo kreditne kartice in imajo pritrdilne izvrtine, GPIO konektor in druge standardne mehanske karakteristike. Imamo 4 porte po 8 bitov. Vsak bit ima standardno IO, prekinitveno in pulzno širinsko logiko. Skoraj vsak pin ima





dodane specialne funkcionalnosti. Funkcionalnosti so lahko programsko ali strojno omejene. Tipične funkcionalnosti so komunikacije in dodeljevanje posebnih nalog, kot je npr. komandne linije za SD kartico in podobno.

Programsko imamo dostopnih 28 od 32 bitov. Na ploščici je veliko mase (GND), imamo tudi 5V in 3,3V napajanje. Razpored na 40 pinskem GPIO konektorju je standard za razne razširitvene module.

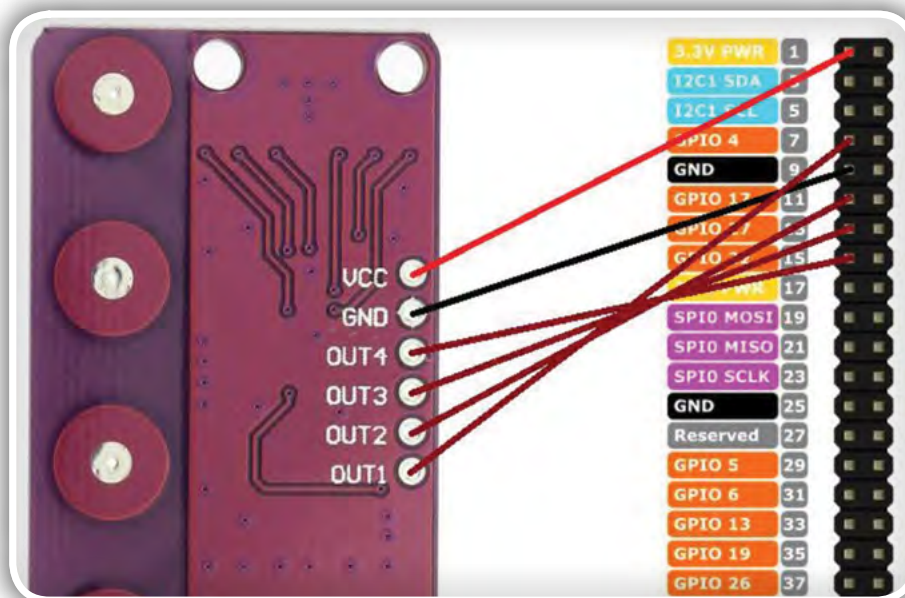
Minimalno učilo

Je sestavljeno iz male matične plošče in modulom s tipkami in LED-icami.

Modul in matično ploščo povežemo s šestimi vodniki. Dva za napajanje (masa in 3,3V) in štiri za izhode kapacitivnih tipk. Na Python->Tipke->navodila.py je funkcija pin().

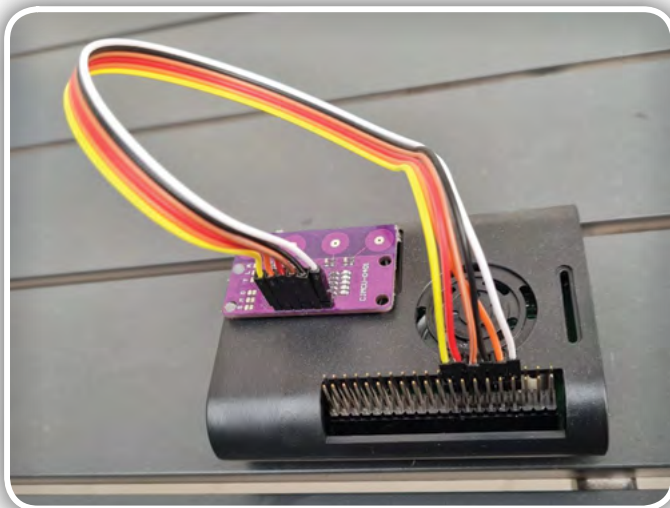
Program navodila.py vrne načrt ožičenja za vse module, ki jih uporabljamo v slovenski izdaji.

Sam program navodila.py je napisan tako, da opiše priključitev tipk na malo matično ploščo.



Slika 5: Minimalno učilo povezave.

tipka1 je na pinu 7 ime spremenljivke je t1
tipka2 je na pinu 11 ime spremenljivke je t2
tipka3 je na pinu 13 ime spremenljivke je t3
tipka4 je na pinu 15 ime spremenljivke je t4



Slika 6: Minimalno učilo

Vidimo, da je tipka1 na GPIO pinu 3. V python programih je ime t1 bool spremenljivka za tipko1. Podobno lahko zapišemo za tipka2, tipka3 in tipka4.

Minimalno učilo je odlično za osnovne vaje in za vaje povezovanja (konektiranja). Učenci v živo priključijo matično ploščo in modul s tipkami in LED-icami. Za to porabimo 6 žičnih povezav.

Slika 6 kaže enostavnost povezav in mogočo tehnologijo lepljenja modula na ohišje s pomočjo vroče plastike. Odlično za kreativne konstrukcije in ceno vsekakor globoko pod 60€.

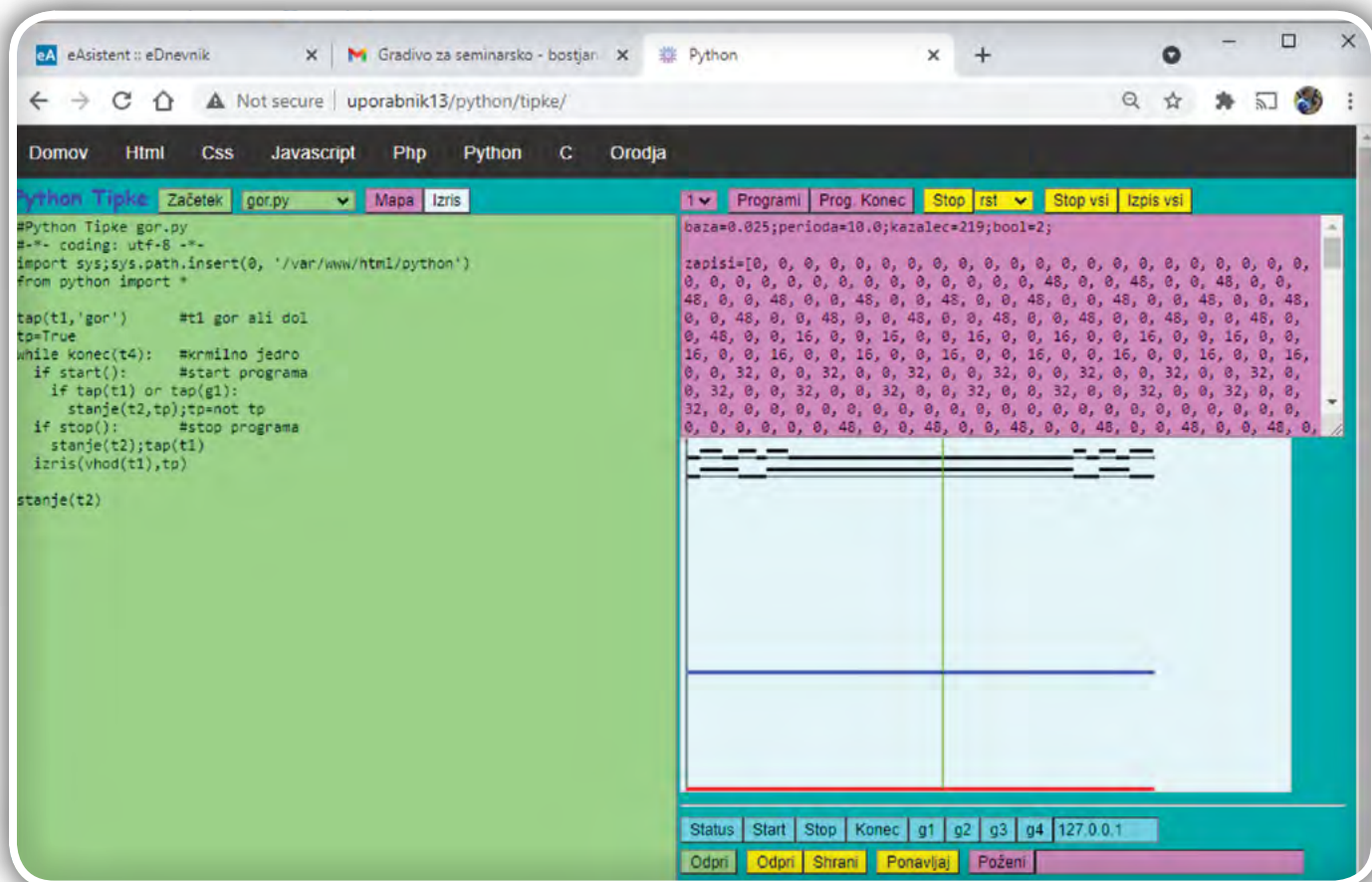
Python->Tipke

Python->Tipke->gor.py

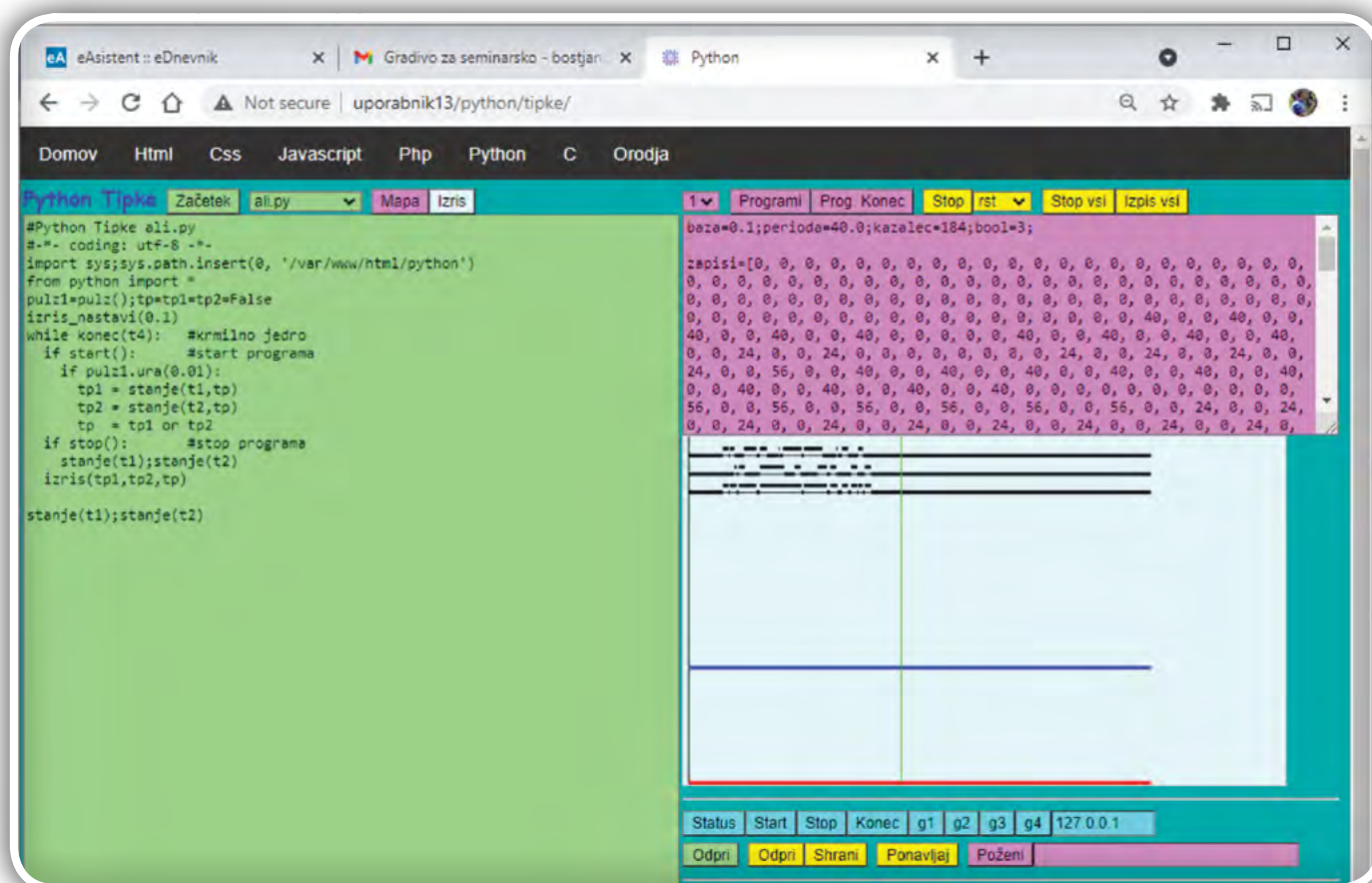
```
tap(t1,'gor') #t1 gor ali dol
tp=True
while konec(t4): #krmilno jedro
if start(): #start programa
if tap(t1) or tap(g1):
stanje(t2,tp);tp=not tp
if stop(): #stop programa
stanje(t2);tap(t1)
izris(vhod(t1),tp)
```

Krmilno jedro ima tri elemente. V delu programa, ki določa lastnosti, določimo delovanje tipke t1 na »gor«, kar pomeni, da je funkcija tap(t1) True pri prvem branju po spremembi stanja t1 iz 0 v 1, torej gor. Določimo tudi začetno vrednost bool spremenljivke tp na True:

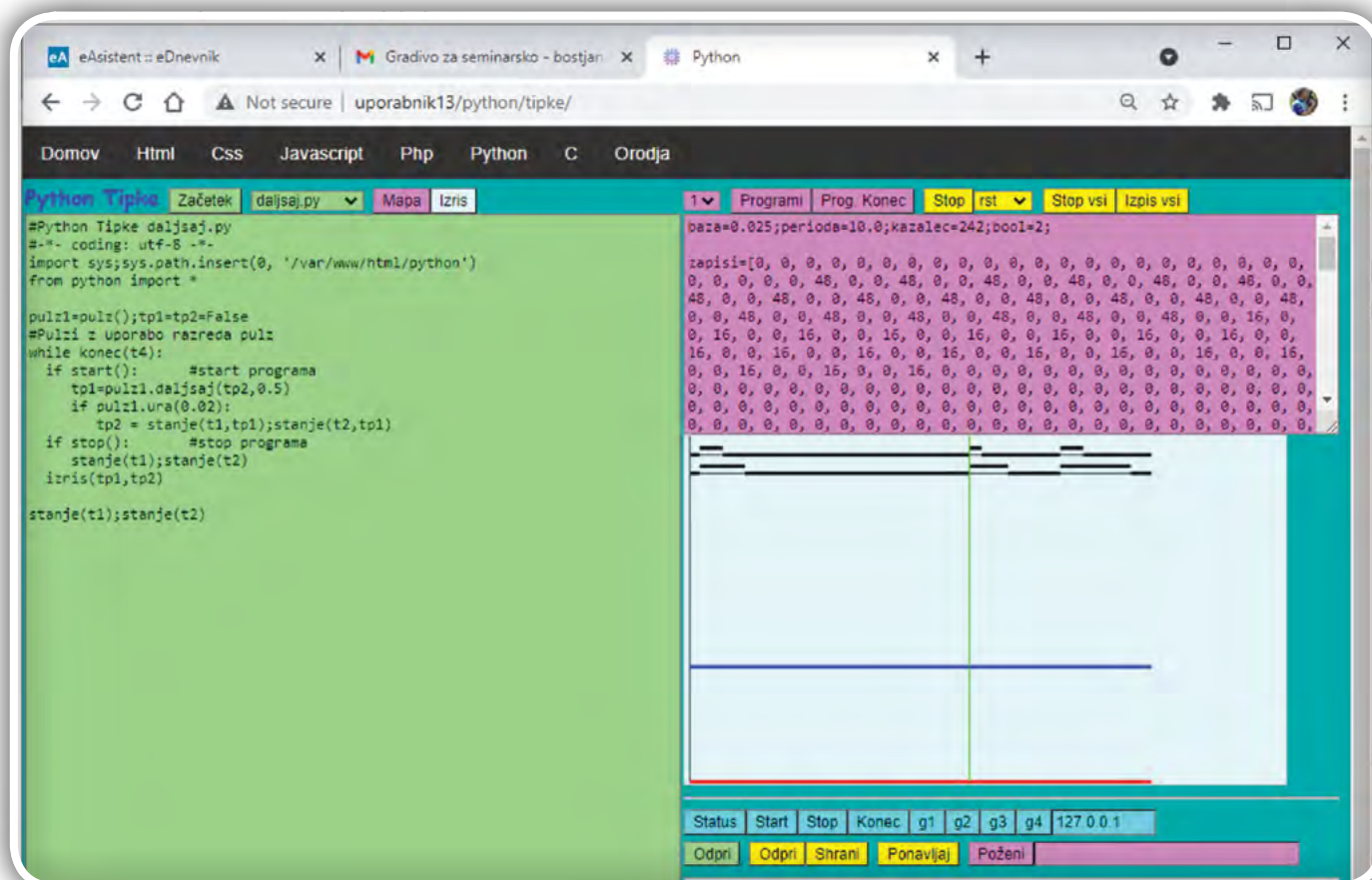
- Črno označeno je objekt krmilnega jedra, ki se izvaja kadar je program v stanju start (kar je začetna vrednost). Ko pritisnemo tipko t1 (ali gumb g1), se stanje t2 spremeni na tp. Spremenljivki tp tudi negiramo vrednost. Posledično se ob vsakem pritisku na tipko t1 spremeni stanje na led2.
- Rdeče označeno je objekt, ki se izvaja kadar je program v stanju stop. V tem stanju led2 ohranja vrednost, ne glede na pritiskanje tipke t1.



Slika 7: gor.py



Slika 8: ali.py



Slika 9: daljsaj.py

- Zeleno označeno je objekt ki se izvaja stalno in vpisuje stanja tipke t1 in bool spremenljivke v diagram. Če pritisnemo na gumb »Izris«, dobimo časovni potek (trend diagram) stanja tipke t1 in led2. Vidimo da se stanje led2 spremeni vedno, ko pritisnemo tipko t1.

Python->Tipke->ali.py

Program prižge led1 in led2, če pritisnemo tipko t1 ali tipko t2. Izris nam pokaže stanje tipke t1, tipke t2 in bool spremenljivke tp. Ker bool spremenljivka tp nastavlja stanje led1 in led2, je tretji diagram stanje led1 in led2.

Python->Tipke->daljsaj.py

Program daljsaj.py deluje kot časovni rele za daljšanje pulza. Časovni releji so uvod v sekvenčna vezja, kjer je izhodno stanje odvisno od predhodnega stanja, oziroma smo v sekvencah. Ko pritisnem na tipko t1, se prižgeta led1 in led2 za pred nastavljenno vrednost, ne glede na dolžino pritiska na tipki t1. Uporabno npr. za stopniščni avtomat.

Pokazali smo samo tri vaje iz vsakega sklopa. Če koga zanima jo vse vaje, ste vabljeni, da si ogledate Vir:3. Pokazana je tudi praktična uporaba krmilnega jedra. Krmilno jedro je nadzirano preko UDP telegramov in omogoča funkcije, ki so opisovane tudi v tem članku.

Naslednjič

Naslednjič se bomo spustili v delujoče šolske projekte. Na

mednarodnih predstavitev smo govorili o orkestraciji ključnih tehnologij, ki jih na slovenski izdaji predhodno obdelamo. Govor je o html, css, javascript, php, python in c. Začeli bomo s klimatom. Klimat pokaže, kako zbiramo meritve in jih zapisujemo v sql bazo. Kako iz teh meritev prikažemo tedenske diagrame. Dodan je histerezni regulator temperature in tedenski urnik referenčne temperature. Gre za krmiljenje, regulacijo in vodenje, sveti trojček regulacij. V laboratoriji nove mehatronike so delujoči projekti postavljeni na ločenem učilu, ki je stalno priključen in zbira podatke. Orkestracija tehnologij je ključni korak k razumevanju razvojnih tehnologij.

Viri:

- https://en.wikipedia.org/wiki/System_on_a_chip
- https://sl.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi
- <http://si.raspberrypi.com/>
- https://www.galagomarket.com/item/display/1862/5377_raspberry-pi_raspberry-pi_raspberry-pi-4-model-b_-2gb
- <https://www.banggood.com/CJMCU-0401-4-bit-Button-Capacitive-Touch-Proximity-Sensor-Module-With-Self-locking-Function-p-1118016.html>
- https://en.wikipedia.org/wiki/General-purpose_input/output
- <https://www.banggood.com/40pcs-20cm-Female-to-Female-Jumper-Cable-Dupont-Wire-p-75612.html>
- <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio/>

<https://svet-el.si>

Spremljajte novice s področja znanosti in tehnike z revijo žuljenje in tehnika!

Poletna izdaja!

Aktualna številka (julij/avgust) + priloga (Paleontologija na Slovenskem)

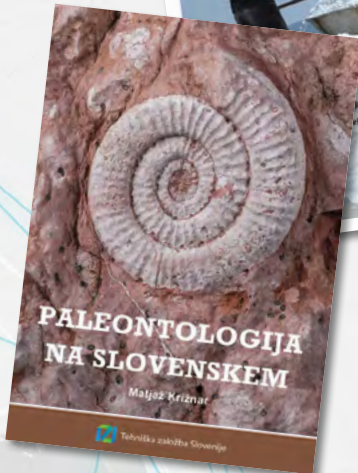
NAROČITE SE NA REVIJO ŽIVLJENJE IN TEHNIKA!

- Naročniki revijo prejmete po ugodnejši ceni.
- Vsak mesec jo brezplačno pošljemo na vaš naslov.
- Knjige **TEHNIŠKE ZALOŽBE SLOVENIJE KUPUJETE Z 20 % POPUSTOM**
- Ob naročilu prejmete **KNJIŽNO DARILLO**.

✓ 80 strani ✓ 11 števil + priloga ✓ ugodnosti za naročnike

 Tehniška založba Slovenije
 | www.tzs.si | narocila@tzs.si

 MODRA ŠTEVILKA
080 17 90

AVR, ESP, PIC in drugi Arduino projekti, ko gre za res!

Avtor: dr. Simon Vavpotič

<https://sites.google.com/site/pcusbprojects>

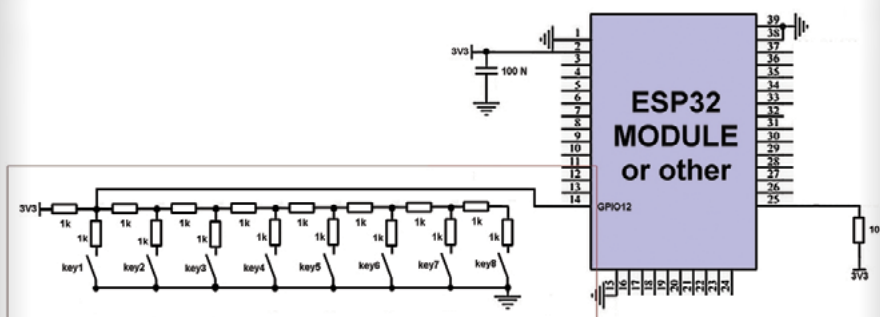
SpaceX je za sodobna vesoljska plovila Starship v razvoju priredil krmilno elektroniko in programje svojega »delovnega konja«, rakete Falcon 9, a šele v peto se mu je posrečil njegov pristanek z višine 10 km. Podobno velja za domačo elektroniko. Kako hitro in enostavno razvijati? Kako testirati in dopolnjevati ugnezdene programske opreme? Kaj narediti, da bo zanesljivo delovalo tudi, ko gre kaj narobe? Kdaj začeti vsakodnevno uporabljati?

Arduino razvojno okolje je primerno za programiranje skoraj vseh procesorsko zmogljivejših mikrokontrolerjev. V preteklem nadaljevanju smo spoznali chipKIT razširitev za Arduino razvojno okolje in se nato lotili pogostih napak v ugnezdjeni programski opremi pri gradnji uporabniških vmesnikov, še posebej, kako pravilno sprogramiramo ugnezdene programske kodo za nadzor mikro tipk, pa tudi en digitalni priključek hkrati uporabimo za prižiganje in ugašanje LED-ice ter zajemanje stanja mikro tipke. Videli smo tudi, kako preko ene digitalne (mikro) tipke podamo več kot en bit informacije. Naučili smo se pravilno meriti čas s sistemsko uro in na koncu zgradili digitalno preklopno uro z upravljanjem prek Wi-Fi, ki ne potrebuje 32,768 kHz oscilatorja, ampak zadovoljivo natančno meri čas kar s pomočjo glavnega oscilatorja in sistemskega števec ESP8266 modula.

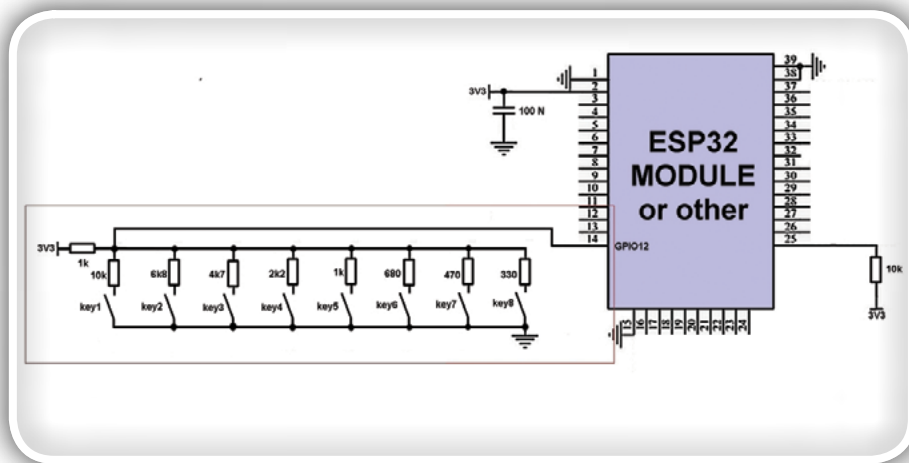
Tokrat se lotimo bomo preverili še alternativno možnosti izdelave tipkovnice, ki jo povežemo z mikrokontrolerjem le preko enega analognega vhoda. Nato se lotimo pogostih napak pri pisanju ugnezdene programske opreme, poleg tega pa še: na kaj moramo paziti pri krmljenju grafičnega prikazovalnika? Kako popraviti zamaknjen izpis? Kako izdelati generator znakov? Kako risati grafične elemente? Kako hitro lahko prenašamo podatke? Kako prilagodimo programsko kodo za I2C prikazovalnik za SPI prikazovalnik in obratno? Ali lahko prikazovalnik z vodilom SPI premenimo v prikazovalnik z vodilom I2C? Zanimalo nas bo tudi, kako zagotovimo stabilno komunikacijo med dvema Arduino napravama, če za prenos podatkov pri uporabimo diagnostični zaporedni RS232 vmesnik. Kako ločimo komunikacijo naprav od diagnostičnih sporočil?



Slika 1: Robotski traktor, ki ga skupaj krmilita ESP32 in ESP8266, povezana prek RS232 povezave.



Slika 2: Tipkovnica z analognim izhodom iz 1 k uporov, s katero prihranimo priključke mikrokontrolerja in zaznamo vse kombinacije osmih tipk.



Slika 3: Tipkovnica z analognim izhodom iz uporov različnih vrednosti, s katero prav tako dobro zaznamo kombinacije več tipk hkrati, lahko pa namesto tega dodamo še več tipk.

Kako zajemati podatke preko analognega vhoda?

Sodobni mikrokontrolerji imajo vgrajenih po več A/D pretvornikov, ki jih lahko s pridom uporabimo tudi za zajem signalov s tipkovnice. Tipkovnico lahko izdelamo iz uporov in mikrostikal tako, da deluje po principu A/D pretvornika, tako da je vrednost izhodne napetosti tipkovnice odvisna od pritisnjenih tipk. Resda moramo za branje tipk žrtvovati del zmogljivosti A/D pretvornika, a prihranimo lahko veliko digitalnih vhodov. Vendar moramo paziti, da za referenčno napetost A/D pretvornika izberemo napajalno napetost mikrokontrolerja, saj so spremembe vrednosti napetosti proporcionalne pritisnjeni kombinaciji tipk v razponu od napajalne napetosti mikrokontrolerja proti 0 V. Več kot pritisnemo tipk, nižja je izhodna napetost.

Na sliki 2 prikazani primer je za tipkovnico z 8 tipkami, pri kateri je mogoče prek enega vhoda zaznati vse kombinacije osmih tipk. Če dovoljeno število hkrati pritisnjenih tipk omejimo, je kombinacij napetosti še bistveno več in lahko priklopimo dodatne tipke. Vezje najlažje izdelamo tako, da namesto enakih 1k-ohmskih uporov, vežemo vsako tipko prek lastnega upora z unikatno vrednostjo. Vendar pri tem ni zagotovila, da bomo ob pritisku več tipk hkrati vsakokrat dobili drugačno vrednost napetosti.

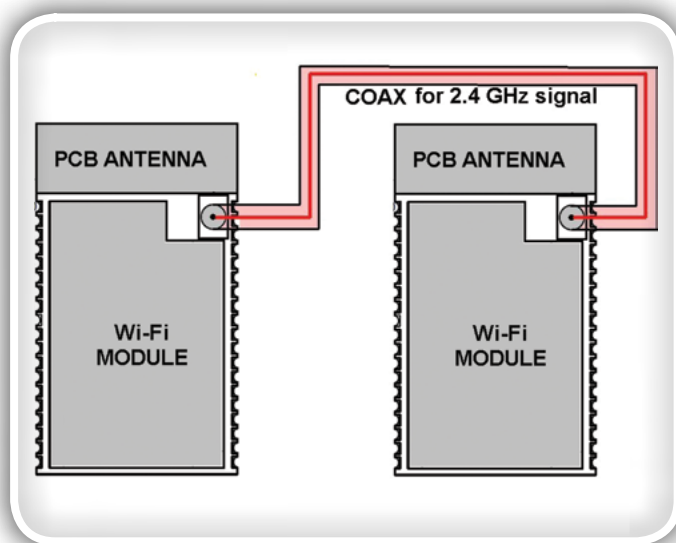
Po drugi strani, je analogna tipkovnica zelo občutljiva na neželena nihanja napetosti in zahteva dobro glajenje napajalne napetosti. Vendar, če namesto osmih tipk na isti vhod priklopimo le 3 ali 4 tipke, lahko njihove analogne vrednosti precej lažje ločimo. Občutljivost na neželene napetostne motnje lahko zmanjšamo s pametno zasnovo algoritma za branje vrednosti tipk, podobno kot smo to naredili v preteklem nadaljevanju. Pri branju vrednosti z A/D pretvornika lahko podaljšamo čas pretvorbe in obenem povečamo ločljivost A/D pretvorbe. Ker je tipkanje počasno opravilo, lahko z A/D pretvornika pri vsakem preverjanju stanja tipkovnice zajamemo po več vrednosti, izmed katerih izločimo morebitne anomalije, ali pa namesto tega določimo časovni interval (npr. 100 ms), v katerem mora A/D pretvornik izmeriti približno enake vrednosti napetosti, da

lahko predpostavimo, da je izmerjeno stanje tipkovnice pravilno. Kot vidimo, je zanesljivo branje stanja analogne tipkovnice podobno branju stanja posameznih digitalnih tipk, le da moramo ločevati tudi med več napetostnimi nivoji.

Prenos podatkov po koaksialnem kablju namesto po zraku

Nekatere izvedbe Wi-Fi modulov, kot so ESP8266, ESP32 in WINC1510, imajo miniaturni antenski priključek, prek katerega jih lahko povežemo z anteno ali pa kar medsebojno, če prej poskrbimo za

skupno maso. Z žico povezana modula razumljivo zato zaznata odlična medsebojna signala, obenem pa tudi signale bližnjih modulov, ki oddajajo prek anten. Skratka, ustrezen kabel zagotavlja bistveno boljšo povezavo kot prenos po zraku, kar pa je najpomembnejše, zadeva deluje. Vsekakor pa boste za neposredno povezavo dveh Wi-Fi modulov, ki oddajata na frekvencah okoli 2,4 GHz, potrebovali tudi ustrezen koaksialni kabel, ki je bistveno tanjši kot tisti za FM radijsko področje. Kratek kosček tovrstnega kabla z ustreznima priključnima konektorjema za Wi-Fi modul in anteno, prilagaja tudi proizvajalci Wi-Fi anten. Če imamo dva taka kabla, lahko priključka za anteni odrežemo, preostanka kablov pa povežemo skupaj, tako da dobimo kabel z dvema priključkoma za Wi-Fi modul. Pri tem je pomembno, da je spoj čim manjši in da ga na koncu električno izoliramo in ovijemo s koncema oklopne žice iz obeh koncev kablov. Tako dobimo skoraj idealen kabel za povezavo dveh Wi-Fi modulov. Pri daljšem kablju je treba biti pri izbiri njegove dolžine previden, saj lahko pride med napravami, ki se napajajo prek različnih neozemljenih ali slabo ozemljenih napajalnikov tudi do razlike električnih potencialov med Wi-Fi moduloma.



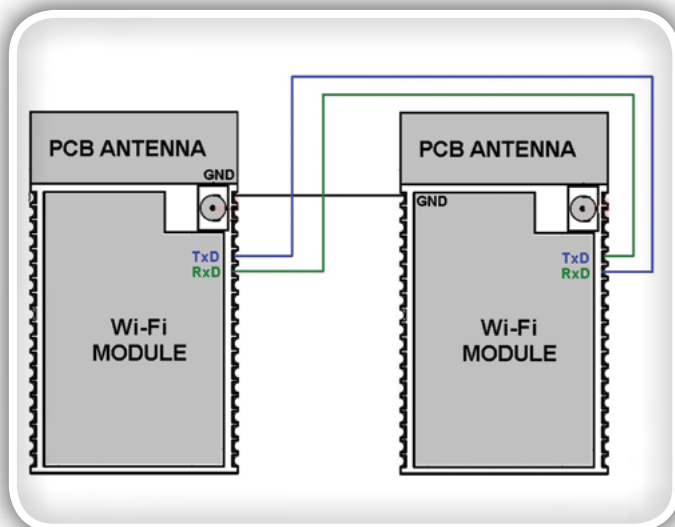
Slika 4: Shema povezave dveh Wi-Fi modulov s tankim 2,4 GHz koaksialnim kablom.



Slika 5: Kako povezati zunanjo anteno na Wi-Fi modul brez antenskega priključka.

No, kakorkoli, sam sem preizkusil modula, ki sta bila precej blizu skupaj, vendar povezani kar z 10 cm koščkom žice za 220 V, saj ustreznega koaksialnega kabla nisem imel pri roki. Slabše je okoli -6 dB jasno kaže, da je signal veliko veliko močnejši kot pri najbolj kakovostnem prenosu preko zraka. Z ustreznim koaksialnim kablom bi vsekakor dobil boljše rezultate, verjetno pa bi obenem zajel manj okoliških Wi-Fi postaj, kar je v strnjeneh blokovskih naseljih več kot ugodno.

Povejmo še, da je mogoče z ustreznim koaksialnim kablom povezati tudi Wi-Fi module brez vtičnic, tako, da njihove PCB antene razklenemo in na vsakega od modulov prispajkamo koaksialni kabel. Pomembno je le, da pri tem masi povežemo skupaj, prav tako pa tudi antenska priključka. Podrobnosti si oglejte na sliki. Nekateri moduli imajo PCB anteno, obenem pa



Slika 6: Povezava dveh Wi-Fi ESP32 VROVER modulov s tankim, 2,4 GHz koaksialnim kablom.

še priključek za zunanjo anteno. Če želimo uporabiti priključek za zunanjo anteno, moramo miniaturni 0-ohmski upor prespajkati v drug položaj. To je nemalokrat težko, vendar lahko izgubljeni ali uničeni upor brez skrbi nadomestimo s koščkom žice ali kepico spajke, saj so kontakti zelo blizu skupaj. Če niste dovolj spretni, lahko namesto PCB anteno predelate v antenska priključka in neposredno prispajkan antenski koaksialni kabel.

Kako zamenjati prednastavljeno SPI funkcionalno enoto?

Začeli smo z nekaj zamislami za nove projekte, zdaj se lahko lotimo še nekaterih pogostih napak pri pisanju ugnezdene programske kode. Arduino programske knjižnice različnih proizvajalcev mikrokontrolerjev imajo za določene funkcionalnosti lahko ugnezdene prednastavljene vrednosti. Denimo, Espressif Systems-ova podpora knjižnica za podporo delovanja ESP32, ima ugnezdjeno konstanto SPI, ki določa, katero SPI funkcionalno enoto za serijsko komunikacijo bomo uporabili, če v klicih funkcij tega podatka eksplicitno ne navedemo. Pri ESP32, ki ima tri takšne funkcijske enote, je to VSPI. Kadar želimo uporabiti drugo enoto, moramo spremeniti kodo programske knjižnice, tako da na koncu programske datoteke SPI.cpp (datoteko najdemo v mapi: <systemski_disk>:\Users\<windows_uporabniško_ime>\AppData\Local\Arduino15\packages\esp32\hardware\esp32\<-različica>\libraries\SPI\src\SPI.cpp) definiramo SPIClass SPI(HSPI), s čimer to naredimo za vse projekte. Alternativna možnost je, da definicijo SPIClass SPI(VSPI) zakomentiramo z »//«, kar pomeni, da bomo morali v lastnih aplikacijah vsakokrat sami izdelati razred SPI, preden ga bomo lahko začeli uporabljati SPI funkcije. Več kot očitno je, da so pisci Arduino knjižnice mislili predvsem na manj izkušene programerje, zato so definicijo razreda SPI vnesli kar v programsko knjižnico, kar pa morda ni najboljše niti s stališča racionalne porabe pomnilnika ESP32, ko SPI komunikacije ne potrebujemo. Več lahko preberete na spletni strani sites.google.com/site/pcusbprojects v članku o gradnji spletnega radija s priključkom na ožičeni Ethernet.

Alternativa opisanemu postopku je tudi definicija SPI razreda (oz. SPIClassa) z drugo oznako, denimo SPIClass hSPI(HSPI), vendar tu nemalokrat naletimo na težave, če želimo uporabiti programske knjižnice višjega nivoja, ki uporabljajo prednastavljeno SPI funkcionalno enoto, še posebej, če zanje nimamo izvirne kode.

Kako prilagoditi ugnezdjeno programsko kodo za grafični prikazovalnik?

Segmentni in tekstovni prikazovalniki se počasi umikajo grafičnim tudi pri enostavnih domačih projektih. Grafični prikazovalniki dajejo omogočajo načrtovalcu ugnezdene programske opreme veliko svobode in skoraj neomejene možnosti pri izbiri znakovnih naborov. Veliko jih temelji na SH1306 mikrokontrolerju, ki je zelo podoben starejšemu SH1106 mikrokontrolerju. Oba lahko

z nadzornim mikrokontrolerjem ali računalnikom komunicirata prek SPI ali I2C vodila. K sreči ista Arduino programska knjižnica podpira tudi starejši krmilnik, težava pa je v obstoječi programski kodi spletnega radia, ki je prilagojena za uporabo SH1306. Zato se slika zamakne. K sreči lahko to popravimo v zagonski programski kodi tako, da v nabor registrov vnesemo popravljene začetne vrednosti.

Nekoliko več dela je, če želimo originalno Arduino programsko kodo v knjižnici SSD1306.h za komunikacijo prikazovalnika prek vodila I2C predelati za komunikacijo prek vodila SPI. V ta namen moramo spremeniti metodi SSD1306::SSD1306 in SSD1306::display. Poglejmo, kako to naredimo pri SSD1306::SSD1306. Ker spletni radio iste SPI priključke uporablja za različne naprave, moramo pred vsako SPI komunikacijo pridobiti SPI vodilo za izvedbo ene nedeljive transakcije. To naredimo z ukazom SPI.beginTransaction, rezervira SPI vodilo vse do izvedbe ukaza SPI.endTransaction. Vmes lahko komuniciramo s prikazovalnikom.

```
SSD1306::SSD1306(uint8_t sda,uint8_t scl){
    esp_err_t espRc;
    ssdbuf =(page_struct*)malloc(8*sizeof(page_struct)
);
    SPI.beginTransaction(SSD1306_SPI);
    pinMode(ini_block.tft_cs_pin,OUTPUT);
    pinMode(ini_block.tft_dc_pin,OUTPUT);
    digitalWrite(ini_block.tft_cs_pin,LOW); // display
select
    digitalWrite(ini_block.tft_dc_pin,LOW); // command
    font = SSD1306font ;
    delay(100); // wait 100 ms for display init
    SPI.write(OLED_CONTROL_BYTE_CMD_STREAM);
    SPI.write(OLED_CMD_SET_CHARGE_PUMP);
    SPI.write(0x14); // Enable charge pump
    SPI.write(0x4); // lower column address= 4 - SH1106
    SPI.write(0x10); // higher column address =0 - SH1106
    SPI.write(OLED_CMD_SET_CONTRAST);
    SPI.write(255); - SH1106
    SPI.write(OLED_CMD_DISPLAY_ON);
    digitalWrite(ini_block.tft_cs_pin,HIGH); // display
deselect
    SPI.endTransaction();
    clear(); // Clear the display
}
```

Inicializaciji, pri kateri na začetku kreiramo tudi pomnilniško polje za vmesno shranjevanje slike zaslon, sledi uporaba prikazovalnika. Metoda SSD1306::display ob vsakem klicu osveži vsebino zaslona iz pomnilniškega polja za vmesno shranjevanje. Zato je poleg prikazane inicializacijske metode edina, ki uporablja SPI vodilo. Ostale funkcije lahko pri spremembi načina komunikacije s prikazovalnikom ostanejo nespremenjene. Omenimo še, da je pomembna razlika med uporabo I2C komunikacije in SPI komunikacije pri SH1306 tudi ta, da pri SPI komunikaciji v prikazovalnik samo pišemo podatke, pri I2C komunikaciji pa jih lahko tudi beremo. Je pa I2C komunikacija pri isti hitrosti prenosa podatkov nekoliko počasnejša. Ker uporabljamo vmesno shranjevanje zaslonske slike, z I2C komunikacijo ne bi kaj dosti pridobili.

Omenimo še, zakaj se splača uporabljati vmesno shranjevanje zaslonske slike. Mikrokontroler dostopa do pomnilnika prikazovalnika bistveno počasneje kot do svojega delovnega pomnilnika, ne glede na to ali uporabljamo I2C ali SPI vodilo. Vmesno shranjevanje se splača organizirati tako, da ima vsaka pomnilniška banka svojo zastavico pisanja, ki se postavi, ko se spremeni njegova vsebina. SH1306 organizira zaslonski pomnilnik v 8 blokov po 136 bajtov. Zato lahko metoda SSD1306::display vsakokrat osveži le spremenjene, kar v praksi pogosto pomeni veliko manj prenosa podatkov, kot če bi vsakokrat ponovno zapisali vse pomnilniške bloke, ali jih prej celo prebrali, spremenili njihovo vsebino in jih nato zapisali nazaj.

Je grafični generator alfa numeričnih znakov težko narediti?

Ko smo že pri prikazovalnikih, je prav, da omenimo še, kako najenostavneje implementiramo generator znakov. Ker uporabljamo vmesno shranjevanje zaslonske slike, lahko generator implementiramo izključno kot funkcijo nad pomnilniškim poljem za vmesno shranjevanje zaslonske slike in ga uporabljamo za poljuben prikazovalnik z enako organizacijo zaslona.

Poglejmo:

```
void SSD1306::print(char c){
    if(( c>=' ')&&(c<='~')){ // Check the legal range
        memcpy ( &ssdbuf[ychar].page[xchar], // Copy bytes
        for 1 character
            &font[(c-32)*SSD1306FONTWIDTH], SSD1306FONTWIDTH );
        ssdbuf[ychar].dirty=true;
    } else if(c=='\n'){ // New line?
        xchar = dsp_getvisiblewidth(); // Yes, force next line
    }
    xchar+=SSD1306FONTWIDTH; // Move x cursor
    if(xchar>(dsp_getvisiblewidth()-SSD1306FONTWIDTH))
    { // End of line?
        xchar=0; // Yes, mimic CR
        ychar=(ychar+1)&7; // and LF
    }
}
```

Funkcija generira en znak na prikazovalniku, pri katerem vsak pomnilniški blok s 136 bajti predstavlja 8 slikovnih vrstic tako, da prvi bajt vsebuje bite vrstic od 0 do 7 v stolpcu 0, drugi bajt bite vrstic 0 do 7 v stolpcu 1 itn. Naslednji blok je sestavljen enako kot prvi blok 0, le da se začne na zaslonu 8 slikovnih pod njim. Vse omenjeno vidimo tudi pri zgornji implementaciji generatorja znakov poljubne širine in višine 8 bitov. Če bi hotel višje znake, bi morali pri njihovem izrisu kombinirati bite različnih blokov, kar je procesorsko zamudno. Zato povejmo še, da so prikazovalniki s procesorji SH1106 in SN1306 najprimernejši za izris 8 pik visokih znakov. Obenem lahko slike znakov hranimo v enotnem pomnilniškem polju, razporejene po ASCII abecedi. Tako lahko iz ASCII kode znaka vselej poiščemo

tudi njegovo sliko, tako da kodo preprosto pomnožimo s širino znaka v pikah na prikazovalniku. Prostor med znaki lahko opredelimo kot del slike znaka, ali pa ga samodejno zapolnimo s praznim bajtom in na ta način prihranimo pomnilnik mikrokontrolerja.

Kot vidimo, generatorja znakov ni težko narediti, precej več časa pa bi porabili za risanje znakov različnih črkovnih naborov. K sreči lahko bitne slike različnih črkovnih naborov poiščemo tudi v spletu, vsekakor pa jih najdete tudi v datoteki SSD1306.h, ki je priložena implementaciji spletnega radija na spletni strani sites.google.com/site/pcusbprojects.

Kako filtrirati podatke na Arduino programsko/diagnostični RS232 vratih?

Arduino zagonski nalagalnik in programske knjižnice ugnezdene programske opreme nudijo programersko/diagnostično podporo prek enih od RS232 vrat mikrokontrolerja. Obenem je eden ali več od digitalnih vhodov na ohišju mikrokontrolerskega čipa namenjenih izbiri načina zagona v enem od načinov za programiranje ali enem od načinov normalnega delovanja.

Serijski priključek lahko uporabimo tudi za komuniciranje z drugimi mikrokontrolerji ali napravami s TTL RS232 povezljivostjo. Vendar moramo pri tem ločevati med morebitnimi sistemskimi sporočili in aplikacijskimi sporočili oddajnega mikrokontrolerja.

Oddajni mikrokontroler sprogramiramo tako, da vsem aplikacijskim sporočilom doda značilno predpono, ki je v sistemskih sporočilih ni. Tako sprejemni mikrokontroler obdela le sporočila s predpono, ostala sporočila pa lahko zavrže, ali le posreduje uporabniku. Slednje je smiselno pri napravah z dvema Wi-Fi moduloma, od katerih eden brezžično komunicira z glavnim računalnikom, drugi pa je v pripravljenosti in hkrati opravlja druge naloge.

Ukaz `serial.print("#__#c1")` preko serijskih vrat za programiranje in diagnostiko odda krmilno kodo »c1« z uporabo pred-

pone »#__#«. V sprejemnem mikrokontrolerju moramo zato implementirati programski filter, ki kot krmilne kode upošteva le znakovne nize, ki se začnejo z »#__#«. Pri tem moramo upoštevati, da znake prek RS232 zajemamo zaporedno, pri čemer so kot krmilne kode zanimivi samo znakovni nizi, daljši od štirih znakov, kakršna je dolžina prikazane pripone. Vsekakor lahko izberemo tudi drugo predpono, pomembno je predvsem, da ni predolga, saj tako po nepotrebnem zaseda pasovno širino. Pomembno je tudi, da niza znakov, kot ga ima predpona, ni sistemskih sporočil Arduino programskih knjižnic

Je mogoče izklopiti Arduino sistemska sporočila?

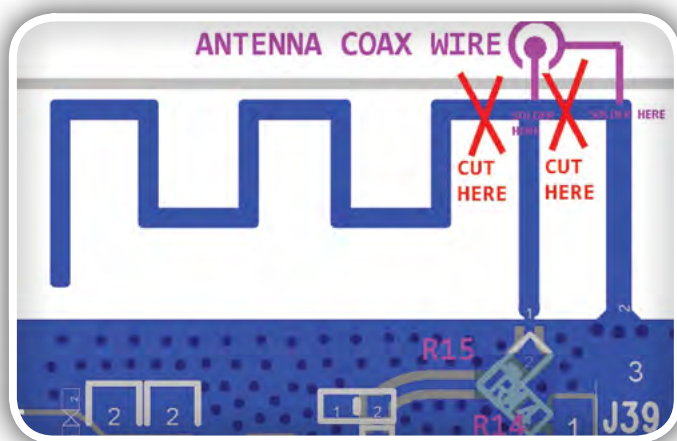
Z ustrezno nastavitvijo konstant programskih knjižnic naj bi bilo mogoče izklopiti obveščanje prek RS232, vendar se v praksi izkaže, da nekateri programerji pri tem (vsaj pri ESP32 moduli) niso bili dosledni, ali pa niso upoštevali priporočil. Kakorkoli, ko že mislimo, da smo obveščanje izklopili, tu in tam še vedno prileti kako sporočilo, na kar mora biti sprejemni mikrokontroler pripravljen, saj lahko v nasprotnem primeru v sprejetem sporočilu po naključju razbere tudi krmilne kode in izvede napačne akcije. Še posebej pozorni moramo biti v primerih, ki lahko iz enega Wi-Fi modula zaženemo drug, zmogljivejši Wi-Fi modul z večjo porabo energije. Med zagonom Wi-Fi modula se zažene njegov zagonski nalagalnik, ki v vsakem primeru izpiše uvodne obvestila. Slednjih se lahko znebimo, če začnemo podatke sprejemati s časno zakasnitvijo, vendar s tem ne izključimo možnosti nehotenega ponovnega zagona oddajnega mikrokontrolerja, če gre v njem kaj narobe, še posebej, če v programski kodi uporabljamo t.i. strojnega psa čuvaja (angl. hardware watchdog).

Sprejemanja nehotenih sporočil prek diagnostičnega RS232 se zanesljivo znebimo le, če pred vsako želeno sporočilo dodamo predpono, ki je v sistemskih sporočilih ni. Uporaba različnih predpon hkrati omogoča ločevanje sporočil v skupine, ki jih obdelamo v različnih podprogramih. Denimo, lahko ločimo sporočila za krmiljenje pogonskih motorjev robota in sporočila za upravljanje nastavitev njegove kamere.

Kako prek RS232 prenašati datoteke?

Medtem, ko je v Arduino razvojnem okolju sorazmerno dobro poskrbljeno za shranjevanje in branje datotek na in iz SD kartic ali Flash RAM-a, je programskih knjižnic za implementacijo prenosa podatkovnih datotek prek RS232 povezave sorazmerno malo in še te imajo zaradi uporabe različnih, predvsem arhaičnih modemske komunikacijskih protokolov, precej presežnega prenosa podatkov.

Če se implementacije algoritma lotimo sami, moramo upoštevati predvsem dveje: RS232 je asinhroni komunikacijski protokol, zato morata biti pri hitrem prenosu velikih količin podatkov uri oddajne in sprejemne enote RS232 še posebej dobro usklajeni.



Slika 7: RS232 povezava med diagnostičnim vmesnikom ESP32 Wi-Fi modulov.

To lahko preverimo pri programiranju nove ugnezdene programske opreme, če postopno zvišujemo hitrost prenosa programske kode in podatkov iz osebnega računalnika v Arduino modul. Če pri tem presežemo najvišjo zmogljivost sprejemnega RS232 modula, bomo morda res prenesli nekaj začetnih blokov podatkov, kasneje pa bo sinhronizacija padla in programiranja ne bomo uspešno zaključili. Je pa res, da je prenos podatkov tem zanesljivejši, tem bližje skupaj sta oddajno in sprejemni modul.

Drugi problem je detekcija napak pri prenosu podatkov in ponavljanje prenosa podatkovnih blokov z napakami in morebitno odpravo manjših bitnih napak. Za to funkcionalnost potrebujemo algoritem za sprotno izračunavanje CRCC kod podatkovnih blokov. Obenem je pomembno tudi, da pravilno določimo njihovo dolžino.

Prenos poljubne datoteke prek RS232 torej poteka v več fazah: najprej vsebino datoteke razdelimo na podatkovne bloke praviloma enake dolžine, razen zadnjega, ki je navadno krajši, če se deljenje na bloke ne izide na celo število. Prvi podatkovni blok lahko prihranimo za opisne podatke datoteke, saj tako sprejemni računalnik že takoj ve, kako veliko datoteko bo moral postvariti na podatkovnem mediju, kamor prenašamo podatke prek RS232. Vsak blok podatkov mora obenem imeti na koncu pripeto tudi CRCC kodo, na osnovi katere sprejemni računalnik preveri pravilnost prenesenih podatkov. Omenimo še, da lahko knjižnice za izračun CRCC na osnovi različnih polinomov poiščemo v spletu.

Kako sinhronizirati RS232 prenos podatkov?

Čeprav RS232 protokol za sinhronizacijo ur oddajnika in sprejemnika uporablja enega ali dva stop bita, je idealno če uri sprejemnika in oddajnika že v osnovi tečeta kar se da usklajeno in zato ne potrebujeta niti dveh stop bitov. Hitrosti ur in s tem prenosa podatkov lahko do neke mere prilagajamo programsko. Je pa to odvisno tudi od dolžine števcov frekvenčnih delilnikov, s katerimi posamezni mikrokontrolerji ustvarijo interni taktni signal za RS232 funkcijsko enoto. Če hočemo v praksi zmanjšati napako pri prenosu podatkov, ni pomembno, ali prenašamo podatke s 921600 ali s standardnimi 921584 baudih, pomembno je, da imata oddajni in sprejemni mikrokontroler kar se da enako nastavljeni hitrosti ur. Dostikrat je pri enostavnejših 8-bitnih mikrokontrolerjih s 16-bitnimi in 8-bitnimi števniki težko ujeti standardizirano hitrost prenosa podatkov, lahko pa namesto tega pred prenosom izvedemo sinhronizacijo. Slednja odpravi tudi morebitne težave z netočnostjo kristalnih oscilatorjev, ki poganjata oddajni in sprejemni mikrokontroler.

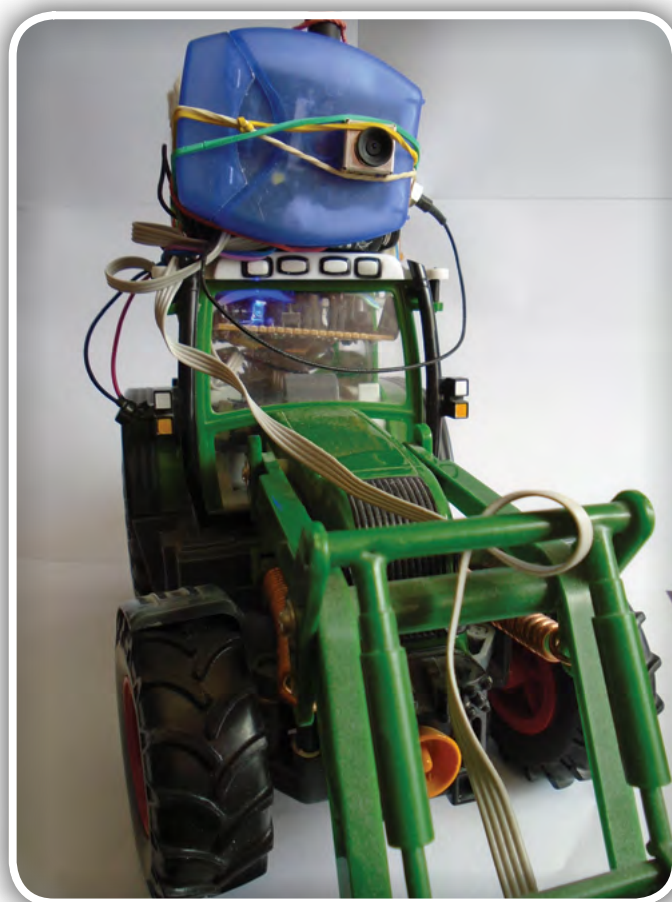
Pred sinhronizacijo je seveda nujno zagotoviti prenos osnovnih podatkov, denimo okvirne želene hitrosti prenosa. Vendar tega lahko izvedemo pri nižjih prenosnih hitrostih, denimo 115200 baudih, kjer manjše razlike v prenosnih hitrostih še ne pomenijo prekinitve komunikacije, oziroma se lahko RS232 funkcijski enoti oddajnega in sprejemnega mikrokontrolerja sorazmerno enostavno samodejno usklajujeta, četudi ena oddaja podatke pri dejanskih 115200 baudih, druga pa jih sprejema pri 115384

baudih, ali obratno. Taka razlika v urah je pri nizkih hitrostih prenosa podatkov dopustna, saj sinhronizacija s stop biti sledi po vsakem prenesenem bajtu.

Se da uporabiti SPI ali I2C namesto RS232?

SPI in I2C sta sinhrona protokola za serijski prenos podatkov, zato moramo poleg podatkovnega signala prenašati tudi taktni signal. Pri SPI imamo, podobno kot pri RS232, dvosmeren prenos podatkov, zato poleg SDI (angl. serial data in, ki nadomešča signal RxD pri RS232 prenosu) in SDO (angl. serial data out, ki nadomešča TxD pri RS232 prenosu) potrebujemo še taktni signal (CLK). Nasprotno, se pri I2C zadovoljimo že z enim dvosmernim podatkovnim kanalom in taktnim signalom. Zato ne potrebujemo dodatne podatkovne povezave. Slaba lastnost I2C je predvsem, da lahko naenkrat prenašamo podatke samo v eno smer. Ampak to pri hitrem prenosu datotek niti ni velik problem, saj naenkrat že tako ali tako prenašamo samo eno datoteko.

Zato preostane edino še vprašanje, ali lahko med delovanje Arduino modula spremenim način delovanja priključkov RxD in TxD tako, da postanega del I2C ali SPI vmesnika. Že omenjeni primer z internetnim radijem na primer, pokaže da lahko s pomočjo ustreznega dodeljevanja vodila s pomočjo nedeljivih programskih transakcij, iste priključke mikrokontrolerja enkrat



Slika 8: Robot z ultrazvočnim merilnikom razdalje in digitalno kamero

uporabljamo kot SPI vodilo, drugič pa kot I2C vodilo. Vendar je primer izdelan za ESP32 module, za druge pa moramo preveriti, ali se da implementirati tak način delovanja. No, vsekakor se da, če omenjene protokole implementiramo programsko, vendar je preštevanje, razstavljanje in sestavljanje bitov v programski kodi potratno in procesorsko zahtevno opravilo. Zato seveda mislimo na možnost strojne implementacije.

Nekaterih novejši mikrokontrolerji različnih proizvajalcev imajo USART enote, ki združujejo strojne podpore za RS232, I2C, SPI in druge protokole. Pomembno pa je, da sistemska programska oprema dopušča zamenjavo načina delovanja USART med izvajanjem. Vsekakor pa moramo pred spremembo načina delovanja diagnostičnega RS232 preusmeriti tok sistemskih sporočil, kot smo že omenili. Če pa ne, lahko le upamo, da ima USART funkcijska enota za asinhrono oddajanje in sprejemanje podatkov prek RS232 druge registre kot za sinhrono prenose prek I2C in SPI. Le tako je vseeno, če »neposlušne« sistemske funkcije še naprej pišejo v te registre.

Nekateri mikrokontrolerji imajo za asinhroni prenos podatkov in sinhroni prenos podatkov ločene funkcijske enote. Pri teh je pomembno, da si delijo zunanje priključke mikrokontrolerja, saj lahko tako s pomočjo v mikrokontroler vgrajenega multiplekserja (kot pri nekaterih PIC32) preprosto preusmerimo tok podatkov k drugi funkcijski enoti.

Če se vprašamo še, ali se splača uporabljati sinhroni prenos podatkov namesto asinhronnega, je odgovor pritrdilen, saj pri sinhronih protokolih prenašamo tudi taktni signal in zato ni potrebno usklajevati ur oddajnika in sprejemnika. Zato je lahko prenos podatkov tudi do 100-trat hitrejši. Vsekakor pa je zamenjava komunikacijskega protokola potrebna tako v oddajniku kot v prejemniku. Je pa res, da tako vsestranskih mostov med RS232 in USB ne najdemo. Zato se moramo sami potruditi do rešitve. Prvi korak je preverjanje zmogljivosti in razpoložljivosti mikrokontrolerjev ter združljivosti s CDC podporo operacijskih sistemov. Vsaj za slednje lahko rečemo, da ni problem, saj je za USB CDC gonilnik precej vseeno, kako podatki pridejo vanj. Po drugi strani, omogoča USB 2.0 hitrosti prenosa podatkov do več 100 MB/s. No, mi se bomo za enkrat zadovoljili

z nekaj MB/s, kolikor lahko dosežemo z PIC32MX, za več pa potrebujemo PIC32MZ, ki podpira »high speed« in ne samo »full speed«. Več o tem projektu v prihodnjem nadaljevanju.

Kaj je t.i. brown out napetost in kako jo nastavimo v Arduino razvojnem okolju?

Mikrokontrolerji potrebujejo za normalno delovanje dovolj visoko napajalno napetost. Če za napajanje uporabljamo baterijski vir, se napetost postopno zniža do praga normalnega delovanja. Zato moramo takrat znižati obremenitev baterijskih virov, pomembno pa je, da čim dlje ohranimo delovanje jedrnega mikrokontrolerja. Kakorkoli, tudi določene funkcionalne enote jedrnega mikrokontrolerja začno pri prenizki napajalni napetosti odpovedovati. Zato je pomembno, da določimo prag napajalne napetosti, pri kateri izvedemo varno zaustavitev mikrokontrolerja. To je še posebej pomembno, če za shranjevanje podatkov uporabljamo SD kartice, saj moramo pred zaustavitvijo varno zapreti vse odprte datoteke, tako da ni potrebno naknadno popravljanje datotečnega sistema z osebnim računalnikom.

Denimo, brown out napetost pri ESP32 vklapljam in nastavljamo za vse Arduino projekte v datoteki sdkconfig.h (<sistemski pogon>:\Users\<uporabniško ime>\AppData\Local\Arduino15\packages\esp32\hardware\esp32\<različica>\tools\sdk), ki je del Arduino podpore. Prednastavljene vrednosti so naslednje:

```
CONFIG_BROWNOUT_DET=y
CONFIG_BROWNOUT_DET_LVL_SEL_0=y
CONFIG_BROWNOUT_DET_LVL_SEL_1=
CONFIG_BROWNOUT_DET_LVL_SEL_2=
CONFIG_BROWNOUT_DET_LVL_SEL_3=
CONFIG_BROWNOUT_DET_LVL_SEL_4=
CONFIG_BROWNOUT_DET_LVL_SEL_5=
CONFIG_BROWNOUT_DET_LVL_SEL_6=
CONFIG_BROWNOUT_DET_LVL_SEL_7=
CONFIG_BROWNOUT_DET_LVL=0
```

Kot vidimo, s črko »y« vklopimo detekcijo in eno od ponujenih opcij, s katerimi določimo prag detekcije.

Če brown out (porjavitvene) napetosti ne nastavimo, tvegamo nezanesljivo in eratično izvajanje programske kode v ESP32.

Prihodnjič

Tokrat smo odgovorili na kar nekaj pomembnih vprašanj. V naslednjem nadaljevanju se lotimo praktičnih projektov, v katerih bom uporabil pridobljeno znanje.

Nekatere funkcionalnosti bomo preizkusili tudi na raziskovalnem robotu.

<https://svet-el.si>

RAČUNALNIŠKE NOVICE
bralcem revije
SVET ELEKTRONIKE
ponujajo POSEBNO
PONUDBO!

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

Navedete geslo
SVET ELEKTRONIKE.

12 števk
BREZPLAČNO

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

Preprost UKV FM radijski sprejemnik

Matjaž Vidmar, S53MV

E-pošta: matjaz.vidmar@fe.uni-lj.si

Radijski sprejemnik za frekvenčno modulacijo visokofrekvenčni signal najprej obdela z omejevalnikom in temu sledi frekvenčna demodulacija. Oboje je smiselno izvesti na izbrani medfrekvenci. Iz slednjega razloga je FM sprejemnik običajno heterodinski sprejemnik. Medfrekvenco dobimo v mešalniku, ki ga krmilimo s primernim lokalnim oscilatorjem. FM demodulatorju sledi vsaj še nizkofrekvenčni ojačevalnik, v radiodifuznem sprejemniku še stereo in RDS dekodler (slika 1).

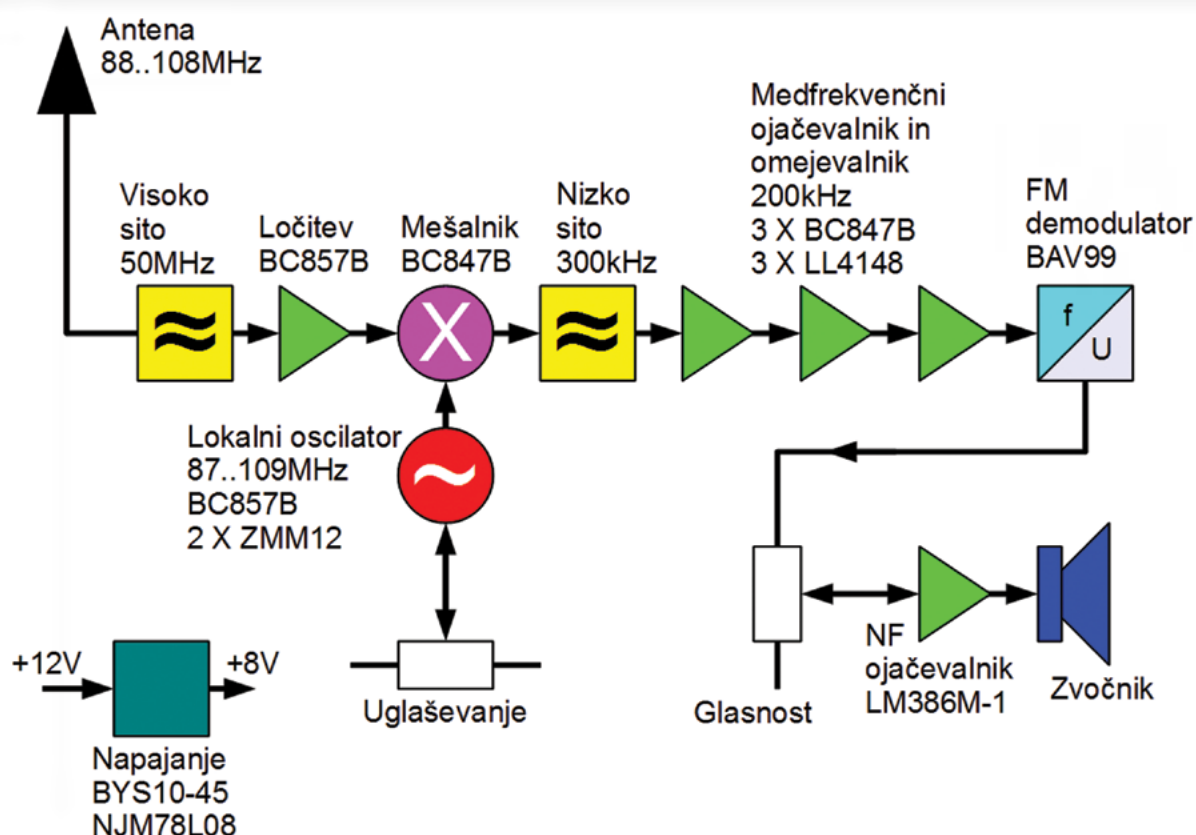
Načrt sprejemnika

Radiodifuzni FM sprejemnik za UKV frekvenčni pas 88..108MHz običajno uporablja medfrekvenco $f_m = 10.7\text{MHz}$. Takšna izbira medfrekvenca zahteva več nastavljivih gradnikov tako v medfrekvenčni verigi kot v visokofrekvenčni glavi sprejemnika. Preprost UKV FM sprejemnik uporablja dosti nižjo medfrekvenco komaj $f_m = 200\text{kHz}$ z namenom, da se izognemo zahtevnim gradnikom in pripadajočemu ugaševanju. Slaba lastnost zelo nizke medfrekvenca je zrcalni odziv, ki ga ni možno zadušiti.

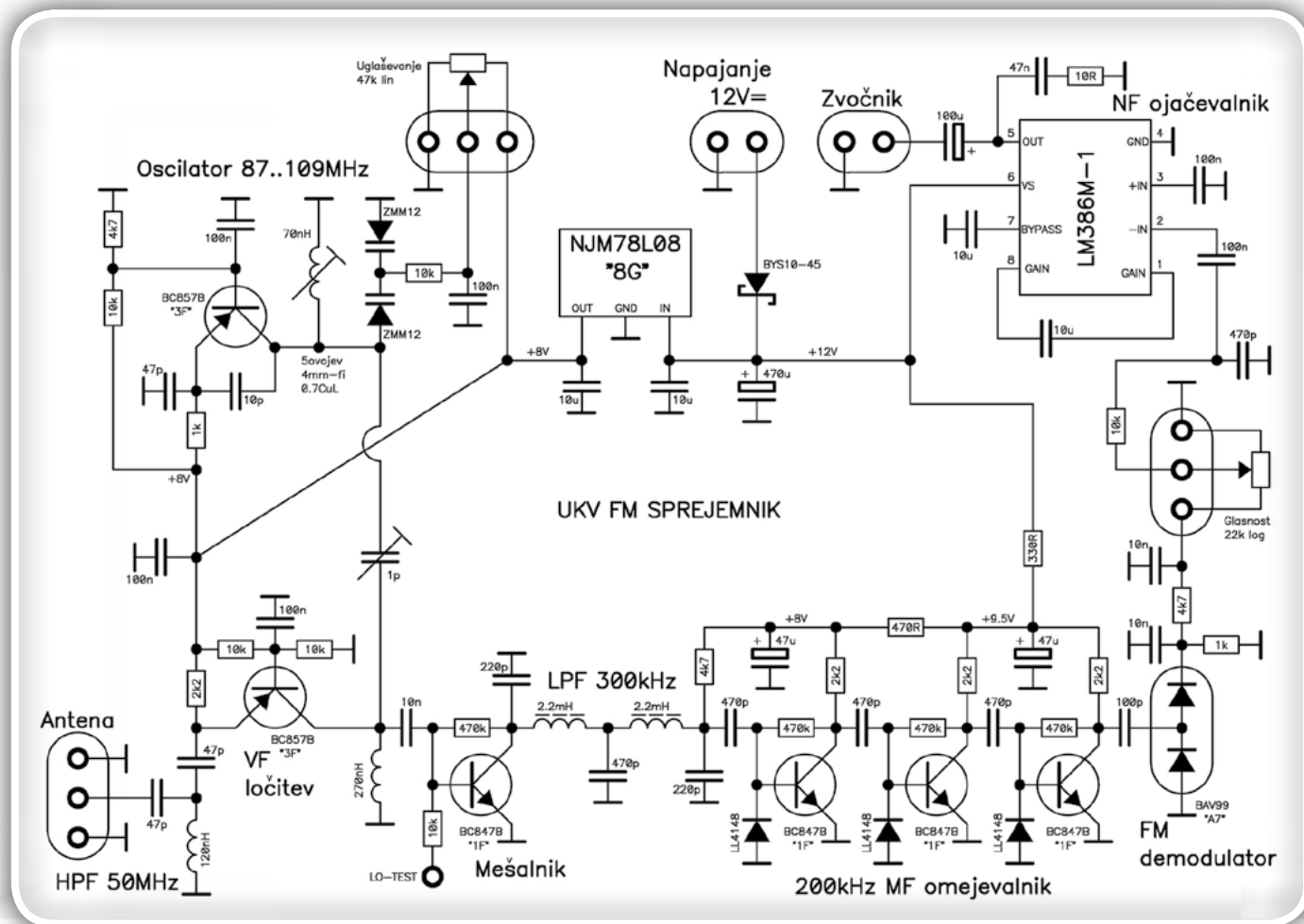
Takšen preprost UKV FM sprejemnik se izdeluje že vrsto let v

obliki integriranega vezja TDA7000 (tovarna Philips) in njegovih naslednikov. Takšna integrirana vezja se danes uporabljajo v najcenejših sprejemnikih, ker ne zahtevajo dragih gradnikov niti še dražjega ugaševanja. Slaba stran integriranega vezja je, da njegova notranjost ni dostopna našim merilnim pripomočkom.

V učne namene zato izdelamo podoben, preprost UKV FM sprejemnik iz posameznih tranzistorjev in diod. Vse visokofrekvenčne in medfrekvenčne naloge preprostega UKV sprejemnika lahko izvedemo z nizkofrekvenčnimi silicijevimi



Osnovni načrt preprostega UKV FM sprejemnika



Slika 2

bipolarnimi tranzistorji BC847B (NPN) oziroma BC857B (PNP). Oba imata tokovno ojačanje $\beta \approx 300$ in dosejata mejno frekvenco $f_T = 250\text{MHz}$. Integrirani nizkofrekvenčni ojačevalnik LM386M-1 nam prihrani nekaj dela. Podobno nam prihrani delo integrirani stabilizator napetosti NJM78L08.

Visokofrekvenčni signal iz antene peljemo najprej skozi visokoprepustno LC sito (High-Pass Filter ali HPF 47pF - 120nH - 47pF) z mejno frekvenco okoli 50MHz . Sito odreže motnje na nižjih frekvencah, predvsem na medfrekvenci $f_m = 200\text{kHz}$. Sledi ojačevalnik s PNP tranzistorjem BC857B v spoju z ozemljeno bazo. V takšnem spoju je ojačanje tranzistorja le napetostno in še to zelo majhno.

Osnovna naloga stopnje z BC857B je ločitev mešalnika in lokalnega oscilatorja od antene. V spoju z ozemljeno bazo je povratni vpliv (S12) zelo majhen! Ločilna stopnja preprečuje, da bi sprejemnik seval lasten lokalni oscilator skozi anteno. Hkrati ločilna stopnja omejuje vpliv impedance antene (primer dotik antene z roko) na frekvenco lokalnega oscilatorja.

Mešalnik izkorišča eksponentno nelinearnost spoja BE NPN tranzistorja BC847B. Načrt mešalnika in nastavev delovne točke izgledajo sicer povsem enaki ojačevalniku z ozemljenim emitorjem. Visokofrekvenčni signal in lokalni oscilator sta oba pripeljana na bazo tranzistorja. Ojačani produkti mešanja so na voljo na kolektorju.

Tuljava 270nH in kondenzator 10nF kratko-skleneta medfrekvenco na vходу mešalnika. Nizkoprepustno LC sito (Low-Pass Filter ali LPF 220pF - 2.2mH - 470pF - 2.2mH - 220pF) zaustavi neželjene ostanke vhodnega visokofrekvenčnega signala in lokalnega oscilatorja na izhodu mešalnika (slika 2).

Lokalni oscilator uporablja PNP tranzistor BC857B v spoju z ozemljeno bazo kot ojačevalnik. Frekvenco nihanja določa nihajni krog z nastavljlivo tuljavo 70nH in številnimi kondenzatorji v vezju. Povratno vezavo oscilatorja določa kapacitivni delilnik $10\text{pF}/47\text{pF}$ iz kolektorja BC857B na emitor.

Nihajni krog oscilatorja ugašujemo z zaporedno vezavo dveh varikap diod. V preprostem sprejemniku sta kot varikap diodi uporabljeni kar dve Zener diodi ZMM12, ki se jima z zaporno napetostjo da nastavljalni kapacitivnost v območju od približno 40pF do približno 80pF . Zener diode imajo sicer podoben profil dopiranja in podobno površino PN spoja kot silicijeve stopničaste (abrupt) varikap diode. Enosmerno ugaševalno napetost pripeljemo iz potenciometra preko upora $10\text{k}\Omega$, ki je v tem vezju uporabljen kot visokofrekvenčna dušilka.

Manjši del signala lokalnega oscilatorja peljemo preko (nastavljivega) kondenzatorja komaj 1pF na bazo mešalnega tranzistorja. Pravilno krmiljenje mešalnika ugotovimo preko enosmerne napetosti na bazi tranzistorja BC847B. Mešanje zagotavlja kvadratni člen odziva spoja BE. Isti člen odziva hkrati

usmerja signal lokalnega oscilatorja, kar lahko izmerimo kot znižanje enosmerne napetosti na točki LO-TEST.

UKV FM radiodifuzni oddajniki uporabljajo frekvenčni koleb (deviacijo) $\Delta f = \pm 75\text{kHz}$. Če k kolebu prištejemo še stereo zvok (frekvence do 15kHz in pas okoli 38kHz), pripadajoči pilot 19kHz in RDS podatke (podnosilec 57kHz), znaša skupna pasovna širina UKV FM signala $B \approx 200\text{kHz}$. Pri medfrekvenci $f_m = 200\text{kHz}$ to pomeni frekvenčni pas $100..300\text{kHz}$. Spodnjo mejo 100kHz določajo kar sklopni kondenzatorji 470pF med stopnjami medfrekvenčnega ojačevalnika/omejevalnika. Gornjo mejo 300kHz določa nizkoprepustno LC sito (LPF $220\text{pF} - 2.2\text{mH} - 470\text{pF} - 2.2\text{mH} - 220\text{pF}$).

200kHz medfrekvenčni ojačevalnik/omejevalnik vsebuje tri enake stopnje z NPN tranzistorji BC847B. Upor $470\text{k}\Omega$ med bazo in kolektorjem nastavlja delovno točko ojačevalnika in zagotavlja šibko povratno vezavo. Silicijska PN dioda LL4148 med bazo in emitorjem BC847B v obratni smeri spoja BE zagotavlja simetrično delovanje omejevalnika. Boljše lastnosti omejevalnika bi tu omogočala Schottky dioda, ker ima nižji prag.

Ojačanje verige treh stopenj je tako visoko, da toplotni šum v vsakem primeru izkrmili zadnjo stopnjo do polne amplitude signala, kolikor omogoča napajanje. Pri krmiljenju s kakršnimkoli FM signalom lahko pride do omejevanja že v drugi ali celo prvi stopnji medfrekvenčne verige. Omejevalnik na ta način izloči vsakršne spremembe amplitude vhodnega signala, ki so pri sprejemu FM oddajnika izključno motnje in šum.

FM demodulator pretvarja frekvenco signala v sorazmerno napetost. Usmernik z dvojno silicijsko PN diodo BAV99 je zaključen na breme komaj $1\text{k}\Omega$ zato, da je njegova vhodna impedanca dosti manjša od impedance kondenzatorja 100pF za medfrekvenčni signal $f_m = 200\text{kHz}$. Ker impedanca kondenzatorja upada obratno-sorazmerno frekvenci, bo izhodna napetost usmernika premo-sorazmerna frekvenci.

UKV FM oddajniki uporabljajo tako imenovani preemphasis: visoki toni analogne modulacije so na oddaji namenoma poudarjeni. Sprejemnik temu primerno duši visoke tone, kar v končnem računu omogoča bistveno boljše razmerje signal/šum. Obratno nalogo v sprejemniku imenujemo deemphasis. Deemphasis zahteva nizkoprepustno RC vezje s časovno konstanto $75\mu\text{s}$ (Evropa) oziroma $50\mu\text{s}$ (ZDA).

V opisanem sprejemniku vnaša večji del deemphasis-a RC člen $4.7\text{k}\Omega/10\text{nF}$ tik pred potenciometrom za glasnost. Skupno z ostalimi RC členi $1\text{k}\Omega/10\text{nF}$ v usmerniku FM demodulatorja in $10\text{k}\Omega/470\text{pF}$ na vходу nizkofrekvenčnega ojačevalnika vsi trije RC členi poskrbijo tudi za izločanje ostankov medfrekvence $f_m = 200\text{kHz}$ (slika 3).

Nizkofrekvenčni ojačevalnik je izdelan s **Slika 3**

silicijevim integriranim vezjem LM386M-1. LM386M-1 vsebuje ojačevalnik z vgrajeno povratno vezavo, nastavitvijo delovne točke in komplementarno izhodno stopnjo (PNP/NPN) v razredu B.

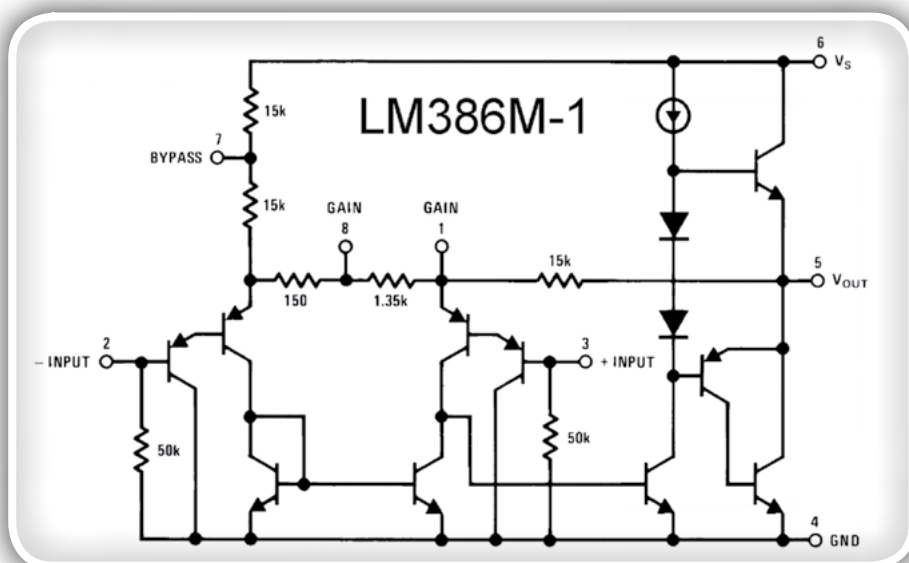
LM386M-1 ima dva enakovredna vhoda +INPUT in -INPUT, jasno lahko uporabimo samo enega od njih. Sklopni kondenzator $10\mu\text{F}$ med priključkoma GAIN nastavlja napetostno ojačanje na vrednost 200. Kondenzator $10\mu\text{F}$ na priključku BYPASS omejuje širjenje motenj z napajanja na izhod ojačevalnika.

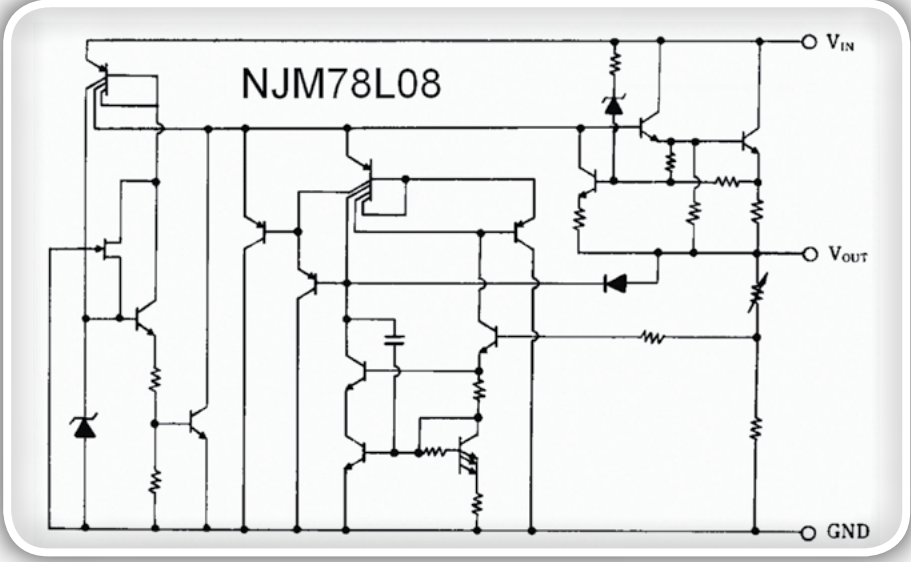
Nizkofrekvenčni ojačevalnik LM386M-1 lahko krmili zvočnik z impedanco 8Ω ali več. Enosmerna delovna točka izhodne stopnje zahteva sklopni kondenzator $100\mu\text{F}$ do zvočnika. Ker impedanca zvočnika s frekvenco narašča, stabilnost ojačevalnika pri visokih frekvencah izboljšuje dodatno RC breme $47\text{nF} + 10\Omega$, vezano vzporedno z zvočnikom na izhod ojačevalnika.

Radijski sprejemnik je naprava z zelo visokim ojačanjem. Preprosti UKV FM sprejemnik deluje s signalom jakosti $P_s = 1\text{pW}$ ali -90dBm na antenskem priključku in pri tem krmili zvočnik z močjo do $P_z = 1\text{W}$ ali $+30\text{dBm}$. Skupno ojačanje sprejemnika od antene do zvočnika je torej celih 120dB , kar pomeni razmerje moči 10^{12} ! Poleg brezhibnega delovanja posameznih stopenj moramo pri načrtovanju sprejemnika zagotoviti tudi to, da se posamezne stopnje ne motijo med sabo, ko jih povežemo v verigo sprejemnika.

Pri preprečevanju medsebojnih motenj v opisanem sprejemniku največ pomaga dejstvo, da visokofrekvenčni, medfrekvenčni in nizkofrekvenčni deli sprejemnika delajo v treh različnih frekvenčnih pasovih. Kljub temu moramo skrbno izvesti razvod in razklop napajanja posameznih stopenj sprejemnika. Napajanje celotnega sprejemnika je nazivno 12V , poraba narašča od 25mA navzgor na več 100mA glede na jakost zvoka.

Prvi gradnik v razvodu napajanja je silicijska Schottky dioda BYS10-45, ki naj bi ščitila vezja sprejemnika pred napačno polariteto vira napajanja. Sledi elektrolitski kondenzator $470\mu\text{F}$, namenjen predvsem čiščenju motenj iz vira napajanja, na primer





Slika 4

nezadostnemu glajenju usmernika. Isti kondenzator zagotavlja nizko impedanco vira napajanja za ojačevalnik LM386M-1. Najvišja dopustna vrednost napajalne napetosti LM386M-1 je samo 15V!

Največje ojačanje daje medfrekvenčna veriga sprejemnika, ki zahteva učinkovit razklop napajanja. Grobo pravilo pravi, da ne smemo nikoli vezati več kot dve zaporedni ojačevalni stopnji na isto točko napajanja. Mešalnik in prva stopnja omejevalnika sta vezana na svoj elektrolitski kondenzator $47\mu\text{F}$, ki ga od ostalih stopenj razklopi upor 470Ω . Druga in tretja stopnja omejevalnika imata spet lasten elektrolitski kondenzator $47\mu\text{F}$, ki je od napajanja sprejemnika razklopljen z uporom 330Ω .

Lokalni oscilator ima najbolj stroge zahteve, kar se tiče napajanja. Napajanje oscilatorja mora biti ne samo dobro razklopljeno od ostalih stopenj, pač pa tudi dolgoročno stabilizirano, da se frekvenca oscilatorja ne spreminja. Za napajanje lokalnega oscilatorja poskrbi silicijeva integrirano vezje NJM78L08. Ta v svoji notranjosti vsebuje napetostno referenco z Zener diodo in močnostni ojačevalnik, ki daje na izhodu stabilizirano napetost +8V (slika 4).

Močnostni ojačevalnik v NJM78L08 omogoča izhodni tok bre-

mena do 100mA. Žal isti ojačevalnik vnaša padec napetosti skoraj 2V, kar zahteva napajalno napetost celotnega sprejemnika vsaj 10V ali več, da NJM78L08 sploh lahko opravlja svojo nalogo. Proizvajalec integriranega vezja zahteva dva razklopna kondenzatorja na vhodu in izhodu za stabilno delovanje NJM78L08. V opisanem sprejemniku sta to dva keramična večslojna kondenzatorja 10 μ F.

Poleg oscilatorja NJM78L08 napaja s stabilizirano napetostjo +8V še potenciometer za uglaševanje in vhodno visokofrekvenčno ločilno stopnjo. Napetost za varikap diode je pravzaprav tista, ki mora biti v opisanem sprejemniku najboljše stabilizirana in očiščena vseh motenj.

SMD gradniki

Opisani UKV FM sprejemnik je izdelan z gradniki (upori, kondenzatorji, tuljave, polprevodniki), ki so večinoma prirejeni za površinsko vgradnjo ali SMD (Surface-Mount Device). Na prelomu tisočletja je vsa elektronska industrija prešla na gradnike SMD, ker omogočajo prihranke pri vrtnanju lukenj in porabi prostora na običajnih tiskanih vezjih.

SMD upori, kondenzatorji in tuljave imajo večinoma obliko kvadra. Višina kvadra za vgradnjo ni tako pomembna kot dolžina in širina. Dolžina in širina gradnika se navajata v stotinkah ohm. Opisani sprejemnik uporablja upore in večino kondenzatorjev velikosti 0805, kar pomeni 0.08" X 0.05" ali v metričnih enotah približno 2mm X 1.3mm. Večslojni kondenzatorji 10µF so velikosti 1206 ali 3mm X 1.5mm. Še večji sta tuljavi 120nH in 270nH.

Vrednosti gradnikov so na prvi pogled čudna števila 22, 47, 120, 270 itd. S stališča proizvajalcev sestavnih delov so ta števila skrbno izbrana tako, da prav noben izdelan upor, kondenzator ali tuljava ne konča v izmetu.

EkspONENTNA lestvica ima v vsaki dekadi 6, 12 ali 24 vrednosti glede na dopustno odstopanje vrednosti gradnika 20%, 10%



Arduino UNO R3



<https://svet-el.si>

PROGRAMIRAJMO Z LAHKOTO

Arduino Nano V3.0



ali 5%. Sosednje vrednosti lestvice se razlikujejo za dvakratno dovoljeno odstopanje, jasno zaokrožene na najbližje dvemestno število. Ko z vrednostmi dosežemo 10, se desetkratna lestvica ponovi v naslednji višji dekadi.

Glede na izbrano odstopanje bo prav vsak izdelan upor, kondenzator ali tuljava našel svoj predalček v pripadajoči eksponentni lestvici. Primer 10% lestvice E12, vrednosti 1.8 in 2.2: $1.8\text{k}\Omega + 10\% = 1980\Omega$ in $2.2\text{k}\Omega - 10\% = 1980\Omega$. Vrednost 1980Ω je meja: manjši upori padejo v predalček 1.8kΩ, večji upori pa v predalček 2.2kΩ. Podobno za vse ostale vrednosti lestvice. Prav noben upor ne gre v smetnjak, ne glede na njegovo točno vrednost upornosti.

Poznavanje lestvic nam pomaga pri iskanju napak v načrtih. Upor 77Ω ne obstaja v nobeni lestvici, kondenzator 29pF prav tako ne, torej gre v obeh primerih za napako... Ena dekada lestvic E6, E12 in E24 je nazorno prikazana v spodnji tabeli:

Lestvica E6 20%	Lestvica E12 10%	Lestvica E24 5%	Koda kondenzatorja
1.0	1.0	1.0	A
-	-	1.1	B
-	1.2	1.2	C
-	-	1.3	D
1.5	1.5	1.5	E
-	-	1.6	F
-	1.8	1.8	G
-	-	2.0	H
2.2	2.2	2.2	J
-	-	2.4	K
-	2.7	2.7	L
-	-	3.0	M
3.3	3.3	3.3	N
-	-	3.6	P
-	3.9	3.9	Q
-	-	4.3	R
4.7	4.7	4.7	S
-	-	5.1	T
-	5.6	5.6	U
-	-	6.2	V
6.8	6.8	6.8	W
-	-	7.5	X
-	8.2	8.2	Y
-	-	9.1	Z
10.0	10.0	10.0	A (naslednji)

Oznake SMD uporov sestavljajo tri ali štiri številke. Pri tem je zadnja številka desetiški eksponent ali bolj preprosto, koliko ničel moramo dopisati prvim dvema ali trem številkam. Vrednost upora je izražena v Ω (ohm).

V opisanem radijskem sprejemniku so uporabljene naslednje vrednosti SMD uporov:

Vrednost	Oznaka na načrtu	Trištevilčna koda	Štirištevilčna koda
10Ω	10R	100 ali 10R	-
470Ω	470R	471	4700
1kΩ	1k	102	1001
2.2kΩ	2k2	222	2201
4.7kΩ	4k7	472	4701
10kΩ	10k	103	1002
470kΩ	470k	474	4703

SMD kondenzatorji pogosto sploh niso označeni. Pri delu s SMD kondenzatorji moramo torej zelo paziti, da jih ne pomešamo med sabo! Edino, kar opazimo na kondenzatorju brez oznak, male vrednosti do 10pF so iz bele keramike, srednje vrednosti do 1nF so iz vijolične keramike (stabilna keramika CG ali NP0) in nad 1nF je keramika običajno rjava (ferokeramika).

Če SMD kondenzatorji imajo oznako, je to običajno dvoznakovna koda, pred njo je lahko še znak proizvajalca. Vsi znaki so tako majhni, da brez mikroskopa ne gre! Prvi znak je črka in daje kodirano vrednost iz lestvice E24. Drugi znak je desetiški eksponent, ki se računa od decimalne pike v lestvici E24, torej drugače kot pri uporih! Vrednost kondenzatorja je izražena v pF (pikofarad).

V opisanem radijskem sprejemniku so uporabljene naslednje vrednosti SMD kondenzatorjev, kjer koda ni vedno prisotna:

Vrednost	Oznaka na načrtu	Koda kondenzatorja
10pF	10p	A1
47pF	47p	S1
100pF	100p	A2
220pF	220p	J2
470pF	470p	S2
10nF	10n	A4
47nF	47n	S4
100nF	100n	A5
10μF	10u	A7

SMD tuljave imajo številsko oznako kot SMD upori. Pozor, pri tem je vrednost tuljave lahko izražena v nH (nanohenry) ali pa v μH (mikrohenry) za večje tuljave! SMD tuljave imajo lahko tudi barvne oznake kot upori in drugi gradniki z žičnimi izvodi za vgradnjo skozi luknjice na tiskanih vezjih.

Barvna koda vsebuje tri, štiri ali pet barvnih obročkov, pikic ali lis. Običajna barvna lestvica v elektrotehniki je naslednja:

Barva	Izgled	Pomen
Črna		0
Rjava		1
Rdeča		2
Oranžna		3
Rumena		4
Zelena		5
Modra		6
Vijolična		7
Siva		8
Bela		9
Srebrna		10%
Zlata		5%

V opisanem sprejemniku so uporabljeni naslednji gradniki z barvnimi oznakami:

Gradnik	Oznaka	Pomen
Upor 330Ω	Obročki oranžna-oranžna-rjava-zlata	330Ω 5%
SMD tuljava 120nH	Pikice rjava-rdeča-rjava	120nH
SMD tuljava 270nH	Pikice rdeča-vijolična-rjava	270nH
Tuljava 2.2mH	Obročki rdeča-rdeča-rdeča-zlata	2200μH 5%

Edino elektrolitski kondenzatorji imajo polno izpisano celotno oznako: kapacitivnost v μF (mikrofarad), delovno napetost v V (volt) in temperaturo vrelišča elektrolita v $^{\circ}\text{C}$ (stopinja Celzija). Pri elektrolitskih kondenzatorjih moramo paziti na pravilno polariteto pri vgradnji, da se sloj aluminijevega oksida Al_2O_3 na pozitivni elektrodi obnavlja. Pri napačni polariteti se sloj oksida začne elektrolitsko razgrajevati, tok skozi kondenzator se povečuje, kondenzator se začne močno segrevati, tlak v ohišju narašča in varnostni ventil izpusti elektrolit na tiskano vezje.

Večji SMD polprevodniki imajo na ohišju izpisano celotno oznako, manjši polprevodniki pa enočrkovno ali dvočrkovno kodo. Kratke črkovne kode niso enoveljavne, ker splošnega dogovora med proizvajalci ni. Ista koda je pogosto dodeljena dvema ali trem povsem različnim polprevodnikom v povsem enakem ohišju. Poleg kode, ki označuje vrsto polprevodnika, so na ohišju lahko še oznaka proizvajalca in koda datuma proizvodnje.

Oznake SMD polprevodnikov v opisanem radijskem sprejemniku so naslednje:

Polprevodnik	Opis	SMD ohišje	SMD oznaka
LL4148	Si PN dioda 100V 200mA	Mini-MELF	črn obroček
ZMM12	Zener 12V 0.5W (varikap)	Mini-MELF	moder obroček
BAV99	Dvojna Si PN dioda 70V 200mA	SOT-23	A7
BYS10-45	Si Schottky dioda 45V 1.5A	DO-214AC	BYS 10 45
BC847B	Si NPN $\beta \approx 300$ $f_T = 250\text{MHz}$	SOT-23	1F
BC857B	Si PNP $\beta \approx 300$ $f_T = 250\text{MHz}$	SOT-23	3F
LM386M-1	Si NF ojačevalnik 0.5W	SOIC-8	LM386M-1
NJM78L08	Si stabilizator 8V 100mA	SOT-89	8G

Pri vseh diodah obroček ali črtica vedno označuje katodo. Pozor, črna barva obročka na diodi LL4148 je električno prevodna! Tranzistorska ohišja SOT-23 in SOT-89 je nemogoče obrniti.

Integrirana vezja z več priključki imajo vedno nogico 1 v spodnjem levem vogalu, ko se napis na ohišju pravilno bere. Nogice

ca 1 je lahko še dodatno označena s piko, vdolbino ali zarezo. Ostale priključke štejemo v obratni smeri urinega kazalca, ko se napis na ohišju pravilno bere.

Izdelava sprejemnika

Preprost UKV FM sprejemnik je izdelan na enostranskem tiskanem vezju z izmeram 50mm X 80mm. Na sliko vezja jasno napišemo svoje ime in priimek namesto MATJAZ VIDMAR. Sliko vezja prenesemo na vitoplast debeline 1.6mm z neposrednim prenosom tonerja laserskega tiskalnika oziroma s fotopostopkom. Bakreno folijo debeline 35 μm nato izjedkamo z mešanico solne kisline (HCl) in vodikovega peroksida (H_2O_2) (slika 5).

Po jedkanju ploščico natančno obrežemo. Potem odstanimo zaščitni sloj: zapečeni toner oziroma fotolak. Ploščico nato vrtaemo. Vse luknjice za električne priključke gradnikov je smiselno vrtati s svedrom premera 0.8mm. Vogalne štiri luknje je smiselno vrtati s svedrom premera 3.2mm za pritrditev z vijaki M3. Po vrtnanju površino tiskanega vezja zravnamo s fino pilo in skrbno očistimo s primerno radirko ali finim brusnim papirjem.

Spajkanje SMD gradnikov zahteva, da je celotna površina tiskanega vezja vnaprej pocinjena. Na dobro očiščeno, svetlečo bakreno površino nanese tanek sloj stearina (stearinska kislina). Stearin je vosek, ki ga zlahka stalimo in razmažemo z manj ogretim spajkalnikom. Pri spajkanju se stearin obnaša kot fluks, ki dodatno očisti površino, da jo spajka lažje omoči.

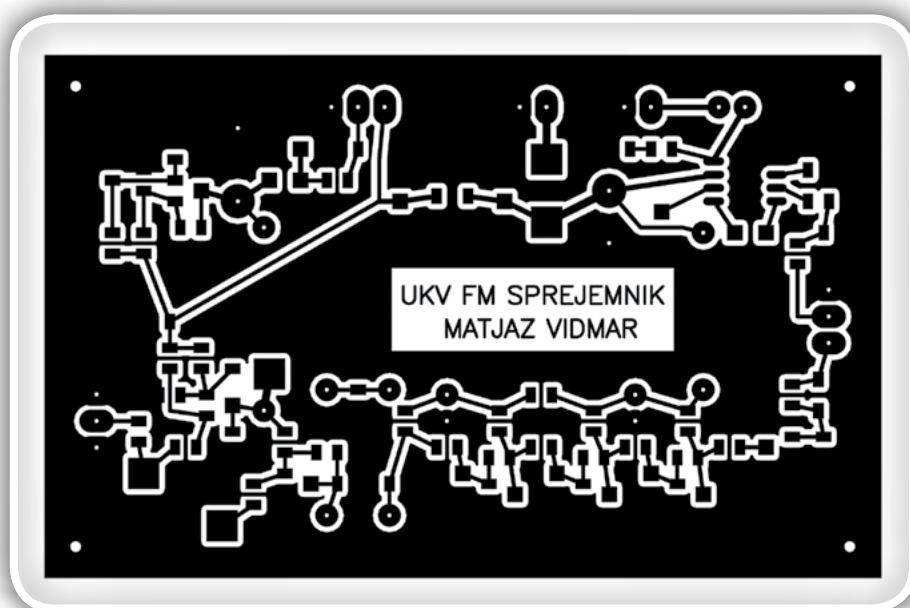
Ploščico nato pocinimo s spajko iz evtektične zlitine kositra (Sn) 63% in svinca (Pb) 37%. Pri uporabi evtektične spajke SnPb se priporoča temperatura konice spajkalnika 370 $^{\circ}\text{C}$. Uporaba spajke brez svinca je dosti bolj zahtevna, ker ima slednja višje tališče in slabše kemijske in mehanske lastnosti.

V vsak vogal tiskanega vezja damo kapljo spajke. Kaplje razmažemo najprej ob vseh štirih straneh vezja in šele nato spajko vlečemo proti sredini. Pri tem uporabljamo spajkalnik z dolgo in ploščato konico tako, da se ploščice dotika čim večja površina konice. S konico se nikakor ne smemo predolgo zadrževati na istem mestu, da laminat ne razpade in bakrena folija ne odstopi.

Po pocinjanju tiskano vezje natančno pregledamo pri močni svetlobi oziroma še boljše pod mikroskopom. Kakršne koli napake jedkanja moramo odkriti in popraviti. Kratke stike prerežemo z ostro kovinsko konico. Težje je s prekinjenimi vezicami, čež razpoko je treba zaspajkati kosček pocinjenje žice primerne debeline. Ostanke stearina stalimo s spajkalnikom in odstranimo s krpico, namočeno v aceton.

Po pocinjanju tiskano vezje natančno pregledamo pri močni svetlobi oziroma še boljše pod mikroskopom. Kakršne koli napake jedkanja moramo odkriti in popraviti. Kratke stike prerežemo z ostro kovinsko konico. Težje je s prekinjenimi vezicami, čež razpoko je treba zaspajkati kosček pocinjenje žice primerne debeline. Ostanke stearina stalimo s spajkalnikom in odstranimo s krpico, namočeno v aceton.

Gradnjo sprejemnika začnemo s SMD gradniki na spodnji (pocinjeni) strani tiskanega vezja.



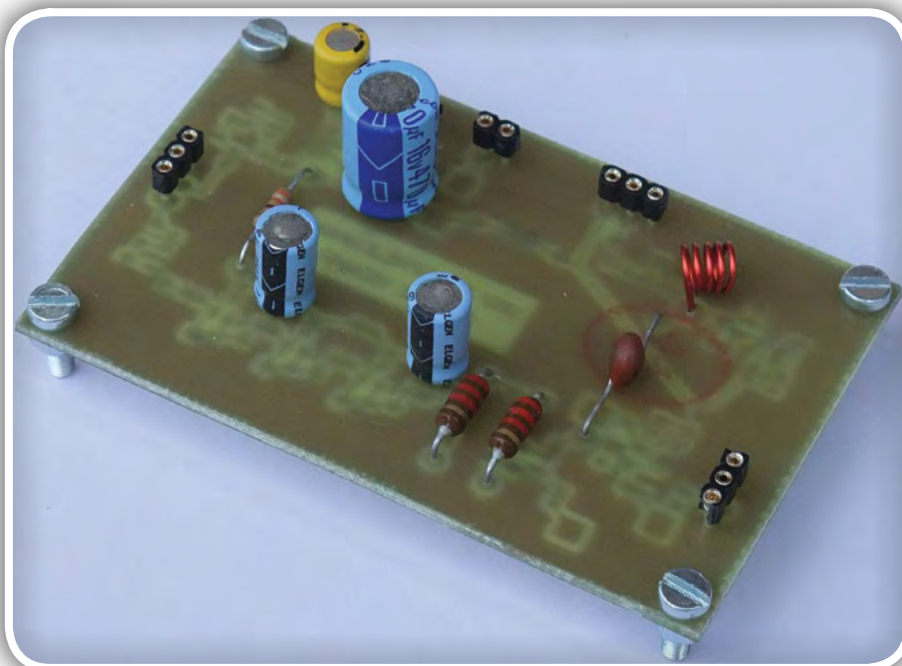
Slika 5

S spajkalnikom in primerno tanko spajkalno žico premera med 0.3mm in 0.5mm nato zacinimo ostale priključke SMD gradnika. Končno popravimo še spoj prvega priključka na začetni kaplji spajke. Spajkalna žica vsebuje sredico iz fluksa, običajno je to kolofonija (rosin core), ki nam olajša spajkanje. S konico spajkalnika se vedno najprej dotaknemo tiskanega vezja in šele nato dodamo spajkalno žico, da fluks pravilno učinkuje (slika 6).

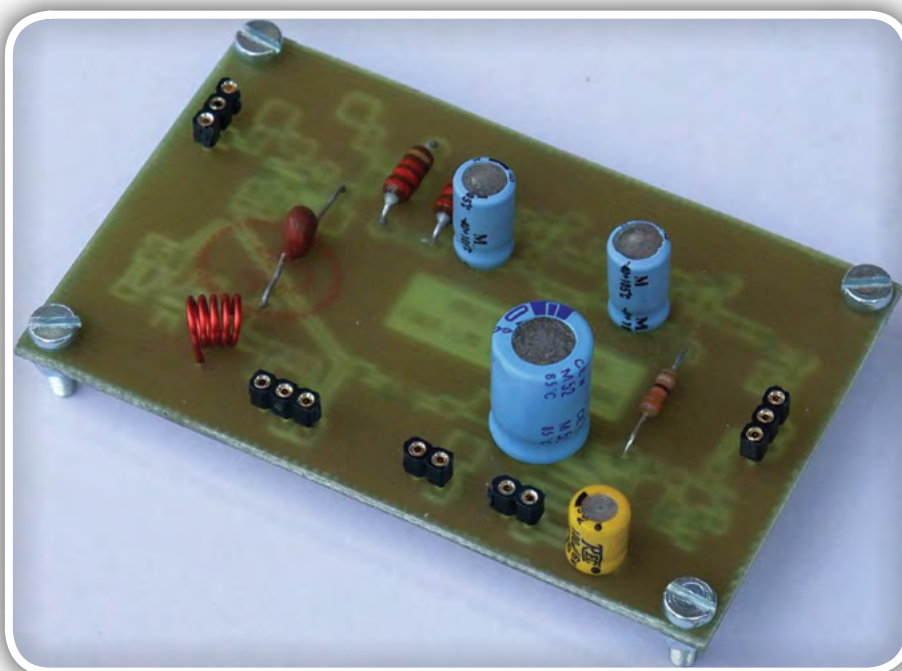
UKV FM SPREJEMNIK
MATJAZ VIDMAR

Pri spajkanju se moramo tudi naučiti popravljati lastne napake. Na primer, kako odstranimo odvečno spajko? Kdaj dodajamo fluks? Katere vrste fluksov moramo po spajkanju očistiti, ker so preveč korozivni oziroma električno prevodni (slika 7)?

Tuljavo lokalnega oscilatorja 70nH izdelamo sami iz lakirane bakrene žice premera 0.7mm (CuL0.7). Ta tuljava ima 5 ovojev z notranjim premerom 4mm. Priročno pomagalo za izdelavo takšne tuljave je palčka premera 4mm, običajno je to držalo spiralnega svedra, kar najdemo v vsaki delavnici.



Slika 9



Slika 10

Pri izdelani tuljavi pustimo žična priključka dolžine približno 1cm. Z ostrim nožičkom previdno odstranimo lak izolacijo in priključka pocinimo z obilico fluksa. Tuljavo nato vtaknemo v tiskano vezje. Na drugi strani priključka primerno skrajšamo in zacimo. Natančno induktivnost bomo nastavili pri uglasčevanju z raztegovanjem tuljave (slika 9).

Kot sklopni kondenzator 1pF lahko vgradimo keramični kondenzator 1pF z žičnimi izvodi, kot je to prikazano na slikah. Kondenzator male vrednosti lahko izdelamo tudi sami iz dveh izoliranih žic, ki jih prepletemo na dolžini približno 1cm. Kapacitivnost takega kondenzatorja lahko natančno nastavimo z dolžino prepletenega odseka.

Anteno, zvočnik, napajanje in oba potenciometra priključimo preko preprostih vtičnic, izdelanih iz letvic oziroma podnožij za integrirana vezja v DIL ohišjih. Tiskano vezje sicer dopušča vgradnjo skoraj katerekoli vtičnice s priključki v razmaku 2.54mm. Potenciometer za glasnost naj ima logaritemski potek. Celotna upornost potenciometra naj bo med 10k Ω in 47k Ω .

Potenciometer za uglasčevanje naj ima linearni potek. Celotna upornost potenciometra za uglasčevanje ni pomembna, karkoli med 4.7k Ω in 220k Ω je uporabno. Potenciometri nižjih vrednosti sicer delujejo, a po nepotrebnem večajo električno porabo sprejemnika. Potenciometer za uglasčevanje naj bo kakovosten, ker je od njega odvisna stabilnost frekvence. Žal visoko kakovosten potenciometer na 10 obratov (Helipot) stane danes več kot vsi ostali gradniki sprejemnika skupaj!

Oživljanje sprejemnika

Če gre pri sestavljanju vse po sreči, bo sprejemnik takoj po priklopu napajanja, zvočnika, antene in potenciometrov oživel. V zvočniku zaslišimo šum, s potenciometrom za uglasčevanje hitro najdemo bližnjo močno radijsko postajo (slika 10).

S11

Običajno stvari ne grejo prav vse po sreči. Zvočnik po priklopu napajanja in vrtenju obeh potenciometrov ostane tiho. Kaj zdaj? Popraviti moramo sprejemnik, ki smo ga sami sestavili. Niti v industrijski proizvodnji ne gre vedno vse po sreči in tudi tam se vsaj zahtevnejši in dražji nedelujoči izdelki popravljajo.

Kako se lotiti popravila? Vezje najprej pregledamo s prostimi očmi. So res vgrajeni vsi deli, ne manjka nobeden? So pravilno prispajkani vsi priključki gradnikov? Opazimo kje kakšen kratak stik, na primer kaplja spajke na napačnem mestu? Sumljiv ali napačen gradnik obvezno odspajkamo s spajkalno postajo z vročim zrakom, da ne poškodujemo tiskanega vezja in s tem ne uničimo celotnega sprejemnika.

Če s prostimi očmi ne opazimo nič sumljivega, priključimo napajanje in pomerimo enosmerne napetosti z voltmetrom. Vsi aktivni polprevodniki morajo imeti smiselno delovno točko. Enosmerne napetost na kolektorju mora biti približno polovica napajanja pri uporovnem bremenu. Prav tako mora biti enosmerne

napetost na izhodu LM386M-1 (nogica 5) polovica napetosti napajanja na nogici 6. Pri stopnjah z induktivnim bremenom (VF ločitev in oscilator) pomerimo napetosti na bazah in emitorjih, ali so smiselne?

Če so delovne točke smiselno nastavljene, se lotimo še preizkusa z vnosom signala. Če se v laboratoriju dotaknemo s prstom vhoda nizkofrekvenčnega ojačevalnika, moramo v zvočniku zaslišati brnenje omrežne frekvence 50Hz, ki se zagotovo od nekod priklati preko kapacitivnih sklopov iz električne inštalacije.

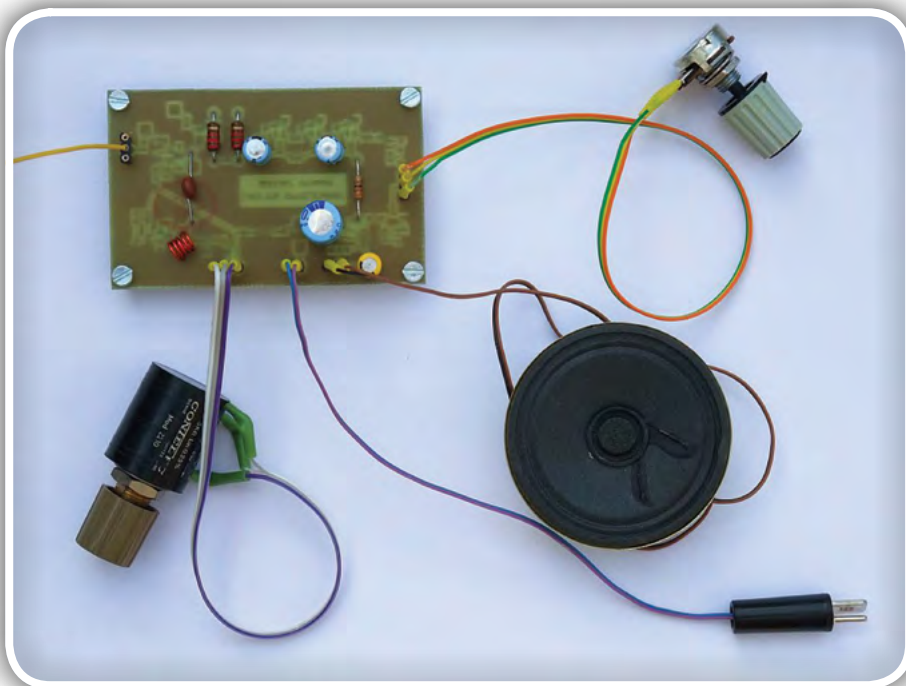
Medfrekvenčna ojačevalna veriga ima tako visoko ojačanje, da moramo slišati šum, ki ga proizvaja na izhodu. Če se dotaknemo katerekoli signalne točke v verigi, se mora šum spremeniti. Pri dotiku začetka verige najpogosteje vnesemo signal močnega lokalnega srednjevalovnega ali dolgovalovnega oddajnika, kar slišimo v zvočniku.

Lokalni oscilator preverimo s primerno sondo, majhno žično zanko premera približno 7mm, ki jo približamo tuljavi oscilatorja. Zanko povežemo s koaksialnim kablom na vhod spektralnega analizatorja, frekvenčnega števca ali osciloskopa. Zanko previdno približamo tuljavi 70nH na takšno razdaljo, ki omogoča delovanje merilnega inštrumenta. Premočno sklopjenje zanka spremeni induktivnost tuljave, premakne frekvenco oscilatorja in v skrajnem primeru lahko popolnoma zaduši nihanje oscilatorja.

Če oscilator noče nihati oziroma ne zaniha zanesljivo v celotnem frekvenčnem pasu, se pravi v celotnem razponu napetosti na varikap diodah, so lahko vzrok tudi vgrajeni polprevodniki. Nizkofrekvenčni tranzistor BC857 ni načrtovan za delovanje v visokofrekvenčnem oscilatorju. Podobno zener diode ZMM12 niso načrtovane za delovanje kot varikap diode.

Protiukrep je preprost: zvišanje enosmernega toka skozi tranzistor, kar poveča ojačanje. Tok skozi tranzistor zvišamo tako, da SMD upor 1kΩ v emitorju BC857 vežemo vzporedno upor 2.2kΩ ali manj. Dodatni SMD upor velikosti 0805 preprosto zacimimo na vrh obstoječega SMD upora 1kΩ. S pravimi varikap diodami, na primer BB640, in pravim visokofrekvenčnim PNP tranzistorjem bo takšnih težav manj (slika 11).

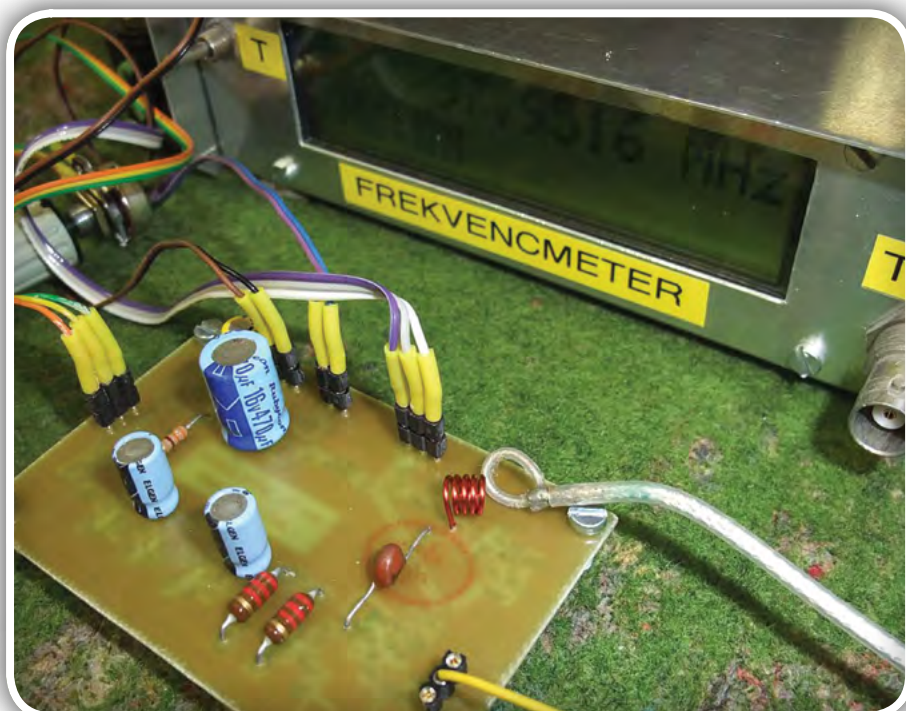
Pri izdelavi tuljavo oscilatorja navijemo ovojo do ovoja brez razmaka, saj za izo-



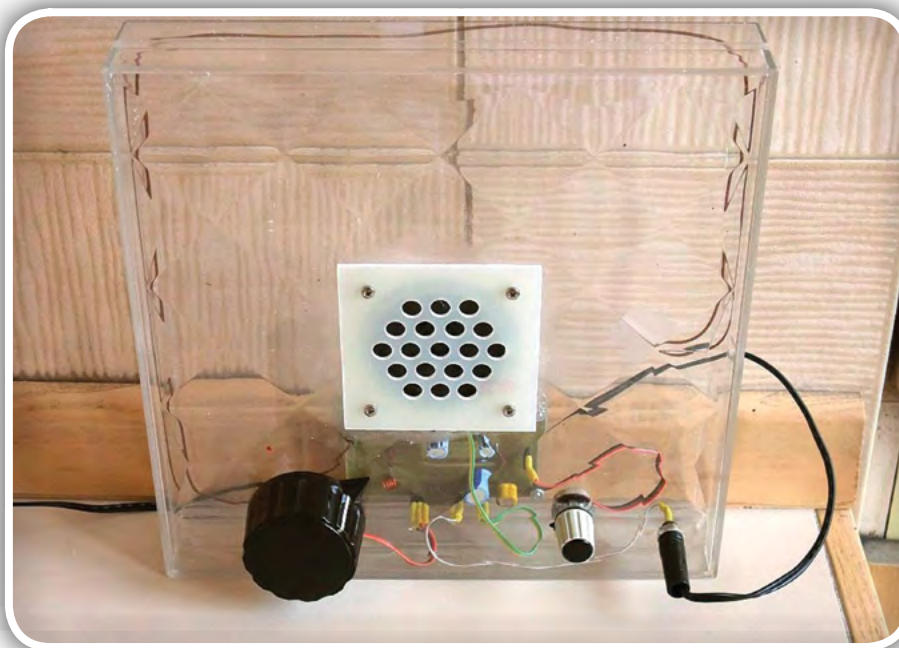
Slika 11

lacijo med ovoji poskrbi lak na površini žice. Takšna tuljava ima induktivnost okoli 80nH. Frekvenca lokalnega oscilatorja bo zato prenizka. Z najvišjo napetostjo +8V na varikap diodah pridemo komaj do približno 100MHz.

Tuljavo oscilatorja uglasimo tako, da ovoje razvlečemo. Pot silnic magnetnega polja se tedaj podaljša, zato se induktivnost tuljave zniža. Učinek raztegovanja tuljave nadziramo s frekvenčnim števcem. Tuljavo raztegujemo vse dotlej, da lokalni oscilator pokrije željeno področje od 87MHz do 109MHz pri vrtenju potenciometra iz ene skrajne lege v drugo.



Slika 12



Slika 13

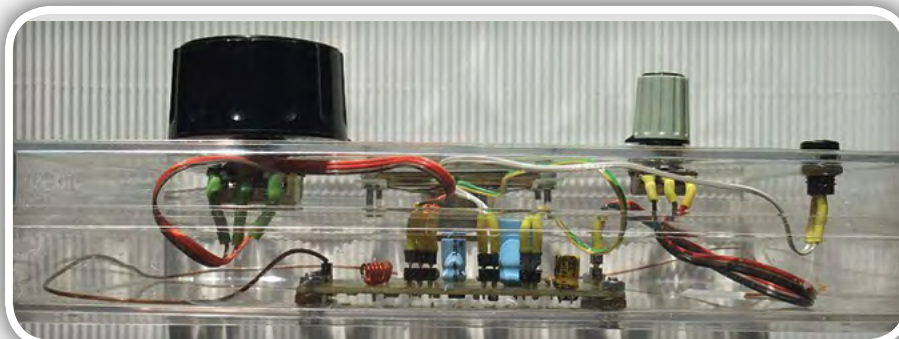
Delovanje lokalnega oscilatorja preverimo tudi v mešalniku kot znižanje enosmerne napetosti na točki LO-TEST. Če delovanje oscilatorja prekinemo, na primer kratko sklenemo tuljavo 70nH, se mora enosmerna napetost na točki LO-TEST povzpeti za okoli 100mV, običajno iz 0.55V na 0.65V. Razlika enosmerne napetosti na LO-TEST naj ne bo manjša od 50mV niti večja od

200mV v celotnem frekvenčnem področju delovanja lokalnega oscilatorja.

Enosmerno napetost na točki LO-TEST merimo z voltmetrom z notranjo upornostjo vsaj 1MΩ, da ne obremenjujemo vezja mešalnika. Upor 10kΩ pri tem deluje kot visokofrekvenčna dušilka, da kapacitivnost tipalke voltmetra ne moti visokofrekvenčnih signalov.

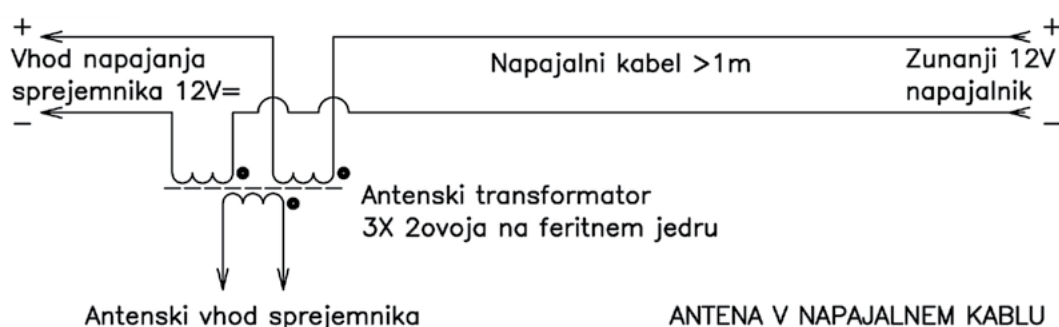
Jakost krmiljenja mešalnika z lokalnim oscilatorjem lahko natančno nastavimo tako, da sklopni kondenzator (nazivno 1pF) izdelamo sami iz dveh prepletenih izoliranih žic. Jakost krmiljenja oziroma padec enosmerne napetosti na bazi mešalnika natančno nastavimo z dolžino prepletenega odseka.

Ko lokalni oscilator, mešalnik in medfrekvenčna veriga delujejo, mora sprejemnik slišati vsaj nekaj močnih UKV radijskih postaj. Lokalni UKV radijski oddajniki so tako močni, da se jih da sprejemati brez antene. Za končni preizkus sprejemnika namesto antene priključimo laboratorijski izvor frekvenčno moduliranega signala. Sprejemnik in merilni nastavimo na nezaseden radiofrekvenčni kanal. V sprejemniku bi morali razločno slišati signal jakosti -90dBm (1pW) ali manj.

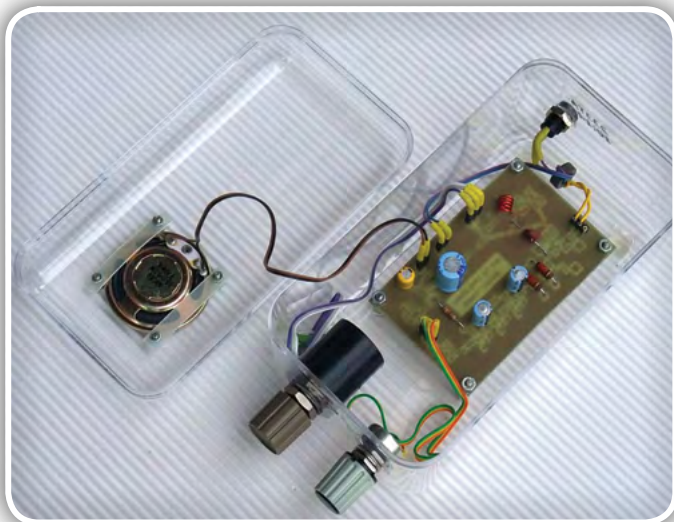


Slika 14

Končno sprejemnik priključimo na anteno. Za prvi poskus je to lahko kos žice dolžine 70cm. Ker preprost UKV FM sprejemnik ne duši zrcalnega odziva, vsak radijski oddajnik slišimo pri dveh nastavitvah frekvence lokalnega oscilatorja, ki se razlikujeta točno za dvojno vrednost medfrekvence oziroma 400kHz. Če je oddajnikov več in se motijo med sabo, lahko ena od dveh možnih nastavitvev frekvence daje manj moten sprejem od druge.



Slika 15



Slika 16

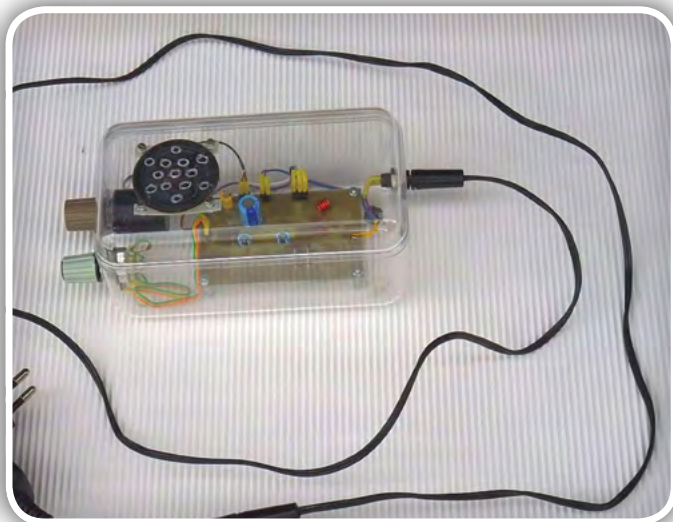
Ohišje in napajalnik

Izdelani sprejemnik potrebuje še ohišje in napajalnik. Zvočnik ima dosti lepši glas, ko je vgrajen v primerno veliko škatlo. Pozor, tresljaji zvočnika lahko motijo sprejemnik, predvsem tujavo lokalnega oscilatorja! Primerno velika škatla iz izolirne snovi (prozorna plastika, škatla od večje čokolade) omogoča tudi vgradnjo žice za anteno (slika 12 in 13).

Ker so UKV radiodifuzni oddajniki zelo močni, lahko kot anteno uporabimo kar kabel do napajalnika. Antenski vhod priključimo na napajalni kabel preko primerne transformatorja na feritnem obroču (slika 14).

Antena v napajalnem kablu se obnese predvsem pri manjših ohišjih (manjša čokolada...), ki ne dovoljujejo vgradnje notranje antenske žice (slika 15).

Napetost napajanja je omejena navzdol na dobrih 10V s stabilizatorjem NJM78L08, ki zahteva najmanj 2V padca do izhodne napetosti 8V. Napetost napajanja je omejena navzgor z integriranim vezjem LM386M-1 na 15V. Primeren je kakršenkoli



Slika 17

napajalnik oziroma baterija za 12V in tok 500mA (slika 16).

Pozor, starejši 12V napajalniki za računalniške dodatke vsebujejo samo omrežni transformator (50Hz), mostiček in včasih kondenzator za glajenje. Takšni napajalniki nimajo stabilizirane izhodne napetosti in lahko dajo na izhodu brez obremenitve tudi dosti več kot 15V!

Novejši napajalniki so stabilizirani na 12V s stikalnim vezjem, so manjši in lažji. Žal stikalni napajalniki lahko motijo medfrekvenco (200kHz) preprostega UKV FM sprejemnika, če so preblizu sprejemnika! Tudi če smo vgradili ločeno anteno, napajalni kabel še vedno predstavlja vsaj del antene, njegov položaj in dolžina zato vplivata na kakovost sprejema UKV FM postaj.

Povezave:

- Tiskana vezja:
 - » <http://lea.hamradio.si/~s53mv/ukvradio/pcb.zip>
- Podatkovni listi:
 - » <http://lea.hamradio.si/~s53mv/ukvradio/podatki.zip>

<https://svet-el.si>

VARNOSTNI MODUL ZA DVOROČNO PROŽENJE

DVT 100 je univerzalni varnostni modul za dvoročni vklop. Namenjen je vgradnji v krmilne omarice na napravah s premočrtnim gibanjem orodja. DVT 100 povečuje varnost delavca za orodjem.

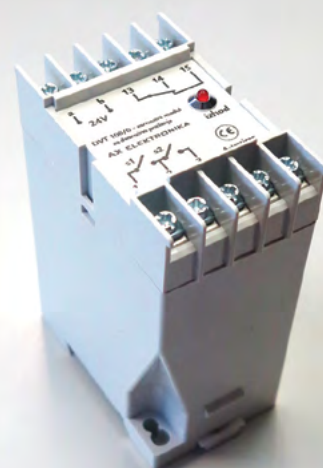
Tehnični podatki modula DVT 100:

- napajanje: 24V AC/DC
- poraba: 4,5W
- izhodni kontakt: 6A/250V AC
- max. časovni razmik pritiska na tipki: 0,5s
- ohišje: plastično, za montažo na letev
- izhodni rele je aktiviran dokler sta tipki sklenjeni

ZVD

Atestiran pri zavodu
za varstvo pri delu!

<https://svet-el.si>



KAKO, KJE in KAJ potrebujem za naročilo?

- Naročilo je možno poslati po pošti (AX ELEKTRONIKA d.o.o., Depala vas 39, 1230 Domžale), po telefonu (**01 528 56 88 ali 01 549 14 00**) ali e-pošti (prodaja04@svet-el.si). Naročeni material pošiljamo preko Pošte Slovenije.
- Garancija za gotove izdelke velja 12 mesecev (datum na računu), KIT kompleti nimajo garancije.
- Plačevanje je možno po povzetju (plačilo ob prevzemu), na obroke (2 obroka), po predračunu, kreditnimi karticami ali po vnaprej dogovorjenem plačilnem roku!
- Naročene izdelke pošljemo najkasneje v roku 48 urah od prejema naročila oziroma vam sporočimo predvideni rok dobave. Vračilo izdelkov je možno v osmih dneh po prevzemu. Kontaktna oseba za naročila in vprašanja je Samo Gregorčič.
- Katerikoli **brezplačni PDF letnik revije Svet elektronike** si lahko izbere vsak novi naročnik ali obstoječi naročnik, ki podaljša naročnino.
- Popust na vse stare letnike revije Svet elektronike** v PDF in v pisni obliki imajo vsi trenutni naročniki na revijo Svet elektronike.
- Pri obeh naročninah (pisni + internet) dobite **internet naročnino za 50% ceneje**.
- Konec leta vsak naročnik **prejme stenski planer**.

Naročnine na revijo Svet elektronike

- PRAVNE OSEBE (1 leto).** Naročnina na revijo Svet elektronike, za pravne osebe. Naročnina velja eno leto (11 števil, julij/avgust dvojna). Cena naročnine z vštetim popustom je **44,95 EUR**. Plačilo po predračunu, katerega pošljemo po pošti.
- FIZIČNE OSEBE (1 leto).** Naročnina na revijo Svet elektronike, za fizične osebe. Naročnina velja eno leto (11 števil, julij/avgust dvojna). Cena naročnine z vštetim popustom je **39,95 EUR**. Plačilo po položnici, ki jo pošljemo po pošti.
- ŠOLAJOČE SE OSEBE (1 leto, potrdilo o šolanju).** Naročnina na revijo Svet elektronike, za šolajoče se osebe. Naročnina velja eno leto (11 števil, julij / avgust dvojna). Cena naročnine z vštetim popustom je **37,46 EUR**. Plačilo po položnici, ki jo pošljemo po pošti. Brez potrdila o šolanju se naročniku avtomatično pošlje naročnino z 20% popustom.
- INTERNET NAROČNIKI (1 leto, fizične ali pravne osebe).** Naročnina na internet revijo Svet elektronike. Naročnina velja eno leto (vpogled revije v PDF datoteki na www.svet-el.si). Cena naročnine znaša **19,99 EUR**. Nujna je prijava na spletni strani, kjer si lahko ogledate tudi svojo vse informacije glede naročnine.
- VSI NAROČNIKI (-50% popusta pri internetni naročnini 1 leto).** Pri naročilu na pisno revijo Svet elektronike in internet naročnino vam za internetno naročnino priznamo **50% popust**. Izberite si željeno pisno naročnino in jo obkrožite skupaj z internet naročnino. Vsi pogoji ostanejo enaki, lahko si jih ogledate v zgornjih naročninah. Za vse ostale informacije smo vam na voljo na tel.: 01 549 14 00 ali e-naslov: prodaja04@svet-el.si.
- AVTORJI** člankov imajo brezplačno pisno naročnino (svojo naročnino lahko tudi podarijo komur koli)

Vse cene naročnin in izdelkov »od podjetja AX, d.o.o. in revije Svet elektronike« vsebujejo DDV.

Več naročnin vam prihrani denar. Pravnim osebam, ki naročijo več izvodov revije Svet elektronike, nudimo **za 2. naročen izvod 50% popust, za 3. izvod in vse naslednje pa 70% popust do preklica**. Velja tudi za podaljšanje naročnine. Vsi izvodi revije morajo imeti istega plačnika.

Naročilnica za revijo Svet elektronike

- podjetje / fizična oseba (ime in priimek)
- ulica / hišna številka / pošta / kraj
- davčna številka / zavezanec (da ali ne)
- telefon e-pošta
- podpis / žig

Podarite naročnino ali darilni BON

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



Brezplačni PDF letnik za naročnika

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



Brezplačno vsi letniki do 2006

Vsi letniki do 2006 so sedaj brezplačno na naši spletni strani!

Download Now

Vsi naročniki

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



Brezplačni ogledni izvod

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



programming has never been easier

Smo uradni zastopnik za ELNEC v Sloveniji!

BeeProg3



70-0074



BeeProg2

BeeProg2C



BeeProg204P

70-0036



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



AX ELEKTRONIKA

PCB parcele

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

hitra izdelava

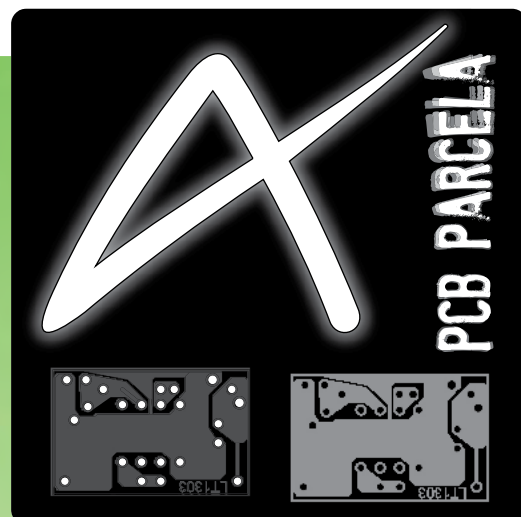
vaše tiskanine izdelamo v 7 do 14 dnevih
od dneva naročila

cenovno ugodno:

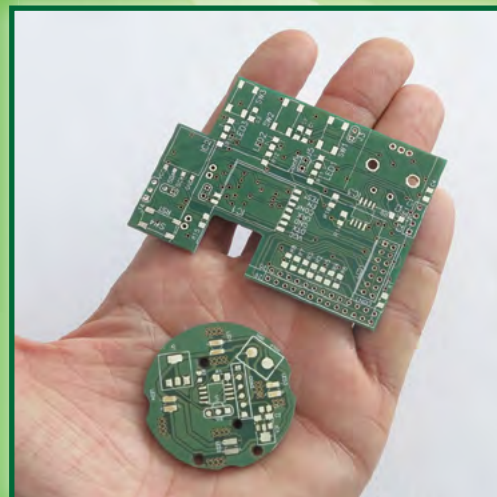
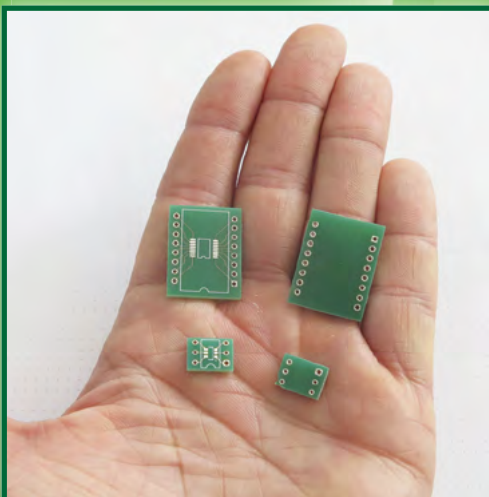
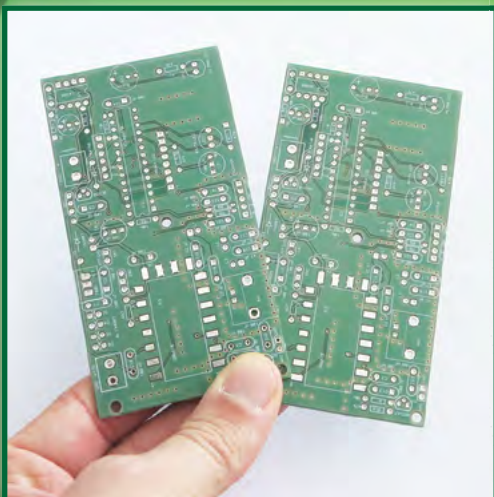
enostranska ali dvostranska vezja

racionalna količina za prototipe:

najmanjše naročilo 2 kosa



Vaši
designi
so pri
nas
varni!



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

enoslojna ali dvoslojna
tiskana vezja, enaka cena

AX elektronika d.o.o
Depala vas 39
1230 Domžale
<https://svet-el.si>