

SE
305

REVIIA ZA ELEKTRONIKO, AVTOMATIKO, RAČUNALNIŠTVO IN TELEKOMUNIKACIJE

svet ELEKTRONIKE

ISSN 1318-4679



9 771318 467014



letnik XXIX
marec 2022
števila 305
cena:

4,50 €



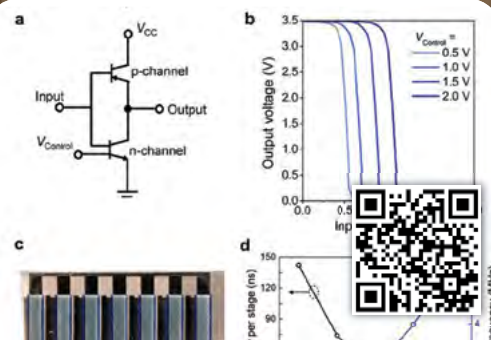
STRAN 52

Voice Assistant Wake word yes



Assistir no YouTube

STRAN 46



Spremljanje in nadzor
pretoka plina
v industrijskih aplikacijah



Izdelava inteligentnega
glasovnega pomočnika iz nič

Kontaminacija moti proizvodnjo Flash čipov
v dveh japonskih tovarnah

Uporaba senzorja nagiba za razvoj
vodne tehtnice za slabovidne

Omronov kompakten visokonapetostni
enosmerni rele

Kačja koža navdihuje razvoj
nosljivih senzorjev



Predvajanje glasbe
in zaznavanje oseb
z ESP32 (8)

Zaženite svoj koncept.

**Začnite z
Digi-Keyem!**



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



Več izdelkov

Več izdelkov na zalogi

**Več dobaviteljev priznanih
blagovnih znamk**

Več novih tehnologij

Več tehničnih virov



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



*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. © 2022 Digi-Key Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, ZDA

ECIA MEMBER
Supporting The Authorized Channel

KAZALO

UVODNIK

- 4 Kako se bo to končalo?
Jure

NOVICE

- 5 Kačja koža navdihuje razvoj nosljivih senzorjev s širokim razponom občutljivosti na obremenitev
<https://techxplore.com>
- 6 Omronov kompakten visokonapetostni enosmerni rele, ki služi preprečevanju previsokega vhodnega toka
<https://omron.eu>
- 8 Kontaminacija moti proizvodnjo Flash čipov v dveh japonskih tovarnah
<https://techxplore.com>
- 9 TIDA-01386, ultrazvočni senzor za merjenje razdalje z referenčno zasnovo IO-Link
<https://svet-el.si>
- 10 EU se pridružuje tekmi za polprevodnike s ponudbo v vrednosti 43 milijard evrov
<https://techxplore.com>

PREDSTAVLJAMO

- 11 Sodelovanje z distributerjem za premagovanje izzivov B2B trga
Avtorica: Missy Hall
<https://www.digikey.com>
- 13 Uporaba senzorja nagiba za razvoj vodne tehtnice za slabovidne
Avtor: Simon Bramble
<https://www.analog.com>
- 17 MCU v majhnem ohišju z analognim delom prihrani prostor baterijsko napajanih aplikacijah
Avtor: Stian Sogstad
<https://www.microchip.com>
- 20 Ali so hibridni pretvorniki prihodnost za močnostne pretvornike s SiC MOSFET?
<https://www.lem.com>
- 22 AIoT – umetna inteligenca stvari
Avtor: Julian Eise
<https://www.rutronik.com>
- 25 Spremljanje in nadzor pretoka plina v industrijskih aplikacijah
Avtor: Rolf Horn
<https://www.digikey.com>

PROGRAMIRANJE

- 29 Izdelava inteligentnega glasovnega pomočnika iz nič
Avtor: Marcelo José Rovai
<https://mrobot.org>
- 40 Predvajanje glasbe in zaznavanje oseb z ESP32 AVR, ESP, PIC in drugi, ko gre zares (8)
Avtor: dr. Simon Vavpotič
- 46 ATtiny I2C slave (3) - dvosmerna komunikacija
Avtorja: Vladimir Mitrović in Robert Sedak

SAMOGRAĐNJA

- 52 Vse, kar niste vedeli o elektronkah – Trioda (1)
Avtor: Roman Lederer

STIK

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

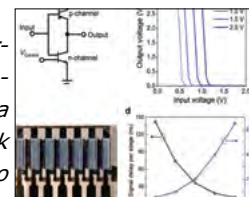
OGLAŠEVALCI

ANALOG DEVICES	13	STROMBOLI D.O.O.	51
CELJSKI SEJEM - MIS	57	UL FS - VENTIL	47
DIGI-KEY	02	TZS	16
MICROCHIP	19		

Kontaminacija moti proizvodnjo Flash čipov v dveh japonskih tovarnah

Delovanje v dveh japonskih tovarnah, ki proizvajata čipe za Flash pomnilnike, je zmotila kontaminacija industrijskih materialov, je v četrtek dejal proizvajalec čipov Kioxia, ko so analitiki opozorili na morebitno zvišanje cen ključnih komponent pametnih telefonov...

Stran: 8



Spremljanje in nadzor pretoka plina v industrijskih aplikacijah

Številni industrijski avtomatizirani (IA) in proizvodni obrati za različne procese in aplikacije pogosto zahtevajo uporabo plinov, kot so zrak, kisik, dušik, vodik, helij in argon. Te uporabe vključujejo čiščenje, rezanje, varjenje in kemično proizvodnjo. V mnogih primerih precizna oprema in kemični...

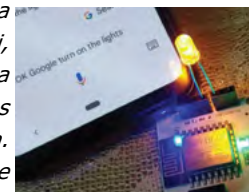
Stran: 25



Izdelava inteligentnega glasovnega pomočnika iz nič

V mojem članku Avtomatizacija doma z Alexa [1] smo se naučili, kako posnemati naprave interneta stvari in jih upravljati na daljavo s pomočjo glasovnega pomočnika. Tam smo uporabili Echo-Dot, ki se »zbudi« vsakič, ko zasliši besedo Alexa. Emulacija Google pomočnika na Raspberry Pi...

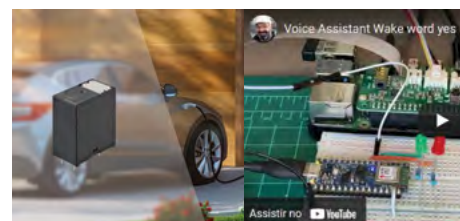
Stran: 29



Predvajanje glasbe in zaznavanje oseb z ESP32 (8)

V preteklem smo na vremensko postajo 3.0 priključiti še tipali za merjenje relativne zračne vlage in zračnega pritiska, poleg teh pa izdelati še zunanje merilne enote, ki jih bodo poganjali ESP32 moduli. Preverili smo tudi možnosti za priklop precej zmogljivejšega...

Stran: 40



Naslovnica: www.omron.eu, www.mrobot.org



Jurij Mikeln

**REVIJA ZA ELEKTRONIKO,
AVTOMATIKO,
RAČUNALNIŠTVO
IN TELEKOMUNIKACIJE**

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

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

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

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

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

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-stevilke>

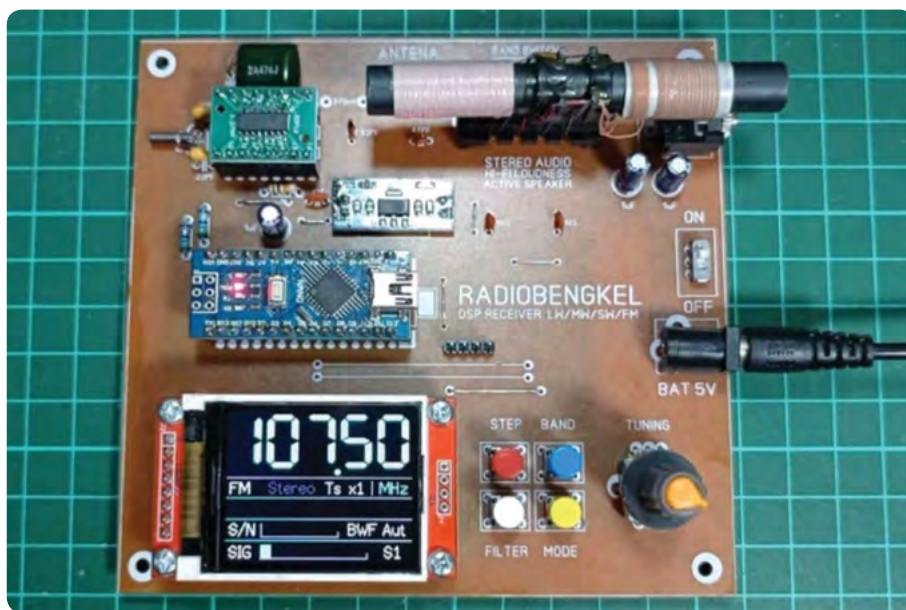
Cena za posamezni izvod je 4,50 EUR, za letno naročnino priznavamo 25% popust za dijake in študente s potrdilom o šolanju, 20% popust ostalim fizičnim osebam ter 10% popust za podjetja. V skladu s 25. členom 7. odstavka Zakona o davku na dodano vrednost se za revijo Svet elektronike plačuje in obračunava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

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

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

Kako se bo to končalo?

Seveda imam v mislih konflikt med Rusijo in Ukrajino, kjer situacija ne kaže najbolje. Saj že pred tem konfliktom situacija v tistih koncih ni bila briljantna. No, v naši reviji se ne bomo spuščali v politiko, pač pa bi rad omenil možnost »spremljanja« te situacije s pomočjo kratkovalovnega sprejemnika. Besedo spremljanje sem namenoma dal v narekovaj – saj s kratkovalovnim sprejemnikom, razen raznih čudnih signalov, ne boste slišali pogovorov med vojaki. Je pa, kot rečeno, zanimivo vklopiti kratkovalovni sprejemnik in na različnih frekvenčnih področjih prisluhniti novodobnim komunikacijam. Če smo pred leti poslušali ruski »woodpecker«, kot so ga imenovali radioamaterji po svetu, lahko danes slišite raznorazne signale in velika večina teh signalov je človeškega izvora. Če sem vas vsaj malo pritegnil s tem uvodom, si morda umislite radijski sprejemnik s SI4735, ki ga za relativno malo denarja lahko nabavite v kitajskih trgovinah. Tudi Facebook skupina SI4735 je zelo aktivna, saj lahko tam najdete razne samogradnje na temo sprejemnika – kot je prikazan na fotografiji.



Tisti, ki pa imate radioamaterski izpit, pa tako že verjetno imate kakšno KV radijsko postajo v svoji sobi in lahko ob večernih ali jutranjih urah na radijskih valovih poslušate vse te različne in zanimive radijske signale.

Zanimivi pa so tudi članki v reviji, ki je pred vami. Tokrat boste v njej našli zanimiv članek o elektronski vodni tehni (pogovorno imenovani libeli), ki so jo naredili s pomočjo senzorja pospeška. Nadalje je zanimiv tudi članek o uporabi novih SiC (silicijev karbid) tranzistorjev, ki omogočajo hitrejše preklope in jih je podjetje LEM uporabilo v novodobnih varilnih aparatih.

Ker pa sem uvodnik pričel z novodobnimi komunikacijami, naj ga končam v tej smeri. Namreč v tokratni številki revije Svet elektronike boste našli izjemno zanimiv članek, v katerem boste videli, kako narediti svojega glasovnega pomočnika. Vsi smo že slišali za Alexo ali Google glasovnega pomočnika. Tokrat pa boste lahko naredili svojega pomočnika s pomočjo Raspberry Pi in Arduino Nano 33 BLE. In to ni neka »raketna znanost«, obljubim.

Želim vam lepo pomlad, ki je pred vrati. Hkrati pa vsem nam želim, da normalno zaživimo, saj je Covid-19 ukrepov vedno manj, kar vodi v način življenja, ki smo ga poznali pred Covidom. Tako smo se februarja že udeležili sejma IFAM (reportaža sledi v naslednji številki) in upam, da se kmalu vidimo – v aprilu na Mednarodnem industrijskem sejmu v Celju.

Lep pozdrav!
Jure

Kačja koža navdihuje razvoj nosljivih senzorjev s širokim razponom občutljivosti na obremenitev

Science X

Številne telesne funkcije pri ljudeh se kažejo z mehanskimi deformacijami kože – od raztezanja, upogibanja in premikanja mišic in sklepov do utripa na zapestju.

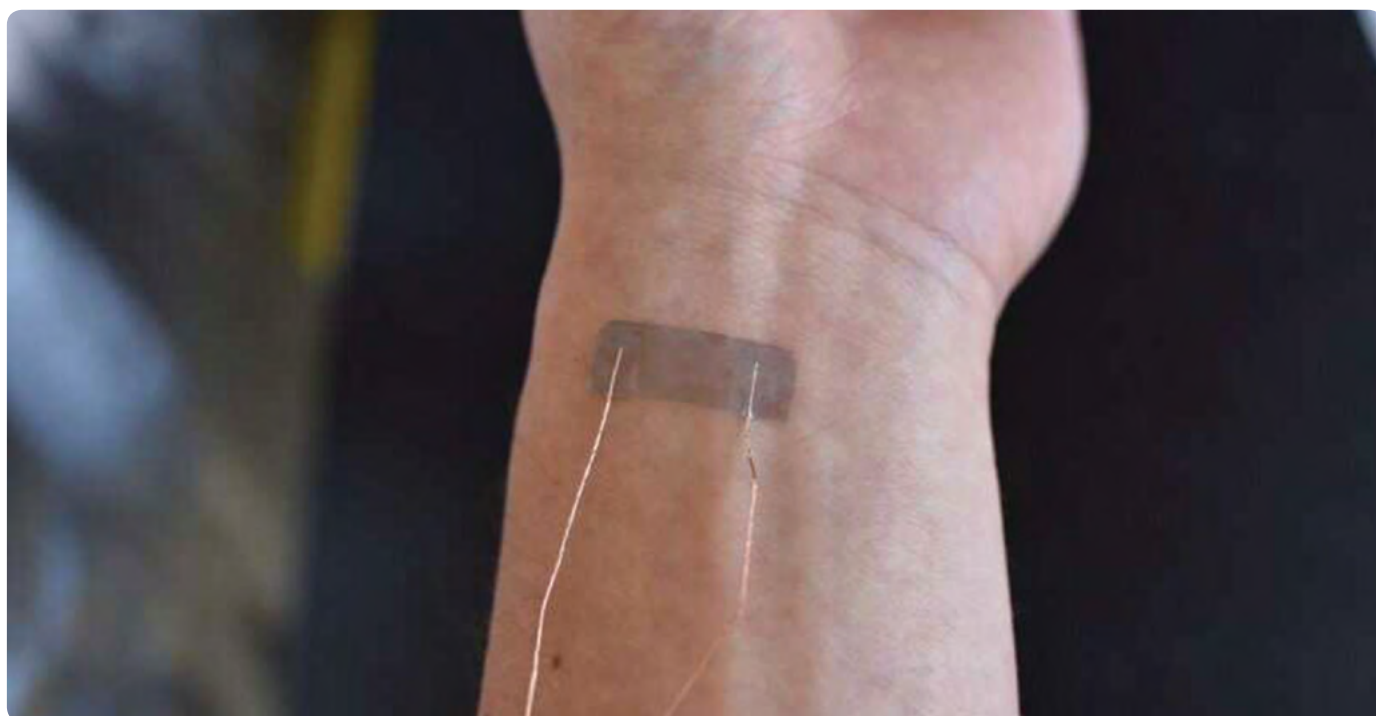
Te mehanske spremembe je mogoče zaznati in spremljati z merjenjem različnih stopenj obremenitve na različnih točkah po telesu.

V zadnjih letih je bilo veliko pozornosti osredotočeno na nosljive senzorje za merjenje teh majhnih sil za uporabo pri osebnem spremljanju zdravja. Nekateri od teh senzorjev lahko zaznajo obremenitve visoke stopnje (40–100 %), na primer tiste, povezane z gibi prstov in sklepov okončin, drugi zaznajo obremenitve srednje stopnje (10–40 %), ki jih najdemo pri požiranju in gibih obraza. tretji pa so občutljivi na obremenitve nizke ravni (<1%-10%), ki jih opazimo pri utripih v zapestju in vibracijah glasilk.

Zaradi svoje najvišje stopnje prevodnosti in stabilnosti je zelo priljubljen material za te vrste senzorjev PEDOT:PSS ali poli(3,4-etilendioksitiofen) polistiren sulfonat. Prej so bili razviti zelo občutljivi raztezni senzorji PEDOT:PSS, ki lahko zaznajo obremenitev zaradi zelo majhnih gibov (<1%), vendar sama po

sebi slaba raztegljivost filmov PEDOT:PSS povzroči poslabšanje ravni zmogljivosti in delovanja, če se uporabljajo za merjenje večjih obremenitev. (>20 %). Poskusi reševanja tega problema z dodajanjem raztegljivih polimerov ali elastomerov so povzročili povečano raztegljivost, vendar zmanjšano občutljivost pri odkrivanju majhnih deformacij.

Skupina iz Inštituta za biomedicinske inovacije Terasaki se je s temi izzivi spopadla z oblikovanjem nosljive naprave za zaznavanje sevov, ki lahko učinkovito zazna širok spekter sevov. Da bi povečali raztegljivost tega senzorja, so raziskovalci TIBI črpali navdih iz primera, ki ga najdemo v naravi. Kače so dobro znane po tem, da imajo sposobnost, da se ob zaužitju plena raztegnejo na večkratno njihovo normalno telesno velikost. Ob natančnejšem pregledu kačje kože so raziskovalci opazili, da je kačja koža prekrita s prekrivajočimi se luskami; pri obremenitvi te luske zdrsnejo ena mimo druge in se premaknejo v ločene luske, med katerimi je vmesna koža. To daje koži izjemno raztegljivost.



Fotografija: Terasaki Institut za biomedicinske inovacije

Raziskovalci so ta koncept oblikovanja uporabili pri izdelavi svojega senzorja. "Nanesli smo tanek sloj PEDOT:PSS in ga zapekli na elastomerni trak. Ta plast je bila nato raztegnjena na eksperimentalno optimizirano 50-odstotno stopnjo deformacije. Ta proces je povzročil razpoke in nastanek drobcev ali "otokov" na površini plasti z vmesnimi območji PEDOT:PSS. Ta izpostavljena območja so služila kot vezna mesta za nanos druge tanke plasti PEDOT:PSS. Po nanosu je bil drugi sloj dodatno raztegnjen do 100-odstotne stopnje obremenitve, kar je povzročilo ustvarjanje dodatnih otokov in območij, ki so naravno poravnana s tistimi iz prve plasti. Ko se je sprostila iz raztezanja, je nastala struktura s prekrivajočimi se otoki, ki so posnemali luskasto strukturo kačje kože."

"Ključna točka pri razvoju tega senzorja je njegova nova strukturna zasnova," je povedal glavni raziskovalec dr. Shiming Zhang. "Naši napravi omogoča merjenje širokega razpona stopenj obremenitve z visoko stopnjo občutljivosti."

Dvoslojni PEDOT:PSS je bil pritrjen na plast hidrogela; mehki želatinasti hidrogel je bil izbran za to spodnjo plast, saj bi ležal na koži subjekta ter nudil biokompatibilnost in udobje pri nošenju. Senzorju so bile dodane bakrene žice in elastomerno tesnilo, izvedeni pa so bili različni poskusi, da bi preverili njegovo sposobnost zaznavanja širokega spektra deformacij.

Pri testih nizke obremenitve so bile meritve utripov na zapestju opravljene v mirovanju in po vadbi. Opravljene so bile tudi meritve gibanja kože in tkiva na vratu med vokalizacijo in fonacijo. Za odkrivanje srednjih obremenitev so bile opravljene meritve

gibov obrvi in gibov grla navzgor in navzdol med požiranjem. In pri testih obremenitve na visoki ravni so bile opravljene meritve različnih stopenj upogiba komolca.

Rezultati poskusov so pokazali, da je senzor TIBI dal jasno definirane signale z razponom občutljivosti dveh redov velikosti. Signali so natančno odražali stopinje in kote ustreznih premikov, ki so bili zaznani. Poleg tega je senzor pokazal odlično prevodnost, vzdržljivost in ponovljivost.

Vsestranskost tega širokega nosljivega senzorja je mogoče uporabiti za nešteto biomedicinskih potreb, kot je spremljanje srčnih ali cirkulacijskih funkcij, pomoč osebam s težavami pri vokalizaciji ali požiranju ali pri fizični rehabilitaciji in ocenjevanju atletske uspešnosti. Uporablja se lahko tudi v ustvarjalnih aplikacijah, kot je izboljšanje komunikacije za tiste, ki delajo v hrupnem okolju, ali pri spremljanju psiholoških stanj, povezanih z mimiko.

"Tu prikazana načela strukturne zasnove so pravi napredek pri spremljanju zdravja v nosljivih napravah," je dejal dr. Ali Khademhosseini, direktor in izvršni direktor TIBI. "Ponazarja ustvarjalno in napredno razmišljanje naših raziskovalcev pri razvoju prilagojenih naprav za zaznavanje."

Povzeto po:

- <https://techxplore.com/news/2021-07-snake-skin-wearable-sensors-wide-ranging.html>

<https://techxplore.com>



Omronov kompakten visokonapetostni enosmerni rele, ki služi preprečevanju previsokega vhodnega toka

Omron Corporation

Omron Electronic Components Europe je predstavil majhen enosmerni močnostni rele, ki zmanjša prostor na PCB brez ogrožanja zmogljivosti.

G5PZ-X je odlična izbira pred previsokim vhodnim tokom za zaščitna vezja, ki krmilijo opremo, kot so sistemi za shranjevanje energije (ESS) za sončne panele ali polnilne točke za vozila do doma (V2H) za električna vozila (EV). Andries de Bruin, evropski vodja trženja izdelkov pri Omronu, je dejal: »Trg za električna vozila in proizvodnjo obnovljive energije, kot so

sončne celice, hitro raste, vendar se razvijalci opreme soočajo z izzivom zmanjšanja napajalnikov ob povečanju zmogljivosti za shranjevanje energije. Novi G5PZ-X, ki je narejen skladno z Omronovo tehnologijo nadzora visokonapetostnega loka, zagotavlja zanesljivo visoko zmogljivo dvosmerno preklapljanje DC v majhnem ohišju.«

En sam rele G5PZ-X, ki ima dimenzi-je samo 15,2 (širina) x 26,4 (dolžina) mm, pokriva 200VDC/20A. Če veže-te dva releja zaporedno pa lahko z njima preklapljate do 400VDC/20A. Ta raven zmogljivosti lahko pomaga zaščititi občutljive komponente pred zelo kratkimi napetostnimi konica-mi, preden se vezje stabilizira, ali pri izklopu glavnega tokokroga. Par relejev G5PZ-X ponuja primerljivo zmogljivost z napravo najbližje kon-kurence, vendar z zmanjšano dol-žino in višino (dolžina 26,4 x širina 29,5 mm).

O Omron Electronic Components Europe

Omron Electronic Components Europe je vodilni na področju elektromehan-skih PCB relejev, pa tudi vodilni doba-vitelj komponent, kot so mikro stika-la, MOSFET releji, DIP stikala, foto-mikrosenzorji in konektorji. Omron ima močan portfelj inovativnih tehnologij, vključno s senzorji za merjenje tlaka, pretoka in toplote, ki temeljijo na MEMS, moduli za prepoznavanje človeških obrazov in potez, senzorji vibracij in nagiba.

Omron Electronic Components Europe močno podpira svoje stranke v Zahodni in Vzhodni Evropi, Rusiji in CIS prek 8 regio-nalnih pisarn, mreže lokalnih pisarn in partnerstev s specializi-ranimi, lokalnimi, regionalnimi in globalnimi distributerji.

Omron Electronic Components Europe je hčerinska družba korporacije Omron, ki je po vsem svetu priznana kot vodilno podjetje na področju visokokakovostne električne in elektron-ske krmilne opreme ter sestavnih delov visoke tehnologije.



Fotografija: Kompaktni visokonapetostni enosmerni napajalni rele G5PZ-X proizvajalca Omron sprosti prostor na tiskanem vezju brez ogrožanja zmogljivosti

O podjetju Omron Corporation

Omron Corporation je vodilno podjetje v svetu na področju av-tomatizacije, ki temelji na svoji osnovni tehnologiji "Sensing & Control + Think". Omronova poslovna področja pokrivajo širok spekter, od industrijske avtomatizacije in elektronskih kompo-nent do sistemov socialne infrastrukture, zdravstvenega varstva in okoljskih rešitev. Omron, ki je bil ustanovljen leta 1933, ima približno 28.000 zaposlenih po vsem svetu, ki zagotavljajo izdel-ke in storitve v približno 120 državah in regijah. Na področju in-dustrijske avtomatizacije Omron podpira proizvodne inovacije z zagotavljanjem naprednih tehnologij in izdelkov za avtomatizacijo ter z obsežno podporo strankam, da bi pomagal ustvariti boljšo družbo.

<https://omron.eu>



VARNOŠTNI 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>



Kontaminacija moti proizvodnjo Flash čipov v dveh japonskih tovarnah

Science X

Delovanje v dveh japonskih tovarnah, ki proizvajata čipe za Flash pomnilnike, je zmotila kontaminacija industrijskih materialov, je v četrtek dejal proizvajalec čipov Kioxia, ko so analitiki opozorili na morebitno zvišanje cen ključnih komponent pametnih telefonov.

Ta težava se je pojavila ravno zdaj, ko se tehnološka industrija spopada s svetovnim pomanjkanjem polprevodnikov, ki je oviralo proizvodnjo številnih izdelkov od avtomobilov do igralnih konzol.

Pri podjetju Kioxia so dejali, da sumijo na "kontaminacijo materialov, uporabljenih v proizvodnih procesih", zaradi česar je bilo delovanje v tovarnah delno prekinjeno, vendar niso navedli več podrobnosti.

Podjetje, ki je del japonskega konglomerata Toshiba, je dejalo, da si prizadeva za čimprejšnjo obnovitev celotne proizvodnje v tovarnah v osrednji in severni Japonski.

Kioxiin ameriški partner, Western Digital, je prav tako potrdil motnjo in ocenil, da bi to povzročilo "zmanjšanje razpoložljivosti Flash pomnilnikov za vsaj 6,5 eksabajta" v tovarnah, ki jih obe podjetji vodita kot skupno podjetje. Eksabajt je enota digitalnih podatkov, enaka eni milijardi gigabajtov.

Vrsta pomnilniških čipov, na katere vpliva ta kontaminacija, se imenuje NAND Flash čipi. Razlikujejo se od polprevodnikov, ki jih trenutno primanjkuje po vsem svetu, ki uporabljajo starejšo tehnologijo.

"Če bo to povzročilo pomanjkanje, se bodo cene dvignile," je za AFP povedal Jim Handy, strokovnjak za polprevodniško industrijo pri Objective Analysis.

Prizadeti tovarni namigujeta, da je dobavitelj verjetno poslal slabe kemikalije so sporočili iz Kioxie.

"Drugi proizvajalci NAND Flash pomnilnikov bodo verjetno kupili materiale od istega dobavitelja, zato bi to lahko predstavljalo veliko težavo."

Kioxia ima skupaj z Western Digital 35-odstotni tržni delež v globalni industriji Flash pomnilnikov. "Posledice tega najnovejšega incidenta lahko dvignejo ceno NAND Flash pomnilnikov v drugem četrtletju na 5-10 odstotkov," je v izjavi dejalo podjetje za tržne raziskave TrendForce s sedežem na Tajvanu.

Pred incidentom je TrendForce "napovedoval, da

bo na trgu NAND Flash pomnilnikov celo leto rahel presežek ponudbe in da bo povprečna cena od Q1 do Q2 soočena s pritiskom navzdol", je dejal.

Povečano povpraševanje po domači elektroniki, ki uporablja polprevodnike, ki ga povzroča pandemija, je zmanjšalo zalogo čipov. Krizo je poglobili mraz v Združenih državah, suša na Tajvanu in požar pri japonskem proizvajalcu Renesas lani in pe drugi dejavniki, o katerih smo precej podrobno pisali v reviji Svet elektronike.

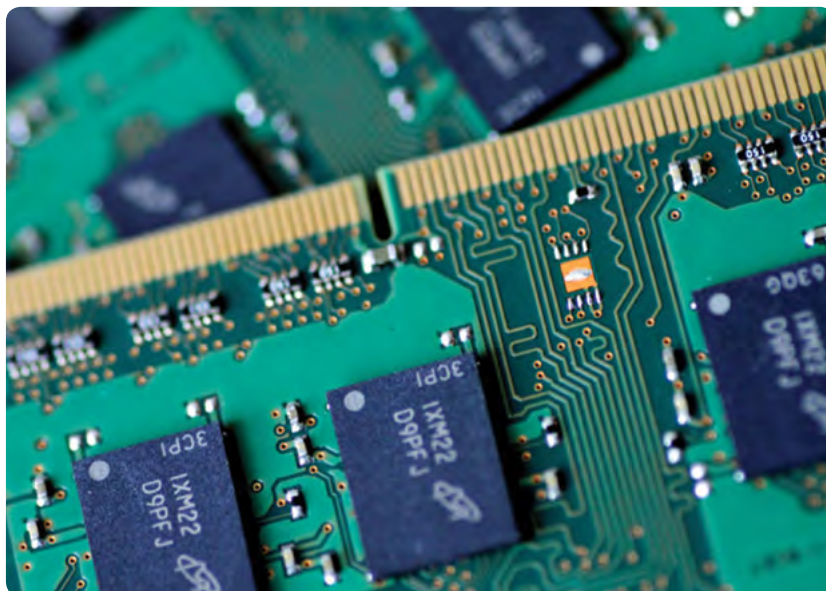
Številna podjetja so pred kratkim objavila načrte za nove polprevodniške tovarne, saj se stiska s čipi nadaljuje. Novembra je Samsung dejal, da bo zgradil tovarno mikročipov v Teksasu v naložbi 17 milijard dolarjev.

Tajvanski TSMC je dejal, da bo v sodelovanju s Sonyjem zgradil tovarno na Japonskem, medtem ko je največji kitajski proizvajalec čipov SMIC septembra dejal, da bo zgradil novo tovarno v Šanghaju.

Povzeto po:

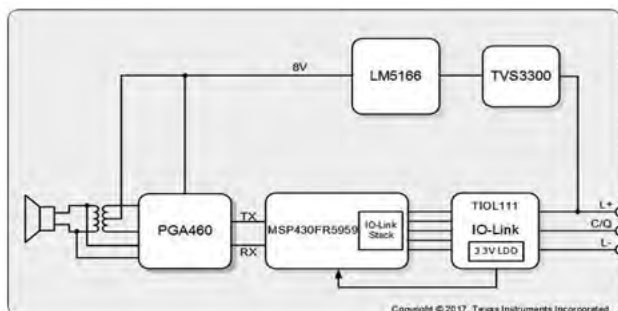
- <https://techxplore.com/news/2022-02-contamination-disrupts-chip-output-japan.html>

<https://techxplore.com>



TIDA-01386, ultrazvočni senzor za merjenje razdalje z referenčno zasnovo IO-Link

Ta referenčna zasnova ima ultrazvočni senzor razdalje, ki se prilega ohišju M12 zaradi visoke integracije in optimizirane postavitve. Zasnova ponuja IO-Link za komunikacijo s sistemskim nadzorom, zaradi česar je pripravljen za industrijo 4.0.



Popolnoma sestavljena plošča na fotografiji je bila razvita samo za testiranje in potrditev učinkovitosti in ni na voljo za prodajo.

Lastnosti:

- Majhna oblika: M12
- IO-link vmesnik

Razpon razdalje:

- 10 cm do 30 cm (300 kHz)
- 30 cm do 5 m (58 kHz)

Resolucija:

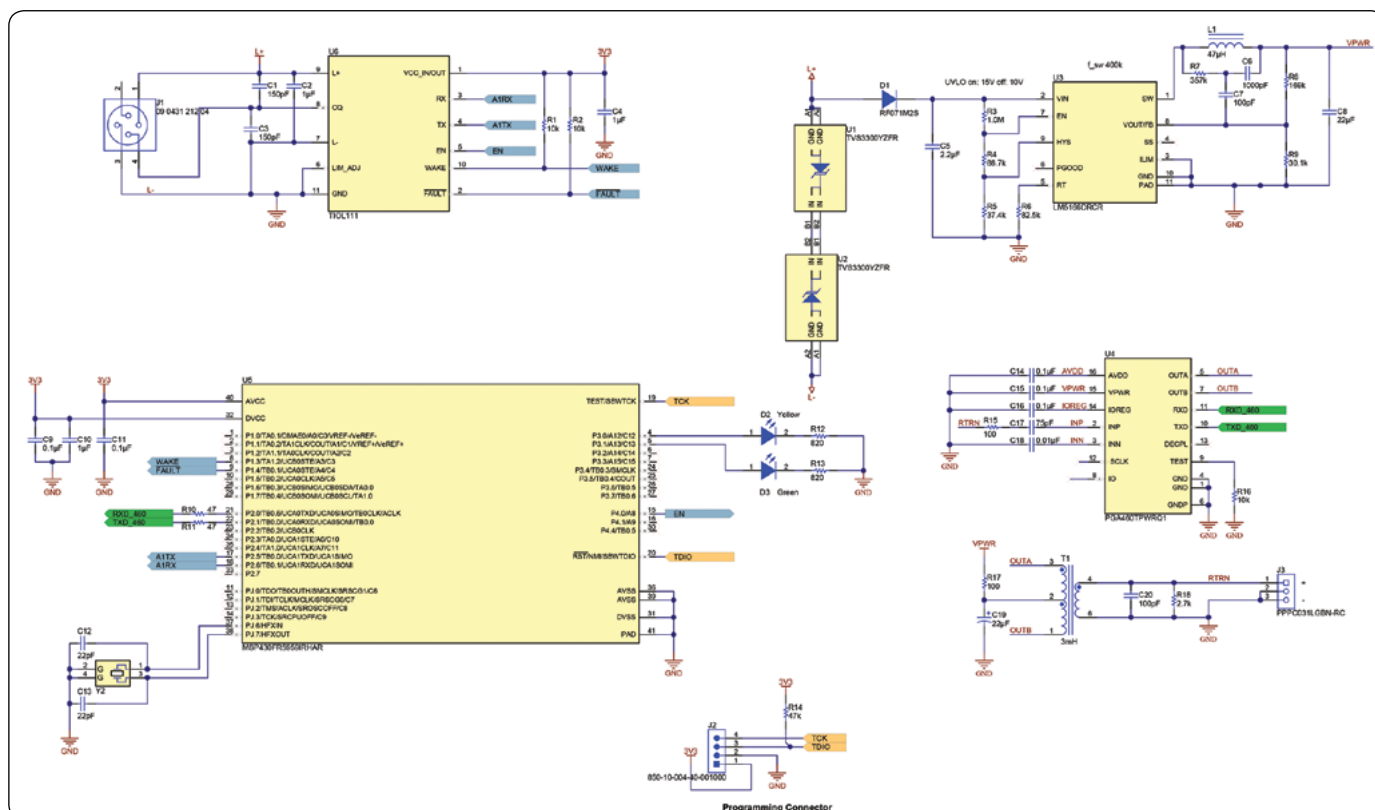
- ~1 mm (300 kHz)
- ~1 cm (58 kHz)

Blok shema vezja

Namen ultrazvočnih senzorjev je zaznati ali izmeriti razdalje do predmeta neodvisno od njihove barve, prosojnosti ali značilnosti površine in od okolja. Ultrazvočni senzorji lahko delujejo v težkih okoljih, kot so tovarne in procesni obrati.

Brezkontaktno zaznavanje in merjenje

<https://svet-el.si>



Električna shema

EU se pridružuje tekmi za polprevodnike s ponudbo v vrednosti 43 milijard evrov

Science X

EU je v predstavi na načrt za štirikratno povečanje dobave polprevodnikov v Evropi do leta 2030, v upanju, da bo omejila odvisnost unije od Azije za ključne komponente, ki se uporabljajo v električnih avtomobilih in pametnih telefonih.

Proizvodnja čipov je postala strateška prednostna naloga tako v Evropi kot v ZDA, potem ko je šok zaradi pandemije zadušil ponudbo, zaradi česar so tovarne zastale in trgovine so se izpraznile z izdelki, o čemer smo med drugim pisali tudi v reviji Svet elektronike.

Proizvodnja polprevodnikov v veliki večini poteka na Tajvanu, Kitajskem in v Južni Koreji, 27 držav članic Evropske unije pa želi, da bi tovarne in podjetja znotraj unije prevzeli večjo vlogo. Težko pričakovani zakon EU o čipih bo "mobiliziral več kot 43 milijard evrov (49,1 milijarde dolarjev) javnih in zasebnih naložb" in "omogočil EU, da doseže svoje ambicije, da podvoji svoj trenutni tržni delež na 20 odstotkov leta 2030", je dejala Evropska komisija.

"Zadali smo si cilj, da imamo 20 odstotkov svetovnega tržnega deleža proizvodnje čipov tukaj v Evropi," je dejala predsednica Evropske komisije Ursula von der Leyen. Priti na to raven "pomeni v bistvu za štirikrat povečati naša prizadevanja" glede na ogromno povečanje svetovnega povpraševanja, je dejala.

Thierry Breton, evropski komisar za industrijo, je pozval Evropejce, naj bodo čim bolj ambiciozni in odgovorijo podobnim načrtom v ZDA, kjer Bidenova administracija od kongresa zahteva, da odobri načrt v vrednosti 52 milijard dolarjev. "Brez čipov, brez digitalnega prehoda, brez zelenega prehoda, brez

tehnološkega vodstva. Zagotovitev oskrbe z najnaprednejšimi čipi je postala gospodarska in geopolitična prioriteta," je dejal.

Če bi bili sprejeti, bi lahko EU načrti ustvarili skupno 43 milijard evrov z obstoječim proračunskim denarjem EU in z omilitvijo obstoječih pravil o javnih subvencijah iz držav članic. Od tega bo enajst milijard evrov novih izdatkov predvidenih za razvoj najsodobnejših čipov, preostanek pa je ocena trenutnih projektov EU in tega, kar države članice posamično izkoriščajo za ustvarjanje nove ponudbe polprevodnikov. Kritiki bodo opozorili tudi na del načrta, ki ga je predlagal Breton, za vzpostavitev mehanizma v sili, ki bi lahko nadzoroval izvoz čipov v primeru nenadnega pomanjkanja. Nekatere države članice, na čelu z Nizozemsko in nordijskimi državami, se bodo uprle tudi vsakemu načrtu za razširitev obsega državne pomoči, pri čemer namerava komisija vladam EU olajšati črpanje denarja proizvajalcem čipov.

"Nočemo priti v položaj, ko bi ogromno ameriško podjetje dobilo kup EU denarja za odprtje tovarne v eni veliki državi članici," je dejal EU diplomat.

Toda pritisk na Evropo, naj se hitro premakne, je hud, saj Južna Koreja prav tako obljublja ogromne vsote subvencij za okrepitev svojega poslovanja s čipi. Ta izplačila bodo verjetno manjša od vsega, kar ponuja Evropa. Na Tajvanu načrtuje velikanski proizvajalec čipov TSMC v prihodnjih 12 mesecih porabiti od 40 do 44 milijard dolarjev za nove obrate. Z državami, ki želijo povečati domačo ponudbo, kaže, da proizvajalci iščejo najboljšo ponudbo, ko iščejo lokacije za nove tovarne.

Intel, proizvajalec čipov s sedežem v ZDA, je tik pred napovedjo velike naložbe v Evropi, kjer bodo možne destinacije velikedržave, kot so Nemčija, Francija in Italija.

Izvršni direktor Pat Gelsinger je nemškemu medijem povedal, da njegova odločitev ni bila odvisna le od vprašanj o ustreznih lokacijah in kadru, "ampak tudi od razpoložljivih subvencij za izgradnjo tovarn". "Pridobili smo tudi znatne subvencije za naše tovarne v Aziji," je dejal Gelsinger.

Povzeto po:

- <https://techxplore.com/news/2022-02-eu-chips-bn-euro-rival.html>

<https://techxplore.com>



Slika: Avtor fotografije: Christophe Licoppe

Sodelovanje z distributerjem za premagovanje izzivov B2B trga

Digi-Key Electronics
Avtorica: Missy Hall

Dandanes morajo biti proizvajalci elektronskih komponent vseh velikosti uspešni na številnih različnih – in pogosto zapletenih – področjih svojega poslovanja, da bi bili uspešni. Imeti morajo močno digitalno prisotnost, da jih lahko uporabniki najdejo na spletu.

Če želijo poslovati na mednarodni ravni, morajo imeti vzpostavljeno infrastrukturo za hitro pošiljanje v države po vsem svetu. Poleg tega morajo proizvajalci svoje izdelke tržiti pravemu občinstvu; plačati ustrezne davke in upoštevati ustrezne zakone v državah, v katerih delujejo in prodajajo; izpolniti morajo pravilno uvozno in izvozno dokumentacijo; ter poleg vsega zagotoviti odlične in učinkovite storitve za stranke. In to je šele začetek!



Ti izzivi so lahko zelo zastrašujoči, tako za nove zagonske proizvajalce, kot za uveljavljena podjetja – ker se panoga premika tako hitro in so dobavne verige vse bolj globalne narave, je za dobavitelje koristno sodelovati z globalnim distributerjem z visokimi storitvami, kot je Digi-Key, ki lahko obravnavajo bolj zapletene dele prodaje in pošiljanja izdelkov po vsem svetu, s čimer se lahko osredotočijo na tisto, kar delajo najbolje: ustvarjajo najboljše možne izdelke.

Navajamo nekaj glavnih razlogov za sodelovanje z B2B distributerjem za premagovanje teh izzivov.

Globalna logistika

Nedvomno je ena od največjih prednosti sodelovanja z distributerjem – zlasti v dobi pričakovanj glede bliskovito hitre dostave – sposobnost ravnanja s shranjevanjem in pošiljanjem vaših izdelkov strankam po vsem svetu. Logistika vključuje veliko več kot preprosto pakiranje pravega števila delov za izpolnitev naročila.

Digi-Key skrbi za izvozno dokumentacijo za svoje glavne dobavitelje, kot tudi za določanje prodajnih pogojev (Incoterms) in pogajanja o cenah pošiljanja za večje pošiljke, ki temeljijo na obsegu, z vsemi glavnimi prevozniki. Vse to pomeni veliko

enostavnejšo transakcijo za proizvajalce, katerih glavna odgovornost je, da izdelek dostavijo Digi-Key-ju – ostalo poskrbimo mi!

Digi-Key je uvedel več dodatnih možnosti za dobavitelje, vključno s svojimi programi Digi-Key Marketplace [1] in Fulfilled by Digi-Key [2], ki širijo možnosti za proizvajalce, da delajo z Digi-Key in izkoristijo te prednosti na različne načine.

Skladnost

Obstajata dve glavni področji, ko gre za skladnost: skladnost izdelkov in trgovinska skladnost. Obe področji lahko postanejo zelo zapleteni in ključnega pomena je, da stvari naredite pravilno.

Trgovinska skladnost: Trgovinska skladnost zajema številne prej omenjene vidike globalne logistike, pa tudi dodatna izvozna pravila in predpise, pregled zavrženih strank in drugo. Seveda obstajajo tehnološke rešitve, ki obravnavajo te globalne logistične premisleke, vendar je njihova implementacija lahko draga. Delo z distributerjem, ki uporablja te rešitve, je pogosto stroškovno učinkovitejše.

Proizvodna skladnost: Vsaka država ima svoj niz zakonov



in standardov glede tega, kaj se lahko in česa ne sme prodajati znotraj njenih meja. Na primer, enega od vaših izdelkov je morda dobro prodajati v eni državi, v drugi pa ne – ali vsaj ne brez dodatnega označevanja ali dokumentacije. Digi-Key ima skupino strokovnjakov, ki se osredotoča na zagotavljanje skladnosti naših izdelkov z lokalnimi predpisi po vsem svetu – s čimer od proizvajalca prevzame veliko breme.

Skladnost je absolutno ključnega pomena za globalno prodajo – to je nekaj, za kar morate poskrbeti, da boste imeli vse urejeno, če želite še naprej prodajati na globalnih B2B trgih. Delo z distributerjem, ki ima visok nivo storitev, lahko poenostavi postopek, sprostí dragoceni čas in sredstva za osredotočanje na proizvodnjo.

Obdavčitev

Zbiranje in doplačilo ustreznega zneska prometnega davka je že zastrašujoč izziv v samo eni državi, kjer imajo lahko različne regije svoje zakone in predpise. To pomnožite s številom držav, v katerih želite poslovati, in to zelo hitro lahko postane glavobol!

Podjetja so pogosto prisiljena veliko vlagati v programsko opremo in/ali svetovalce za prometni davek, da strankam ustrezno zaračunavajo davek. Sodelovanje z distributerjem pri prodaji vaših izdelkov pomeni, da njihova ekipa davčnih strokovnjakov in strokovnjakov za DDV nadzoruje spremljanje spreminjajočih se predpisov v vsaki državi in zakonov o digitalnem obdavčevanju.

Distributerji, kot je Digi-Key, so prav tako dobro seznanjeni z oprostitvami prometnega davka, kar zagotavlja dobro izkušnjo strank tudi na strani prejemnika.

Prodaja in storitve za stranke

Številni proizvajalci imajo odlične ekipe za prodajo in podporo strankam – ključnega pomena je ugotoviti, kako to povečati na globalno raven, ko podjetje raste. Tukaj postane močna digitalna prisotnost bistvenega pomena, vključno s funkcijami, kot so samopostrežna vračila, sledenje statusu naročila, spletni klepet

v realnem času, podpora v lokalnih jezikih in drugo. Stranke so navajene, da so te možnosti na voljo v nastavitvah B2C, organizacije B2B pa morajo biti sposobne slediti tempu, da izpolnijo pričakovanja.

Drugi pomisleki glede storitev za stranke, ki jih je treba upoštevati, vključujejo:

- Možnosti plačila v lokalnih valutah in standardni pogoji v nekaterih državah
- Prevedene informacije o izdelku in podporne vsebine v lokalne jezike
- Ponudba API in/ali EDI integracij za naročanje, kot tudi so-uporaba delov prek rešitev Bill of Materials (BOM)

Na prodajni strani pa je izjemnega pomena, da lahko dosežete širok krog novih strank in potencialnih strank. Distributer visokih storitev pogosto dela z večjim globalnim trženjskim proračunom, ki se lahko pretvori v oglaševalske proračune, ki pritegnejo nove poglede na njihovo spletno mesto in vaše izdelke. Digi-Key, na primer, ima na svojem spletnem mestu 56 milijonov ogledov strani na mesec!

Distributerji z visoko storitvijo zagotavljajo veliko teh prodajnih in storitev za stranke ter še veliko več. Nenehno posodabljaajo storitve, izboljšujejo in razvijajo, da bi bili v koraku z industrijo in da bi prodali več vaših izdelkov z visoko stopnjo zadovoljstva strank.

Zaključne misli

Delo z distributerjem ima številne prednosti, končna prednost pa je, da se lahko zanesete na zaupanja vrednega partnerja, katerega strokovno znanje o globalni prodaji, logistiki in storitvah za stranke lahko vašemu podjetju pomaga doseči več strank po vsem svetu.

Zaradi številnih zapletenosti in izzivov je lahko vstop – ali ostati pomemben – na svetovnem B2B trgu za proizvajalce komponent katere koli velikosti, lahko težaven. Dobra novica je, da lahko distributerji visokih storitev, kot je Digi-Key, veliko teh odgovornosti prenesejo in da namesto tega svojo energijo osredotočijo na proizvodnjo komponent, ki spodbujajo svetovne inovacije.

O avtorici

Missy Hall je podpredsednica razvoja novih trgov pri podjetju Digi-Key Electronics. Digi-Key je vodilni in stalen inovator na področju distribucije elektronskih komponent in izdelkov za avtomatizacijo po vsem svetu. Digi-Key Electronics zagotavlja več kot 10,7 milijona komponent več kot 2200 kakovostnih proizvajalcev blagovnih znamk.

Viri:

- <https://www.digikey.com/en/resources/marketplace>
- <https://dkplus.digikey.com/fulfilledbydigikey>

<https://www.digikey.com>



Uporaba senzorja nagiba za razvoj vodne tehtnice za slabovidne

Analog Devices, Inc.

Avtor: Simon Bramble

Ta članek opisuje celotno zasnovo vodne tehtnice za slabovidne. Za merjenje gravitacijske sile v vodoravni in navpični ravnini uporablja merilnik pospeška ADXL312 [1] in se oglasi, ko je merilnik pospeška natančno vodoravno ali navpično.

Uporablja se lahko tudi kot senzor nagiba za izravnavo, na primer, prikolic v avtomobilskih aplikacijah, kjer se lahko vodna tehtnica nahaja na mestu, ki je oddaljeno od krmilnega kolesa. Uporablja se tudi kot pod-vezje v sistemih za stabilnost avtomobilov ali dronih.

Amar Latif po nastopu na Celebrity MasterChef povzroča razburjenje na britanski kulinarčni sceni. Vendar pa Amar ni le dober kuhar, vodi tudi lastno potovalno podjetje, je motivacijski govornik, prehodil je večino Južne Amerike in je tudi televizijska osebnost. Ali ni konca supermoči tega človeka?

Na žalost obstaja konec super moči Amarja. Amar je 95% slep. Ker tehnologija napreduje in se svet trudi, da bi ji sledil, je bitka za slabovidne še težja. Večina napredka tehnologije zahteva, da več časa preživimo pred zaslonom. Za slabovidne ostaja predolg čas pred zaslonom "če bi le".

Če je mogoče s tehnologijo obogatiti življenja ljudi z okvaro vida, je to lahko le dobro. Ker je le 18 % registrirane slepe populacije popolnoma slepih (ali »črnoslepih«), to pušča veliki večini vsaj nekaj vida, tudi če ne morejo razlikovati podrobno-sti. Tako se je porodila ideja o vodni tehtnici za slepe.

ADXL312 v vodoravnem položaju, bi moral register osi z odčitati 2/3 celotne skale, medtem ko naj bi na oseh x in y odčitati nič. Podobno, ko je ADXL312 popolnoma navpičen, mora biti odčitavanje osi x 2/3 celotne skale, medtem ko morata osi y in z odčitati nič. Če se ADXL312 začne nagibati stran od katere koli osi, se najvišja vrednost začne zmanjševati, medtem ko se odčitavanje na drugih oseh začne povečevati glede na sinus kota nagiba.

Znotraj ADXL312

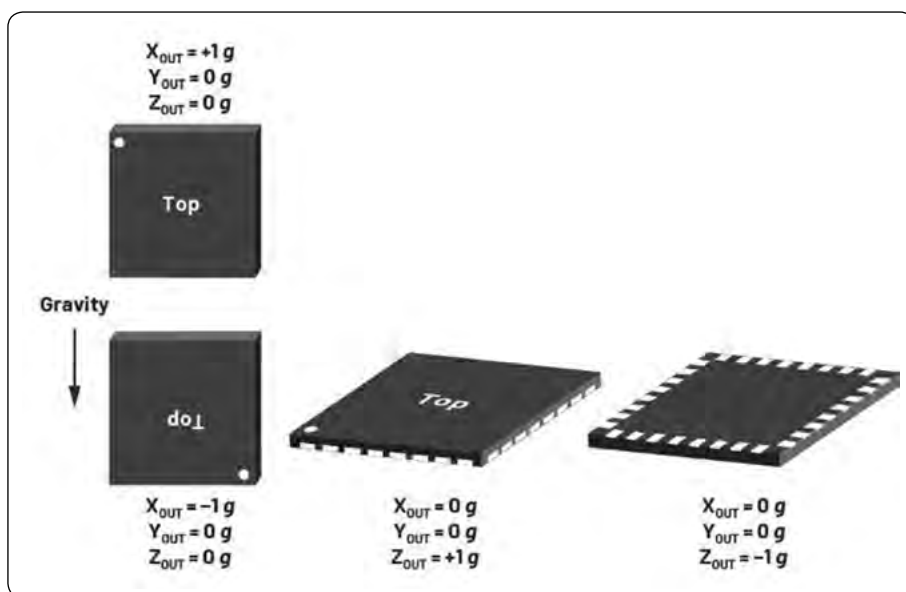
ADXL312 je mikroelektromehanski sistem (MEMS), sestavljen iz polisilicijeve površinsko obdelane strukture, zgrajene na silicijevi rezini. Polisilicijeve vzmeti obesijo strukturo na površino rezine in zagotavljajo upor proti pospeševalnim silam.

Fiksni silicijevi prsti se prepletajo s prsti na gibljivi masi tako, da ustvarijo diferencialne kondenzatorje, katerih značilnosti je mogoče izmeriti. Pospešek odkloni maso in neuravnoteži diferencialne kondenzatorje, kar se pozna na izhodu senzorja, katerega amplituda je sorazmerna s pospeškom. Struktura je prikazana na sliki 2.

Oris razvoja

Zasnova senzorja nagiba je temeljila na ADXL312, ki je nizkotokovni merilnik pospeška, ki lahko meri do $\pm 1,5$ g na oseh x, y in z in to s podatki, ki se odčitajo prek vodila SPI. Senzor je na voljo v 5 mm $\times$ 5 mm ohišju in v stanju pripravljenosti porabi 0,1 μ A. Meri do 10-bitne ločljivosti, tako da lahko ADXL312 zazna spremembe do $\pm 2,9$ mg na vsaki osi. ADXL312 shrani gravitacijske podatke za vsako os kot dvojiško komplementarno vrednost do ± 511 , ki jih mikrokontroler prebere in prikaže na enovrstičnem 16-mestnem LCD zaslonu. Slika 1 prikazuje zaznavne osi ADXL312.

Ta komponenta ima celoten odčitek pri 1,5 g, tako da gravitacijska sila 1 g daje odčitavanje 2/3 tega. Torej, če je

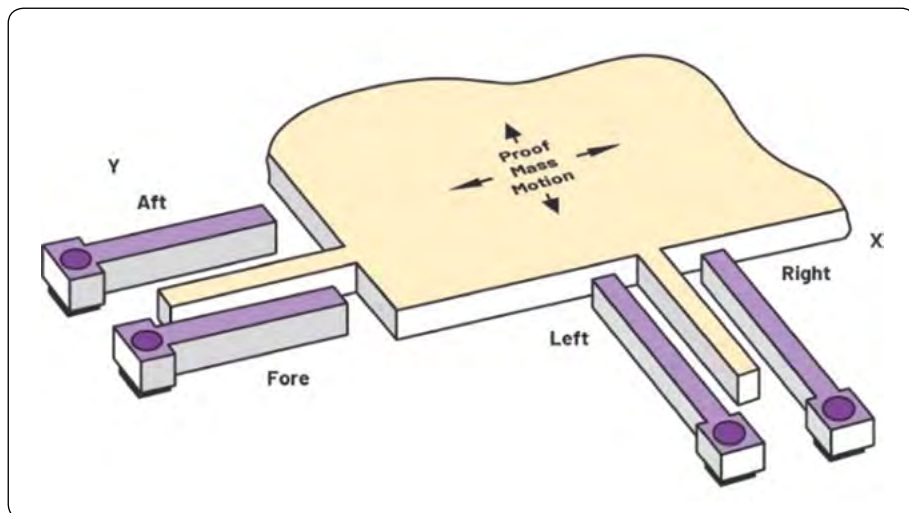


Slika 1: Osi zaznavanja ADXL312.

ADXL312 je mogoče naslavljalati bodisi preko I2C ali SPI, podatki x, y in z pa so shranjeni v šestih notranjih 8-bitnih registrih. Senzor ima tudi številne druge funkcije, vključno s 32-stopenjskim FIFO, dvema večfunkcijskima prekinitevma, offset registri, mehanskim samotežiranjem in načini samodejnega spanja.

Načrtovanje vodne tehnice

Celotna shema vezja senzorja nagiba je prikazana na sliki 3.



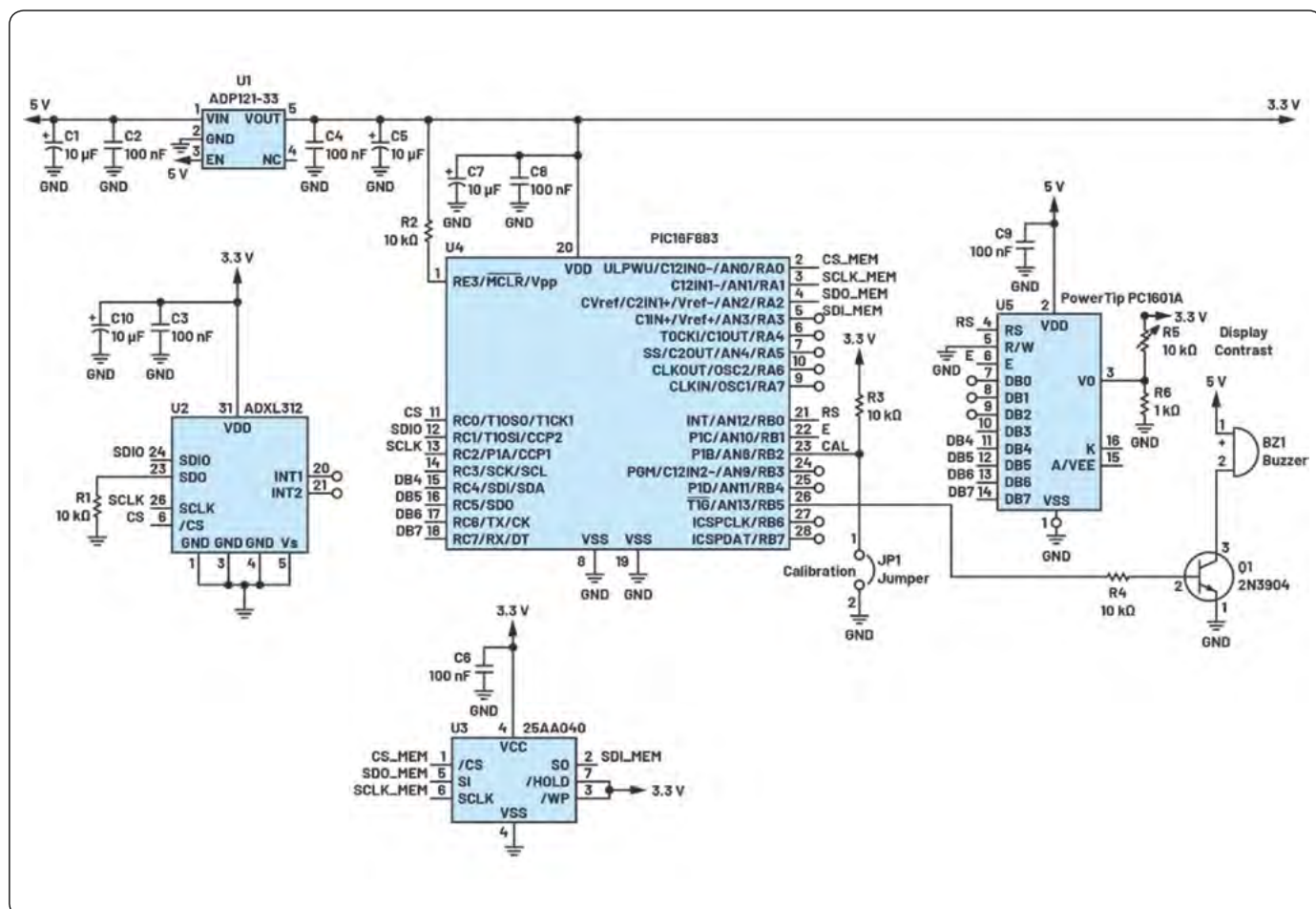
Slika 2: Notranje delovanje ADXL312.

ADXL312 ima najvišjo napajalno napetost 3,6 V, medtem ko LCD zaslon in pisakač zahtevata 5 V, tako da vezje napajamo s 5 V, v vezju imamo napetostni regulator navzdol na 3,3 V, 150 mA izveden z linearnim regulatorjem (ADP121) [2], ki napaja ADXL312, mikrokontroler in pomnilnik E2.

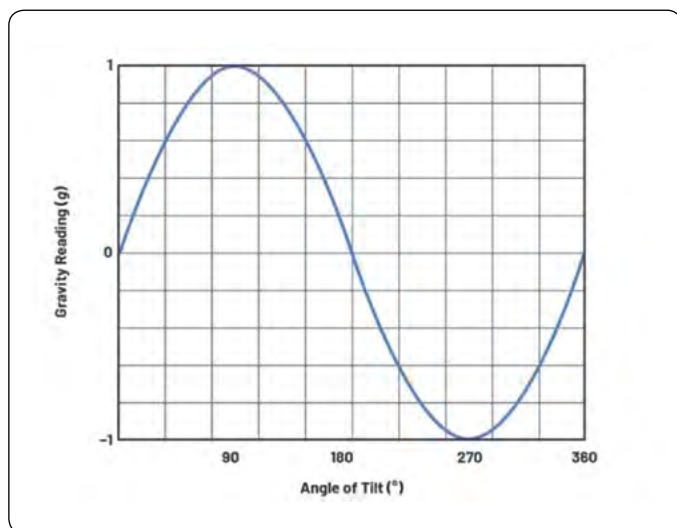
Vrata B, Pin 2 (pin CAL) na mikrokontrolerju so z 10 kΩ uporom vezana na napajalno napetost. Vezje vsebuje tudi mostiček, ki omogoča priklop na ozemljitev. Ob zagonu mikrokontroler preverja stanje CAL priključka in če je ta priključen potegnjen

na nizek nivo z jumperjem, prebere registre x, y in z, odšteje te odčitke od nič, nato pa rezultat naloži v notranje registre odmika. ADXL312 in jih shrani v zunanji pomnilnik E2, 25AA040. ADXL312 samodejno doda odčitke iz registrov odmikov k vsaki prihodnji meritvi brez interakcije s procesorjem in tako odstrani umerjene odmike.

Če je mostiček odstranjen, je CAL potegnjjen na visoko in rutina



Slika 3: Celotna shema vodne tehnice za slabovidne.



Slika 4: Prikaz sinusne spremembe sile g glede na kot.

kalibracije se obide. Odčitki odmika se berejo neposredno iz pomnilnika E2 in naložijo v registre odmika ADXL312. Tako lahko med proizvodnjo vodno tehniko vgradite v kalibrirni vložek s CAL priključkom vezanim na nizek nivo, napravo lahko kalibrirate in vrednosti odmika shranite v pomnilnik E2. Po kalibraciji se jumper odstrani in ob naslednjih vklopih se pomnilnik E2 izprazni in kalibrirani odčitki odmika se naložijo v registre odmika ADXL312.

Programska oprema nato izvede osem odčitkov vsake osi, rezultati pa se povprečijo in nato prikažejo na 16-mestnem LCD zaslonu. Zaslona se posodablja vsakih 100 ms.

Slika 4 kaže, da je največja občutljivost dosežena, ko je vsak senzor blizu svojega ničelnega odčitka. Tu je naklon sinusnega vala najbolj strm, kar omogoča največjo spremembo odčitka gravitacije za kakršno koli spremembo nagiba.

Na srečo mora vodna tehnika meriti nagib le, ko je vsak senzor popolnoma vodoravno in je odčitek senzorja blizu nič.

Programska oprema je bila napisana tako, da omogoča istočasno kalibracijo osi x in z. Del je enostavno treba postaviti na vodoravno ploščad in kalibrirati os x senzorja nagiba. Vendar pa bo na tej točki na os z delovala sila 1 g, zato je treba odčitati z, primerjati s številom celotne skale pri 1 g in vsako napako naložiti v register odmika. Natančnejšo kalibracijo vsake osi senzorja nagiba je mogoče doseči s kalibriranjem v vodoravni in navpični ravnini, vendar to zahteva 2-stopenjsko kalibracijo in spremembo programske opreme.

Tabela 1 prikazuje primer dveh komplementarnih podatkov. Pozitivna števila sledijo običajnemu binarnemu zapisu. Negativna števila uporabljajo najpomembnejši bit (MSB) kot predznak; tako imajo pozitivna števila MSB enak nič, negativna števila pa MSB enak 1.

Dopolnitev dveh pozitivnih števil je mogoče najti tako, da invertiramo vse bite in nato dodamo 1. Tako se koda spremeni iz 00 0000 0000 v 11 1111 1111, ko preide iz štetja nič na število -1.

Decimal	Binary
+511	01 1111 1111
+1	00 0000 0001
0	00 0000 0000
-1	11 1111 1111
-511	10 0000 0001

Tabela 1: Primer podatkov o komplementu števila dve

Programska oprema prebere registra x in z in, če je vrednost katerega koli registra 0 ali 1023 (11 1111 1111), postavi vrata B, bit 5 visoko, ki vklopi tranzistor Q1 in vklopi 5 V piskač. Ko je senzor nagiba popolnoma vodoravno, ima os x odčitek 0 ali 1023 in ko je popolnoma navpična, ima os z odčitek 0 ali 1023. Samo če oba registra nista enaka 0 ali 1023, piskač preneha piskati.

Natančnost in nadaljnji razvoj

Če upoštevamo samo eno os, je največja vrednost 1 g dosežena, ko gravitacija deluje vzdolž te osi, in ta odčitek se zmanjša na 0 g, ko se del nagne za 90°, kot je prikazano na sliki 5.

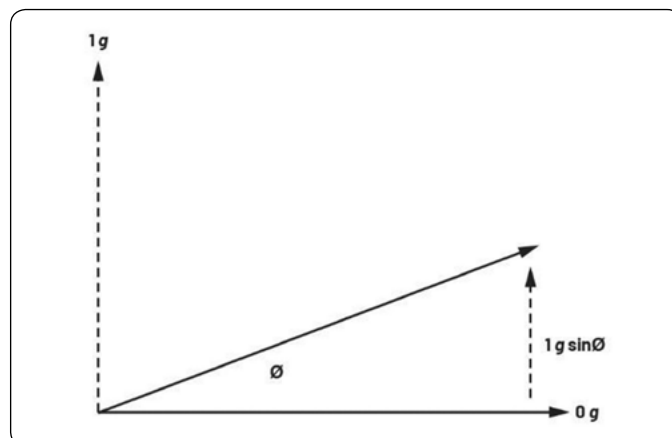
Tako je gravitacijska sila zapisana z enačbo:

$$F = 1g \sin \varnothing \quad (1)$$

kjer je $\varnothing$ kot nagiba, merjen glede na horizontalo. Če lahko del meri z ločljivostjo 2,9 mg, potem je lahko resolucija kota 0,17°.

Težko je določiti točnost standardne tehnice, saj je natančen položaj mehurčka težko določiti. Vendar pa se iz poskusov lahko konec 1,2 m vodne tehnice premakne za približno 3,2 mm (širina dveh nesestavljenih TIV-ov!), preden se mehurček izkaže izven središča. To je enako kotu približno 0,15°, kar pomeni, da lahko mehurčasto tehniko zamenjamo z elektronskim senzorjem nagiba z majhno izgubo ločljivosti.

Če je potrebna večja natančnost, ADXL313 [3] ponuja 11-bitno ločljivost na lestvici 1 g. Nabor vmesnikov in registrov je zelo



Slika 5: Izračun kota nagiba z uporabo gravitacijskega odčitka.

podoben tistemu v ADXL312, zato programska oprema ne zahteva veliko spreminjanja. ADXL355 [4] ponuja bistveno nižji šum in višjo ločljivost.

ADXL312 ima gostoto šuma $340 \mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ in nižja kot je pasovna širina, nižji je šum. Pasovno širino dela je mogoče programirati (od 3,125 Hz do 1600 Hz s privzeto nastavljeno na 50 Hz). Čeprav zmanjšanje pasovne širine izboljša šum, bo to zmanjšalo tudi hitrost posodabljanja zaslona. Za to zasnovo je bila pasovna širina nastavljena na 6,25 Hz, kar pomeni rms šum 850 μg . Šum lahko zmanjšate tudi tako, da naredite veliko več odčitkov in jih povprečite.

Nadaljnja izboljšava bi bila odčitavanje na LCD-prikazovalniku, ki prikazuje stopinje. Vendar to zahteva uporabo matematičnih funkcij v knjižnici C, če naj bodo sinusi in kosinusi vključeni v programsko opremo. Te funkcije zasedajo preveč programskega prostora za mikrokontroler nižjega cenovnega razreda. Tesen približek sinusni funkciji je mogoče doseči z uporabo Taylorjeve vrste, kar bi moralo zasedati bistveno manj kodnega prostora.

Zaključek

ADXL312 ponuja poceni elektronski sistem za merjenje nagiba, ki ga je enostavno povezati z mikrokontrolerjem nižjega cenovnega razreda. Prej opisana zasnova je dokazala,

da lahko tekmuje z natančnostjo običajnih vodnih tehtnic, vendar z elektronskim vmesnikom. To omogoča uporabo kot podsistem v večjih sistemih, ki morajo meriti naklon, kot so sistemi za izravnavanje prikolice, sistemi za nadzor stabilnosti in droni. Še pomembnejše je, da se lahko uporablja za povečanje neodvisnosti slabovidnih, in to besedilo prikazuje celotno zasnovo na sistemski ravni, vključno s strojno opremo, programsko opremo in stalnim pomnilnikom, pa tudi z avdio in vizualnim izhodom.

O avtorju

Simon Bramble je leta 1991 diplomiral na univerzi Brunel v Londonu z diplomo iz elektrotehnike in elektronike, specializiral za analogno in močnostno elektroniko. Svojo kariero je preživel v analogni elektroniki in delal pri Linear Technology (danes del Analog Devices). Dosegljiv je na simon.bramble@analog.com.

Viri:

- <https://www.analog.com/en/products/adxl312.html>
- <https://www.analog.com/en/products/adp121.html#product-overview>
- <https://www.analog.com/en/products/adxl313.html>
- <https://www.analog.com/en/products/adxl355.html>

<https://www.analog.com>




Tehniška založba Slovenije
www.tzs.si
narocila@tzs.si
MODRA ŠTETILKA
(080 17 90)

-19 %

GRADBENIŠKI PRIROČNIK
Peta, dopolnjena izdaja

Tehniška založba Slovenije

REDNA CENA: 49,99 €

• STROKOVNI PRIROČNIKI •

PRIMERENI ZA DIJAKE, ŠTUDENTE IN TISTE, KI BI RADI NADGRADILI SVOJE ZNANJE!

**ostale priročnike
in knjige si ogledajte
v spletni knjigarni**
WWW.TZS.SI



REDNA CENA: 21,99 €

POSEBNA PONUDBA
za bralce revije
 15% POPUST S KODO:

tzs15

Kodo za popust vnesite v zadnjem koraku potrditve naročila na spletni strani www.tzs.si. Kodo bomo upoštevali in od redne cene odšteli 15 % popust!



REDNA CENA: 84,99 €



REDNA CENA: 49,99 €

MCU v majhnem ohišju z analognim delom prihrani prostor baterijsko napajanih aplikacijah

Microchip Technology Inc.

Avtor: Stian Sogstad

Razvoj aplikacij, kot so varnostni sistemi in brezžične medicinske nadzorne naprave, je odvisen od več dejavnikov, ki zagotavljajo uspešno zasnovo, vendar sta lahko kompleksnost načrtovanja in energetska učinkovitost med najpomembnejšimi, ko gre za baterijsko napajane in povezane aplikacije.

To je zato, ker daljša kot je življenjska doba baterije za končno uporabo, nižja mora biti povprečna poraba energije.

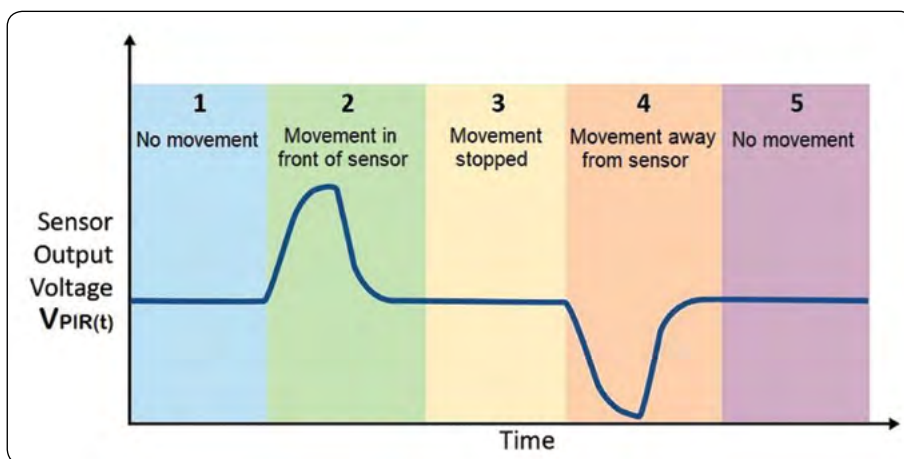
Da bi bolje izpolnili zahteve po energiji za te aplikacije, hkrati pa omogočili zanesljive in dolgotrajne zasnove, bi morali razvijalci najprej razmisliti o majhnih in energetsko učinkovitih mikrokontrolerjih (MCU) s pametnimi, izpopolnjenimi vgrajenimi funkcijami in funkcionalnostmi. Takšni MCU-ji so sposobni obvladati večino nalog, ki jih zahteva aplikacija, kar zmanjšuje potrebo po zunanjih pasivnih komponentah v zasnovi senzorskega vozlišča, hkrati pa prinaša nizko porabo in vgrajene funkcije za dodatno prilagodljivost in preprostost.

Na primer, pri načrtovanju baterijsko napajanih senzorskih vozlišč za aplikacijo, kot je domači varnostni sistem, je pasivni infrardeči (PIR) detektor gibanja pogosto nameščen znotraj in zunaj stanovanja. PIR senzor zazna spremembe v količini infrardečega sevanja, ki ga "vidij" senzorski element, in se razlikuje glede na temperaturo in značilnosti površine predmeta pred senzorjem.

Ko oseba prehaja med senzorjem in ozadjem, senzor zazna spremembo temperature okolja, ki se je spremenila v temperaturo telesa in nazaj v temperaturo okolja. Nastalo spremembo vhodnega infrardečega sevanja pretvori v spremembo izhodne napetosti ($V_{PIR}(t)$). Drugi predmeti z enako temperaturo kot ozadje, vendar z različnimi značilnostmi površine, bodo prav tako povzročili, da senzor zazna drugačen vzorec emisij, kot je prikazano na sliki 1.

Raven izhodnega signala iz PIR senzorja je običajno zelo nizka in je manjša od 1 mV. Da bi zaznali gibanje in preprečili napačno zaznavanje, je treba analogni signal ojačiti, preden ga vzorči analogno-digitalni pretvornik (ADC).

V tipičnih PIR rešitvah je to doseženo z uporabo večjim številom stopenj operacijskega ojačevalnika z visokim ojačenjem, kar posledično poveča kompleksnost zasnove, število komponent, energijsko učinkovitost, stroške in drugo. Nadaljujte z



Slika 1: Princip zaznavanja gibanja s pomočjo PIR senzorja

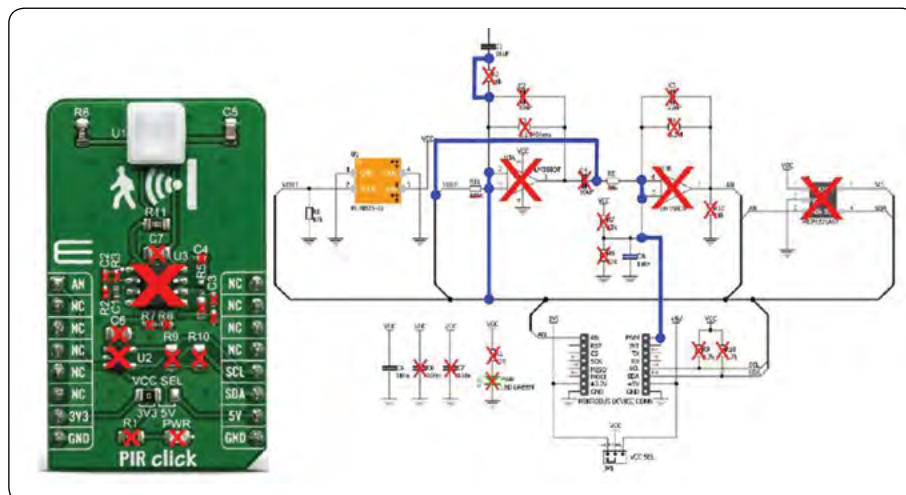
branjem, če želite izvedeti, kako lahko majhen in energetsko učinkovit MCU pomaga zmanjšati te učinke.

Kompleksnost razvoja

Utemeljitev zasnove vozlišča PIR senzorja na majhnem MCU-ju s primernim naborom funkcij, kot je 12-bitni diferencialni ADC s programirljivim ojačevalnikom ojačenja (PGA), zmanjša potrebo po zunanjih komponentah, prostoru na plošči in strošku uporabljenega materiala (BoM). Razmislite o PIR Click senzorju podjetja MicroE. To je tiskano vezje (TIV) z vsemi pasivnimi komponentami za izdelavo delujočega vozlišča PIR senzorja.

Click plošča temelji na rešitvi operacijskega ojačevalnika, vključno z ADC-ji, upori in kondenzatorji, in je narejena tako, da deluje takoj, kar je idealno za enostavno izdelavo prototipov in razvoj. Tipična nastavitve za enostavno izdelavo prototipov je lahko uporaba plošče PIR click v kombinaciji z Microchip Curiosity Nano Base za Click boards™ [1] in razvojnim kompletom Curiosity Nano [2].

Rešitvi vozlišča PIR senzorja lahko koristi uporaba MCU, kot je ATtiny1627 Microchip Technology, ki ima 12-bitni diferencialni ADC in PGA. Število zunanjih komponent je mogoče znatno zmanjšati z odpravo potrebe po zunanjem operacijskem ojačevalniku za ojačenje signala. To in pa zunanji ADC, omogočata odstranitev večjega števila drugih pasivnih komponent, kot so upori in kondenzatorji.



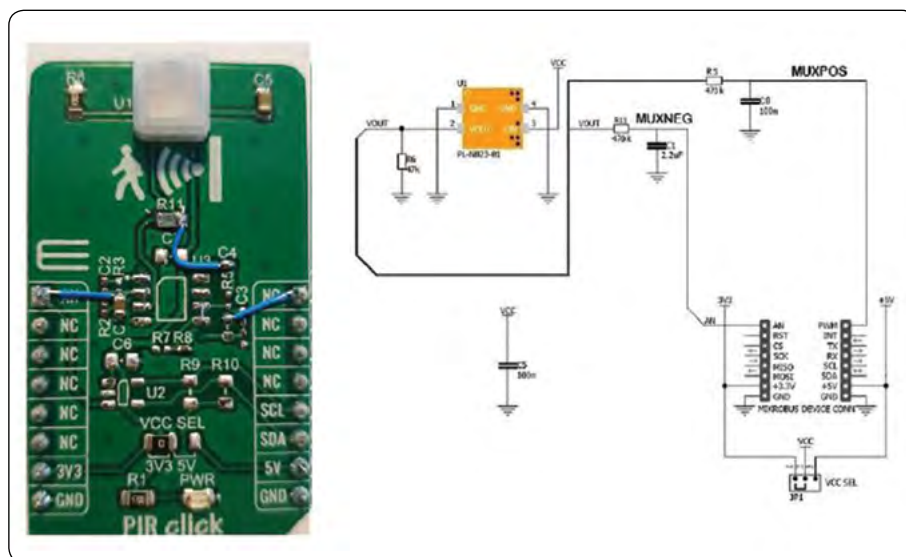
Slika 2: Primeri sprememb PIR click in shema

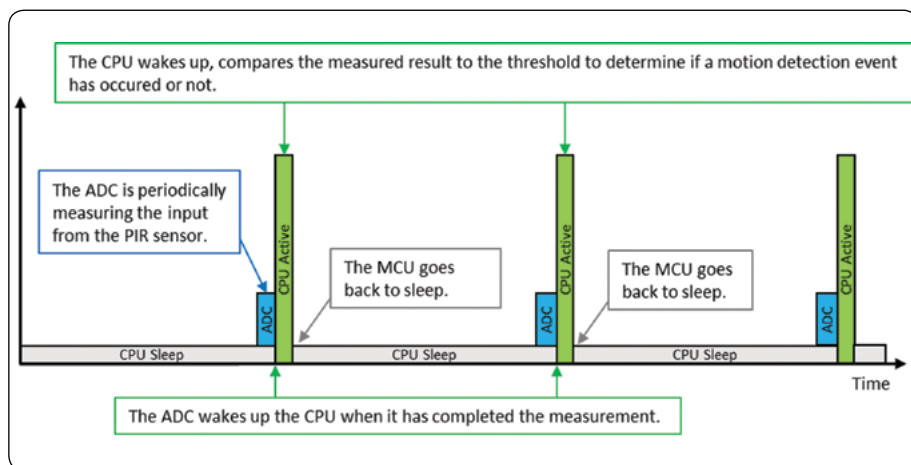
Torej, z uporabo takega MCU-ja, je lahko postavitve TIV PIR click znatno manjša. Slika 2 prikazuje, kako je mogoče odstraniti komponente (X) in kako je mogoče vzpostaviti nove povezave (modre črte).

Opomba: V tem primeru je PIR click uporabljen kot osnova za modifikacije, ker je bilo bolj priročno kot načrtovati nov TIV in pridobiti zahtevane komponente. Ta spremenjena rešitev ne tekmuje z namenom Click plošč.

S temi spremembami, ki izkoriščajo prednost vgrajenega 12-bitnega diferencialnega ADC-ja in PGA, slika 3 tudi ponazarja, kako malo zunanjih komponent je potrebnih, ko je izbran pravi MCU.

Z manjšim številom zunanjih komponent bosta zasnova strojne opreme in TIV-a pregledna in bolj kompaktna, saj je pri nameščanju zunanjih komponent manj pomislekov glede strojne opreme. Poleg tega sta lahko programska in ugnezdjena programska oprema bolj kompaktni in učinkoviti, saj se več nalog obravnava v MCU-ju. Upravljanje časa in sinhronizacije bosta tudi lažji.





Slika 4: Časovni diagram ugnježene programske opreme

spanja, tako da vsako vozlišče, ki ga napaja baterija, deluje dlje – brez menjave baterije.

Glejte sliko 4, če želite videti, kako CPU deluje, ko izkorišča prednosti načinov mirovanja in hitrega prebujanja. Poraba energije je odvisna od aplikacije in se bo razlikovala glede na konfiguracijo PIR senzorja, čas zajemanja vzorca in parametre filtriranja, kar bo vplivalo tudi na območje zaznavanja in/ali občutljivost. Razmislite o prilagoditvi teh parametrov, da dodatno zmanjšate porabo energije v časih, ko so zahteve aplikacije nižje.

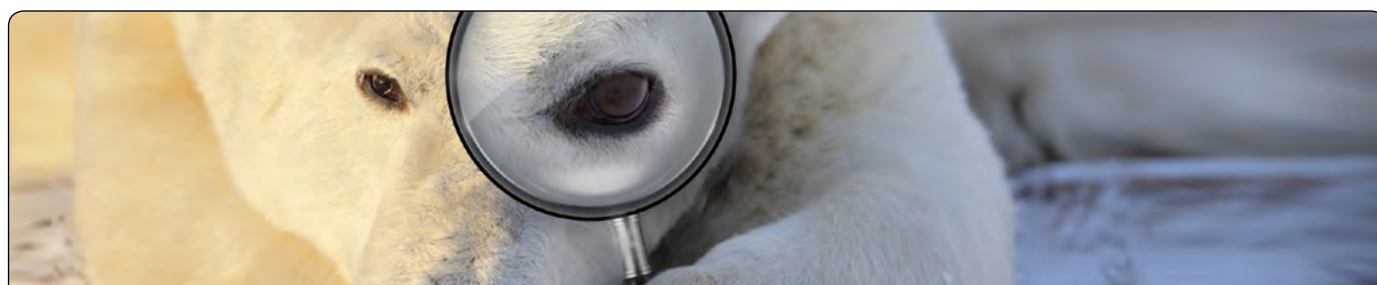
S ponudbo pametnih in sofisticiranih vgrajenih funkcij in funkcionalnosti, ki izboljšujejo trenutno porabo in energijsko učinkovitost, bodo majhni in zmogljivi MCU-ji, kot je ATtiny1627, podaljšali življenjsko dobo baterijskih in povezanih aplikacij, hkrati pa zmanjšali kompleksnost načrtovanja, skupne sistemske stroške in čas do trženja. Če želite izvedeti več o razvoju nizke porabe in stroškovno učinkovite aplikacije za zaznavanje gibanja PIR, se obrnite na www.microchip.com.

Viri:

- <https://www.microchip.com/en-us/development-tool/AC164162>
- <https://www.microchipdirect.com/dev-tools/DM080104>

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>



Novi PolarFire® FPGA-ji in SoC-ji nizke gostote

Polovica statične moči alternativ z najmanjšim termalnim odtisom

Računalniški sistemi na robu potrebujejo kompaktne programabilne naprave z nizko porabo energije in majhnim toplotnim odtisom za odpravo ventilatorjev in drugih odvajal toplote, hkrati pa zagotavlja robusten vir procesorske moči. Microchipovi PolarFire® FPGA in SoC so rešili ta izziv z zmanjšanjem porabe statične moči za 50%.

PolarFire FPGA in PolarFire SoC dodatki presegajo metrike zmogljivosti/moči katere koli alternativne FPGA ali SoC FPGA naprave z nizko gostoto na trgu s hitrimi FPGA jedri in zmogljivostmi obdelave signalov, najbolj zmogljivimi transiverji in edinim v industriji izboljšanim aplikacijskim razredom, ki temelji na RISC-V® arhitekturi in procesorskem kompleksu z 2 megabajtoma (MB) L2 predpomnilnika in pomnilniško podporo DDR4 (LPDDR4) z nizko porabo.

Premagajte izzive glede moči, velikosti sistema, stroškov in varnosti v različnih aplikacijah, vključno z aplikacijami pametnega ugnječene vida in toplotno omejene avtomobilске, industrijske avtomatizacije, komunikacijske, obrambne in IoT sisteme, kjer ni mogoče zmanjšati niti porabe niti zmogljivosti.



microchip.com/lowpowerFPGAs



Microchip ime in logo, Microchip logo in PolarFire sta registrirani blagovni znamki podjetja Microchip Technology Incorporated v ZDA in drugih državah. Vse ostale blagovne znamke so v lasti njihovih registriranih lastnikov.
© 2022 Microchip Technology Inc. Vse pravice pridržane.
MEC2406A-SLO-02-22

Ali so hibridni pretvorniki prihodnost za močnostne pretvornike s SiC MOSFET?

LIFE ENERGY MOTION

Pričakuje se, da se bodo trgi odprli za senzorje, ki lahko zagotovijo odzivne čase do 100 ns in z mejnimi frekvencami nad 1 MHz.

Veliko tega, kar mnogi operaterji v industrijskem svetu želijo doseči v smislu trajnosti in povečanja produktivnosti, se vrti okoli najučinkovitejših energetskih pretvornikov. Primeren za delo v najtežjih okoljih, vključno s širokim temperaturnim razponom, bo napajalni pretvornik prihodnosti moral biti visoko zmogljiv, a lahek, tih in sposoben visokofrekvenčnega delovanja. Nizka poraba energije bo bistvenega pomena.

Zahteva po visoki frekvenci in potreba po čim bolj kompaktni izvedbi pomenita, da morajo močnostni pretvorniki vključevati manjše pasivne komponente, če želimo izkoristiti prednosti zmanjšane velikosti in teže. Trend odmika od čistega silicija in vse pogostejše uporabe MOSFET-ov iz visokofrekvenčnega silicijevega karbida (SiC) v visokonapetostnih stikalnih močnostnih vezjih je omogočil zmanjšanje prostorskih zahtev, znižanje stroškov, povečanje učinkovitosti in izboljšanje zmogljivosti.

Zaradi svojih hitrejših stikalnih zmogljivosti lahko naprave, ki temeljijo na SiC, delujejo v pasovnih širinah, ki so višje od 100 kHz. To je privedlo do njihove uporabe v aplikacijah, kot so neprekinjeno napajanje (UPS), solarni pretvorniki, izmenični pretvorniki s spremenljivo hitrostjo in servo motorji, korekcija faktorja moči (PFC) in računalniško vodene varilnenaprave.

Vendar pa je vedno obstajal kompromis med zmogljivostjo in odzivnim časom in uporabniki v teh različnih tržnih sektorjih so se borili za rešitev, ki bi lahko zadovoljila njihove vse težje zahteve. Medtem ko so klasični pretvorniki z odprto zanko in različice z zaprto zanko zmožni frekvenčnega odziva do 300 kHz, na današnjem trgu ti še vedno ne zadostujejo za potrebe zaznavanja z visoko pasovno širino, ki so bile posledica uporabe bipolarnih tranzistorjev z izoliranimi vrati (IGBT) iz SiC.

Pasovna širina nad 1MHz

Na podjetje LEM, vodilno na trgu pri zagotavljanju inovativnih in visokokakovostnih rešitev za merjenje električnih parametrov, se je obrnila stranka iz sektorja varjenja, za katero so se obstoječi odzivni časi in frekvenčni odzivi na njihovih močnostnih pretvornikih izkazali za neustrezne. V tem ozadju je LEM razvil hibridni pretvornik, ki je več kot potrožil raven zmogljivosti katere koli podobne naprave na trgu.

Hibrid je mešanica ASIC (integrirano vezje, specifično za aplikacijo) in pretvornika, ki temelji na DC, s praktično zgolj induktivno tuljavo za pospešitev signala. Zahvaljujoč senzorski

tuljavi na LEM-ovem ASIC-u je pretvornik sposoben reagirati kot tokovni transformator. Medtem ko obstoječi AC pretvorniki, ki temeljijo na zgolj induktivni tuljavi, lahko dosežejo višje ravni, do zdaj ni bilo DC pretvornika, ki bi imel tehnologijo odprte zanke in senzorsko tuljavo, ki bi lahko delovala pri pasovnih širinah nad 1 MHz.

Rešitev podjetja LEM – družina HOB, ki je sestavljena iz približno 20 tokovnih senzorjev z nizko porabo energije, ki so sposobni meriti enosmerni, izmenični ali impulzni tok do 250 A – je bila razvita za doseganje ciljev zaznavanja z visoko pasovno širino pri uporabi hitrihstikalnih SiC MOSFET-ov v visokonapetostnih impulznih močnostnih vezjih, kjer so hitri in prilagodljivi visokonapetostni impulzi nujni. Stranka je posebej želela rešitev vrhunske zmogljivosti, ki zagotavlja hitre odzivne čase in razširjeno pasovno širino, vse v manjšem ohišju.

Popolnoma drugačna polprevodniška tehnologija

Medtem ko bi senzor z zaprto zanko običajno predstavljal drago cenovno možnost za kateri koli sektor, ki želi doseči te cilje, LEM pričakuje, da bo njegov hibridni pretvornik hitro postal privlačen za vrsto trgov, ki želijo sprejeti kakršne koli stikalne





pretvornike, ki temeljijo na SiC in GaN (galijev nitrid) napajalnih modulih s široko pasovno vrzeljo (WBG). Rastoči trend pretvornikov stikalnega načina je posledica potrebe po čim manjših napravah in opremi ter po doseganju vrhunskih razmerij moč/teža.

Zahvaljujoč temu, kar LEM imenuje "popolnoma drugačna polprevodniška tehnologija", zelo hitri SiC ali GaN tranzistorji ne zagotavljajo le hitrejšega preklopnega časa, temveč nudijo tudi višje frekvenčne zmogljivosti in višjo odpornost na napetost. Podjetje pričakuje, da bo ta tranzistorska tehnologija postala norma v samo petih letih.

Veliko pomembnejši od frekvenčne pasovne širine v HOB družini pa je odzivni čas – čas med primarnim tokom in izhodom na pretvorniku. To je bil ključni dejavnik za stranko podjetja LEM, ki se je zavedala, da morajo tranzistorji, ki preklaplajo vedno hitreje, imeti tokovni pretvornik, ki lahko čim bolj natančno sledi di/dt (hitrosti spremembe toka).

Odziv le 100ns

Medtem ko je di/dt lahko s to tehnologijo dosegel celo 500 A na mikrosekundo (morda celo 1 kA/us), je bil odzivni čas na drugih pretvornikih tradicionalno približno 1,5 mikrosekunde. Za svojo stranko se je LEM zavezal, da bo zagotovil zajamčeno stopnjo odziva v 200 nanosekundah. Ta cilj ni bil le dosežen, ampak je bil tudi presežen, saj sta novi HOB in njegova senzorska tuljava ponujala 150 ns odzivnega časa (10-krat hitreje kot karkoli drugega na trgu). V nekaterih primerih je bila stopnja odziva le 100 ns.

Modeli v HOB družini ponujajo nazivne tokove 50A, 75A, 100A in 130A, s tokovi pri največji moči (I_{pm}) 2,5-krat večji od nazivnih vrednosti. Posebni (SP) modeli v seriji so izdelani po meri, da ustrezajo individualnim uporabniškim specifikacijam,

vendar imajo vsi mejno frekvenco (pri -3dB) nad 1MHz. Standardna HOB družina pretvornikov ima napajalnik 5 V (z referenčno napetostjo 2,5), drugi modeli pa imajo napajalnike 3,3 V, 3,4 V in 3,5 V. Vsi so sposobni delovati pri temperaturah od -40°C do +105°C.

Med drugimi značilnostmi, ki postavljajo HOB senzor pred konkurente, so galvansko ločevanje med primarnim in sekundarnim krogom, integrirana zbiralka in inovativen dizajn, THT tehnologija montaža naTIVpa omogoča prihranek prostora.

Prihodnost hibridne tehnologije

Hibridni pretvornik, z enakim odtisom kot prejšnji pretvorniki na trgu, temelji na tehnologiji, ki jo je LEM v preteklosti uspešno zagotovil za avtomobilski sektor. Vendar pa LEM zaradi izboljšane kompaktnosti in vrhunske zmogljivosti pričakuje, da se bo tehnologija razširila na druga področja, ko se bodo stroški proizvodnje tranzistorjev zmanjšali in se bosta avtomatizacija ter obseg povečala.

Pričakuje se, da bo prihodnost te nove hibridne tehnologije zagotovljena, ko se bo trg povečal za aplikacije z zelo nizkimi stroški, odličnimi zmogljivostmi in visokim odzivnim časom. Nekatere izjemno zahtevne aplikacije, ki so kot nalašč za LEM –ovo novo HOB enoto, vključujejo ročne plazma rezalnike, varilnike in DC-DC pretvornike, pa tudi prej omenjeni trg UPS naprav, stikalnih napajalnikov, AC in servo motornih pogonov, ter statičnih pretvornikov za enosmerne motorne pogone.

LEM že prejema zahteve strank za pretvornik, nameščen na TIV, ki ponuja nazivne tokove 300 A, 600 A in več. Čeprav je težko natančno ugotoviti, kako hitro se bo povpraševanje premaknilo, se je LEM postavil v položaj, ko je zdaj pripravljen ponuditi proizvode z odprto zanko z večobmočnim tokovnim senzorjem, ki združuje odzivne čase brez primere in frekvenčno pasovno širino za veliko število trgov. Vse to z zanesljivostjo, nizko porabo energije, nizkim šumom in izboljšano odpornostjo na težave z dv/dt (pospeševanjem), ki jim lahko imajo SiC napajalni moduli.

LEM – Life Energy Motion

Podjetje LEM je vodilno na področju električnih meritev. LEM razvija najboljše rešitve za energijo in mobilnost ter zagotavlja, da so sistemi njihovih strank optimizirani, zanesljivi in varni. S 1500 zaposlenimi v več kot 15 državah, ki spreminjajo tehnološki potencial v močne odgovore, LEM razvija in zaposluje najboljše globalne talente, ki so v ospredju mega trendov, kot so obnovljivi viri energije, mobilnost, avtomatizacija in digitalizacija.

S svojimi inovativnimi električnimi rešitvami LEM pomaga strankam in družbi pospešiti prehod v trajnostno prihodnost. Od leta 1986 kotira na SIX Swiss Exchange, simbol podjetja je LEHN.

<https://www.lem.com>



AIoT – umetna inteligenca stvari

Rutronik GmbH
Avtor: Julian Eise

Internet stvari (IoT) pogosto razkrije svoj celotni potencial šele, ko imajo stvari določeno inteligenco – torej ko lahko analizirajo podatke, ki jih zberejo, in samodejno izvajajo dejanja. Zlasti na področju okolja in zdravja je to lahko koristna podpora ljudem, na primer z elektronskim nosom.

Elektronski nos

Večina Evropejcev in Severnoameričanov večino časa preživi v zaprtih prostorih. Kakovost zraka v zaprtih prostorih močno vpliva na naše počutje: Slabša ko je, močneje vpliva na našo sposobnost presoje in koncentracije. Dolgoročno lahko to vpliva tudi na vaše zdravje. Kitajska vlada zato spodbuja podjetja, ki razvijajo izdelke za izboljšanje kakovosti zraka. Toda kaj sploh pomeni »slab zrak«?

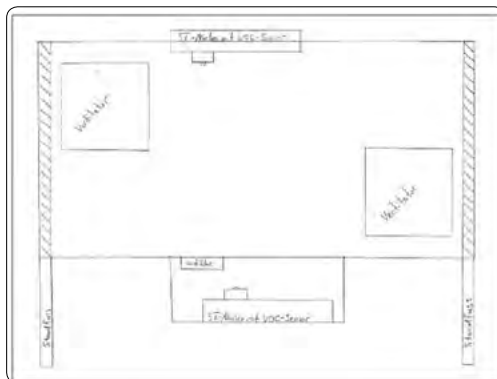
Za kakovost zraka so odločilne hlapne organske spojine (angl. Volatile Organic Compounds, VOC). Že pri sobni temperaturi postanejo plinaste in so nato prisotne v zraku kot najmanjši delci. Prihajajo iz gradbenih materialov, umetnih mas in topil, oddajajo pa jih tudi mikroorganizmi, ljudje ter živali. Zaznamo jih lahko z ustreznimi tipali. Ti vsebujejo substrat, na katerem se nabirajo VOC in reagirajo z zrakom. S tem se spremeni upornost tipala. Tipala podajajo vsebnost VOC v ppm (milijoninke).

Za odpravo velikih vrednosti VOC je pogosto koristno vedeti, od kod prihajajo delci. Tukaj vam bomo na primeru VOC iz parfuma, alkohola in kisa pokazali, kako algoritmi za podatkovno rudarjenje razvrščajo različne VOC ter jih določijo posameznim snovem. To so idealne snovi za naš namen, saj gre za običajne gospodinske snovi, katerih VOC so lahko v visokih koncentracijah škodljivi za ljudi in jih zlahka zaznamo s tipali VOC.

Kako pridobimo referenčne podatke za algoritem za podatkovno rudarjenje

Osnova za analizo so meritve. Z njimi dobimo referenčne podatke, potrebne za razvoj algoritma za podatkovno rudarjenje. V ta namen se poleg tipala VOC uporablja tudi tipalo temperature in vlažnosti, saj obe vrednosti vplivata na obnašanje VOC.

Z združevanjem tipal, kar pomeni kombiniranje različnih izmerjenih vrednosti v eno vrednost, smo ustvarili nabor podatkov, ki ga je mogoče analizirati. Združevanje tipal poleg tega zmanjšuje vpliv motenj med meritvami in tako zagotavlja robustnejši celoten sistem ter zanesljivejšo



zaznavanje posameznih elementov. To je še zlasti pomembno pri meritvah VOC, saj lahko že majhna odstopanja močno popačijo rezultat meritve. Poleg tega je bilo treba upoštevati tudi dejavnike, ki vplivajo na tipala, na primer dolgoročno leženje ali točnost signala.

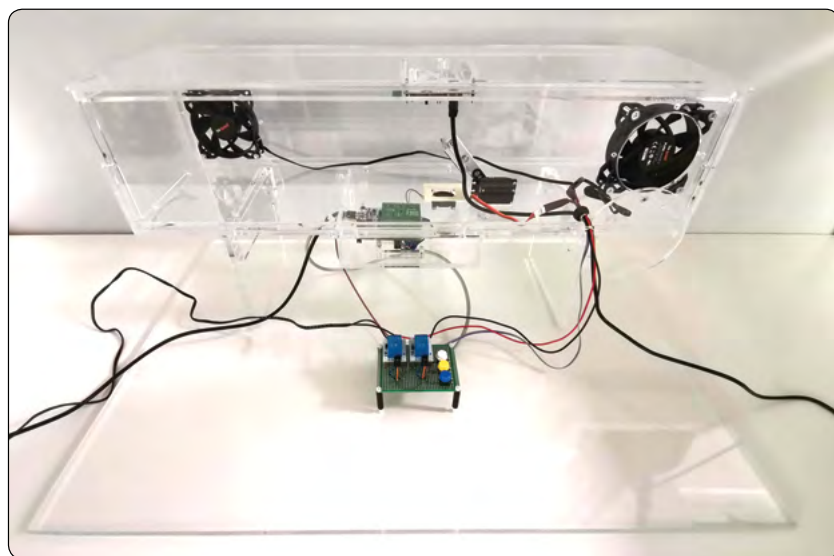
Serije meritev so bile izvedene s sistemom, ki poustvarja naravno okolje s snovmi VOC (slika 1).

Pod zaprtim prostorom je majhna komora. V to komoro smo postavili posodo s parfomom, alkoholom ali kisom. Med meritvami je bila komora na vrhu odprta, da so lahko hlapne organske spojine ušle v večji prostor. Majhen ventilator v komori je bil namenjen povečanju pretoka snovi VOC. Ventilatorji v večjem prostoru so poskrbeli, da so snovi VOC pri čiščenju med dvema meritvama hitreje izhlapevale.

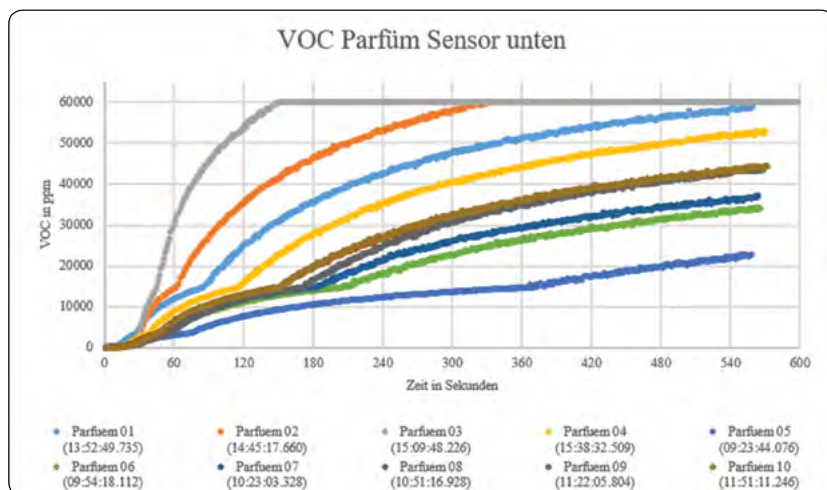
Tako komora kot večji prostor sta vsebovala razvojno ploščo, na katero je bila nameščena plošča s tipali za VOC s ploščo Environmental Sensor Shield iz podjetja Sensirion. Ta združuje tipalo SGP30 za zaznavanje VOC in CO2 s tipalom SHTC za merjenje vlažnosti ter temperature.

Vohanje vsako sekundo

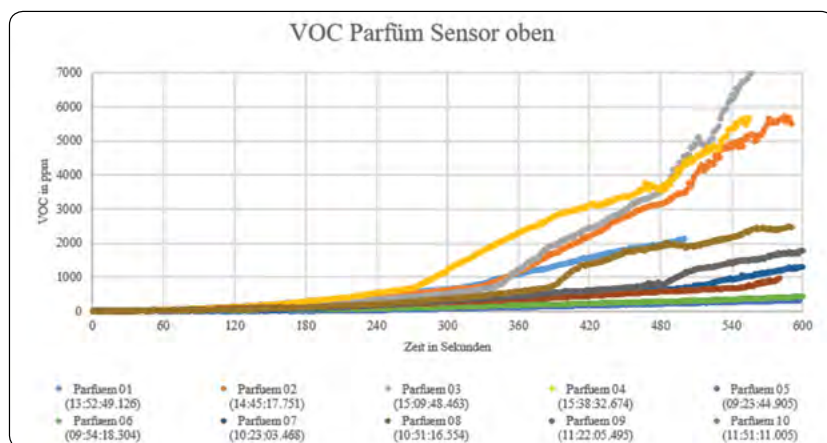
Med meritvami je bila vsako sekundo programsko določena



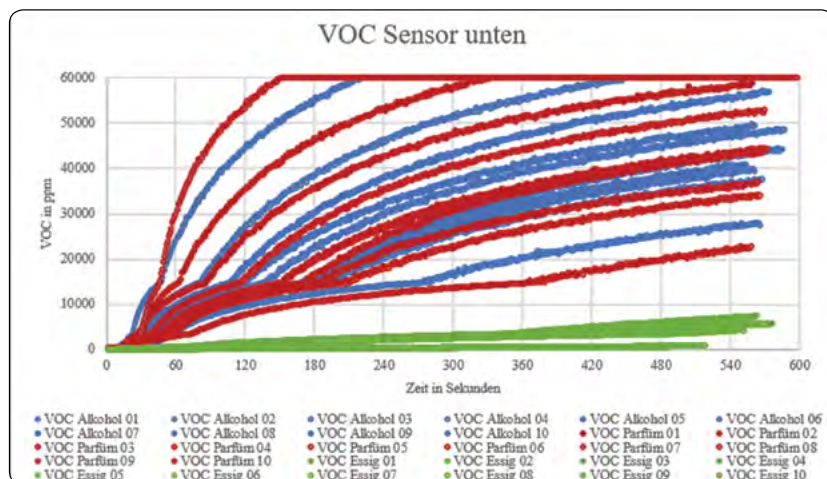
Slika 1: Merilni sistem za določanje referenčnih podatkov je podoben naravnemu okolju, v katerem se pojavljajo snovi VOC. (Vir: Rutronik/Eise)



Slika 2: Snovi VOC iz parfuma so pri desetih meritvah v majhni komori merilnega sistema pokazale različno obnašanje. (Vir: Rutronik)



Slika 3: Potek koncentracije VOC za parfum pri desetih meritvah v večjem prostoru merilnega sistema. (Vir: Rutronik)



Slika 4: Koncentracija VOC pri parfumu (rdeča), alkoholu (modra) in kis (zelena) v majhni komori. (Vir: Rutronik)

izmerjena vrednost s časovno oznako. Za zagotovitev zanesljivosti meritev smo vsako meritev s snovjo ponovili desetkrat. Kot primer kažemo meritve s parfomom. Vrednosti iz majhne komore (slika 2) niso kazale enotnih rezultatov: 550

sekund po začetku meritve je bila koncentracija VOC med 22.000 in 60.000 ppm, pri čemer je 60.000 ppm največja vrednost, ki jo tipalo še lahko zazna. Korelacijsko preverjanje je pokazalo, da so bile največje vrednosti izmerjene pri najvišjih temperaturah.

Meritve v večjem prostoru (slika 3) so pokazale skoraj nasprotno sliko: Polovica krivulj kaže počasno naraščanje skozi deset minut meritve, le dve sta naraščali hitro in dosegli raven VOC nad 2500 ppm. Dve drugi sta bili ves čas enaki linearni z maksimumom približno 600 ppm. Največja vrednost vseh meritev s tem tipalom je znašala 7600 ppm. Tudi tu so najvišje koncentracije VOC sovpadale z najvišjimi temperaturami. Poleg tega so meritve z velikimi vrednostmi vlažnosti pokazale hitrejše naraščanje vrednosti VOC.

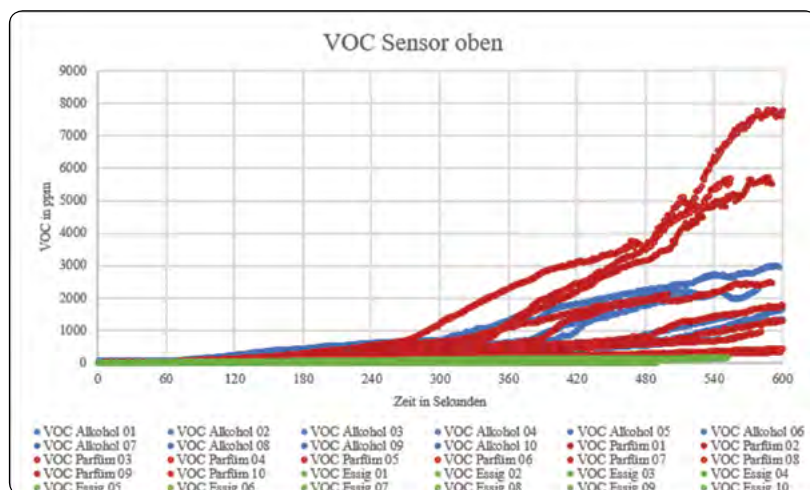
Tipičen parfum, tipičen kis?

Ko smo meritve opravili tudi z alkoholom in kisom, smo lahko primerjali rezultate. Na prvi pogled so vrednosti VOC za alkohol (slika 4, modre krivulje) in parfum (slika 4, rdeče krivulje) podobne. Razlog za to je, da parfum vsebuje približno 80 % alkohola. Pri kisju je bistveno drugače: Te snovi VOC izhlapevajo veliko počasneje kot iz drugih dveh snovi. To je bil zaključek meritev v komori: Fizično razlikovanje je mogoče le med kisom in parfomom ter alkoholom, ne pa med parfomom in alkoholom.

Drugače je bilo pri meritvah v večjem prostoru (slika 5): Tukaj so se pokazale tudi razlike med parfomom in alkoholom: VOC iz parfuma so hlapele hitreje iz alkohola. Tudi tu kis jasno odstopa od ostalih dveh snovi.

Algoritem za rudarjenje podatkov se nauči vohati

Tako smo dobili podlago za algoritem za podatkovno rudarjenje. Prvi korak algoritma je analiza glavnih sestavin (angl. Principal Component Analysis, PCA). S tem lahko obsežne podatkovne nize poenostavimo in ponazorimo. Pri eksperimentu z elektronskim nosom to pomeni: Iz podatkov smo ustvarili tri barvne oblake, ki grafično predstavljajo parfum, alkohol in kis ter jih tako nedvoumno ločijo (slika 6). Edina izjema: Odčitek parfuma 01 se obnaša podobno kot odčitek alkohola in je zato v modrem oblaku, ki predstavlja alkohol. Takšna odstopanja lahko uporabimo za učenje sistema in izboljšanje ločevanja.



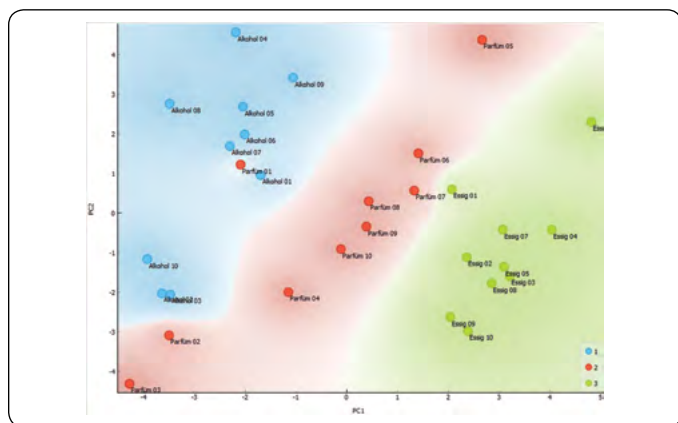
Slika 5: Koncentracija VOC pri parfumu (rdeča), alkoholu (modra) in kis (zelena) v velikem prostoru. (Vir: Rutronik)

V drugem koraku smo zasnovali algoritem za rudarjenje podatkov. Za to smo uporabili orodje Orange3, ki omogoča tri metode: logistično regresijo, nevronske mreže in odločitveno drevo. Da bi dosegli najboljše rezultate, smo preizkusili vse tri in primerjali njihove rezultate. Po podatkih iz orodja Orange3 smo najtočnejše rezultate dobili z nevronskimi mrežami, ki so dosegle točnost 98,1 %. Za primerjavo: Logistična regresija je dosegla točnost le 74,9 %.

Označene referenčne podatke, torej podatke z oznakami »parfum«, »alkohol« ali »kis«, smo nato po PCA za učenje uvozili v nevronske mreže. Po tem smo iz nekaterih referenčnih podatkov odstranili oznake in jih znova vnesli v nevronske mreže. Zdaj so se neoznačeni podatki prvič srečali z referenčnimi podatki algoritma. Šli so skozi isti postopek kot referenčni podatki, algoritem pa jih je moral pravilno dodeliti eni od treh snovi. Rezultati se vedno znova vključujejo v izračune, tako da se klasifikacija nenehno izboljšuje.

Preizkus vohanja je uspel

Zadnji korak rudarjenja podatkov je interpretacija in vrednotenje ugotovitev. To naredimo s preverjanjem točnosti izmerjenih ravni VOC in ponovitvijo meritev, da preverimo ocene algoritma.

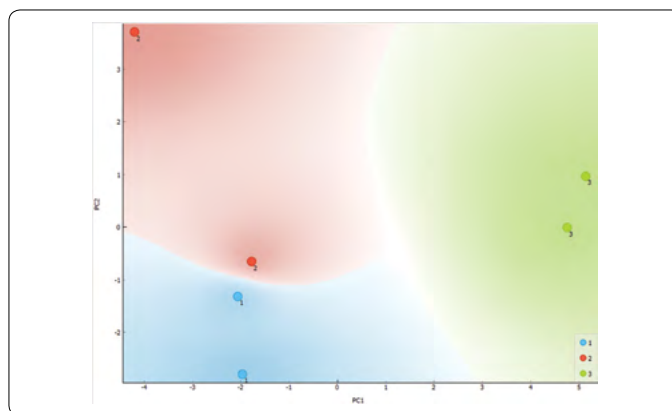


Slika 6: Vsaka spojina (parfum, alkohol in kis) je v analizi glavnih sestavin (PCA) predstavljena kot barvni oblak. (Vir: Rutronik)

V ta namen smo izvedli nove meritve s parfumi, alkoholom in kisom. Kot kaže slika 7, je poskus uspel: Algoritem lahko matematično razlikuje parfum, alkohol in kis, s čimer prepozna spojine na podlagi meritev VOC.

Da lahko algoritem uporabljamo v aplikaciji, je nujno razumeti, kaj ločuje in zakaj. V ta namen je treba pridobljeno znanje utemeljiti in dokumentirati z referenčnimi podatki. Nato je mogoče določiti nadaljnje korake, na primer sprožitev opozorilnega signala, ko so zaznane velike vrednosti VOC za alkohol.

Če referenčnim podatkom dodajamo na novo zabeležene in razvrščene VOC, se natančnost algoritma postopoma povečuje. Večja podatkovna zbirka namreč omogoča boljše rezultate algoritma. Če



Slika 7: Preizkus je uspel: Algoritem je šest novih odčitkov pravilno dodelil eni od treh spojin. (Vir: Rutronik)

ga nato uporabimo v uporabniški aplikaciji, lahko shrani tudi na novo zaznane spojine, se uči z dodatnimi podatki in nato nove spojine tudi razvršča. Poleg tega so mogoče tudi napovedi, s katerimi lahko aplikacija z zelo malo izmerjenimi vrednostmi že napove vir.

Zaključek

Povsem fizično razlikovanje VOC za različne snovi ni izvedljivo na nedvoumen način. To je mogoče le z algoritmom za rudarjenje podatkov. Za to zadošča že relativno majhna količina referenčnih podatkov, vendar pa se s številom meritev povečujeta zanesljivost podatkov in natančnost razvrščanja.

In še nekaj: Razvoj tipala VOC je šele na začetku. Mnogi proizvajalci si trenutno prizadevajo za boljše razumevanje VOC. Z boljšim strokovnim znanjem bodo tipala zagotavljala boljše in zanesljivejše rezultate meritev.

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



Spremljanje in nadzor pretoka plina v industrijskih aplikacijah

Digi-Key Electronics

Avtor: Rolf Horn

Številni industrijski avtomatizirani (IA) in proizvodni obrati za različne procese in aplikacije pogosto zahtevajo uporabo plinov, kot so zrak, kisik, dušik, vodik, helij in argon. Te uporabe vključujejo čiščenje, rezanje, varjenje in kemično proizvodnjo.

V mnogih primerih precizna oprema in kemični procesi zahtevajo izjemno natančni nadzor plina, da bi se izognili okvaram opreme, ki jih je težko diagnosticirati, ali neuspešnim procesom. Poleg tega lahko prekomerni pretok plina povzroči izgubo učinkovitosti, skupaj z dodatnimi stroški, povezanimi z zamenjavo plinskega rezervoarja.

Natančen pretok plina, merjen v standardnih litrih na minuto (SLM), je zanimiva težava, saj na natančnost merjenja vplivajo tlak in temperatura ter natančnost senzorskega mehanizma. Standardni regulatorji masnega pretoka se običajno uporabljajo za nadzor pretoka plina, vendar lahko sčasoma izgubijo na natančnosti in zahtevajo občasno umerjanje, medtem ko so še v uporabi, kar poveča stroške med življenjsko dobo. Tehnološki napredek je privedel do uporabe mikrotermičnih meritev temperatur plina za določitev natančnega volumskega pretoka SLM.

Ta članek obravnava pomen industrijskih plinov in težave, ki so posledica nenatančnega nadzora pretoka plina. Nato si ogleda regulatorje masnega pretoka podjetja Sensirion [1] z napredno tehnologijo zaznavanja pretoka plina in razloži, kako jih nastaviti in učinkovito uporabiti za znižanje skupnih stroškov, hkrati pa izboljšati učinkovitost, zanesljivost in produktivnost.

Industrijski plini potrebujejo natančen nadzor

Industrijski objekti uporabljajo različne pline za različne namene glede na lastnosti posameznih plinov. Nekateri sistemi, kot so sistemi za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo (HVAC), lahko dopuščajo majhne napake pri nadzoru pretoka plina, vendar precizna oprema, kot so kemično napajanje (CVD), plinska in tekočinska kromatografija ter masna spektrometrija, zahtevajo izjemno natančni nadzor plinov, da bi se izognili okvaram opreme ali neuspešnim procesom. Te vrste okvar je težko diagnosticirati in lahko povzročijo dolgotrajne in drage izgube.

Vnetljivi plini, kot so vodik, aceten in butan, se mešajo s kisikom, da ustvarijo toploto, plamen ali nadzorovano eksplozijo. Pline je treba mešati skupaj v ustrezni koncentraciji za postopek. Tako kot v avtomobilskem motorju z notranjim zgorevanjem lahko mešanica vnetljivega plina, ki je preveč pusta ali prebogata, povzroči plamen neustrezne temperature, kar vodi do neučinkovitega ali neuspešnega procesa.

Stisnjeni plini, kot so kisik, dušikov oksid in zrak, se uporabljajo kot oksidanti in tudi za pomoč pri zgorevanju. Premalo stisnjenega plina lahko povzroči neuspešen kemični proces, medtem ko preveč plina povzroči izgubo učinkovitosti, tratenje plina in povečanje stroškov.

Inertni plini, kot so argon, ogljikov dioksid in dušik, se pogosto uporabljajo za kritične varnostne operacije, kot je nadzor požara ali oksidacije, ter tudi za zatiranje nekaterih kemičnih reakcij. Premajhna količina plina lahko povzroči neuspešno gašenje požara, medtem ko prevelika količina porabi plin in poveča s tem povezane stroške.

Krmiljenje pretoka plina z industrijskimi regulatorji masnega pretoka

Regulatorji masnega pretoka se uporabljajo za odmerjanje ustrezne količine plina. V svoji najpreprostejši obliki so regulatorji masnega pretoka popolnoma ročni in ne potrebujejo napajanja. Volumen plina nastavite z vrtenjem gumba na ustrezno nastavitve. Vendar pa ročni regulatorji masnega pretoka merijo



Slika 1: Družina regulatorjev masnega pretoka Sensirion SFC5500 uporablja mikrotermično tehnologijo CMOSens za natančno merjenje prostornine plina skozi kanal pretoka plina, ne glede na temperaturna ali tlačna nihanja. (Vir slike: Murata)

prostornino le pri sobni temperaturi in ne morejo upoštevati sprememb prostornine zaradi sprememb tlaka ali temperature plina. Zaradi tega se za natančno regulacijo plinov uporabljajo elektronski regulatorji masnega pretoka.

Merska enota SLM za prostorninski pretok industrijskih plinov je opredeljena kot en liter pretoka plina v eni minuti pri standardni temperaturi plina 0 °C/32 °F in standardnem absolutnem tlaku plina 1 bar. Prostornina katerega koli plina se spreminja glede na temperaturo in tlak, zato mora biti krmilnik masnega pretoka sposoben upoštevati spremembe okoljskih pogojev in ustrezno spreminjati prostornino pretoka. Večina elektronskih regulatorjev masnega pretoka je umerjenih za ciljni plin, da se zagotovi natančen nadzor pretoka nad spremembami temperature in tlaka, vendar se to umerjanje sčasoma pogosto zamakne, kar zahteva občasno ponovno kalibracijo med uporabo. To poveča vzdrževanje, medtem ko preskočeno umerjanje zmanjša učinkovitost sistema.

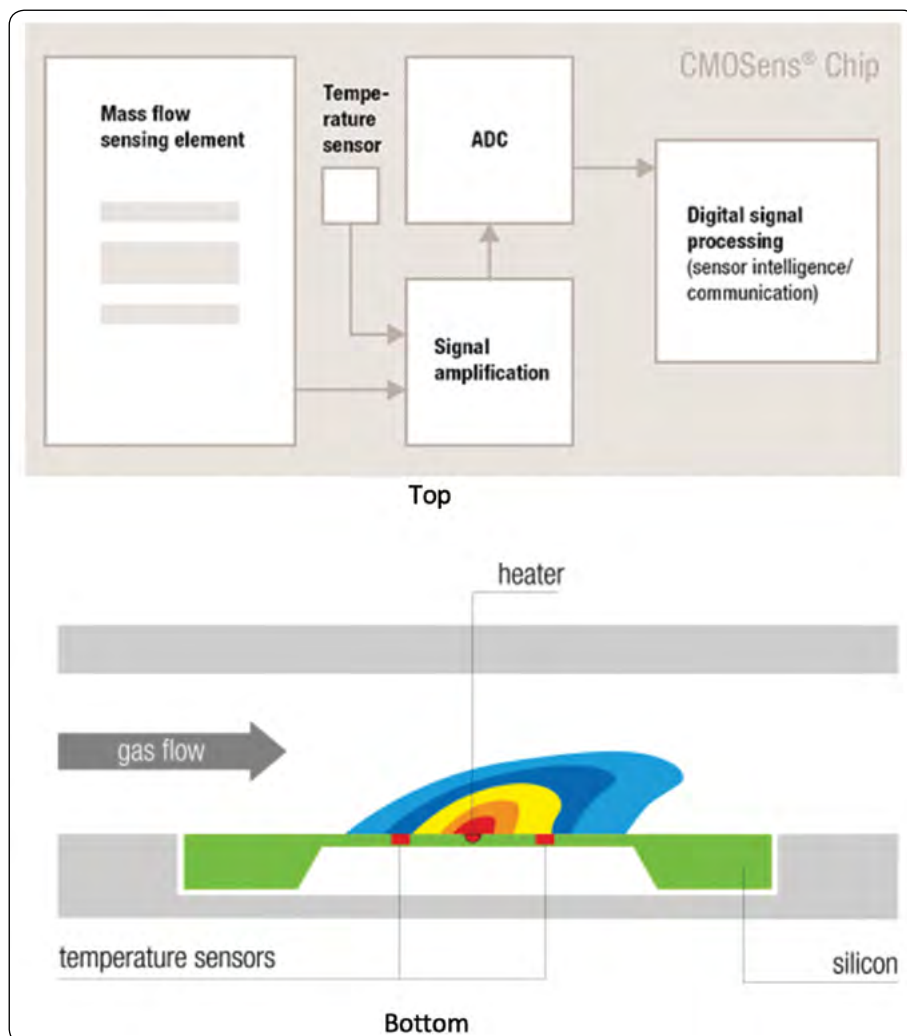
Natančni regulatorji masnega pretoka brez umerjanja med obratovanjem

Rešitev za to je natančna družina regulatorjev masnega pretoka, ki ne zahteva umerjanja med obratovanjem. Sensirion ima rešitev s svojimi regulatorji masnega pretoka serije SFC5500 [2] (slika 1). Serija SFC5500 uporablja mikrotermično merjenje temperatur plina za natančno določitev meritve prostornine SLM, ne glede na spremembe temperature in tlaka plina.

Tehnologija volumskega pretoka plina podjetja Sensirion, imenovana CMOSens, natančno meri prostornino plina skozi kanal za pretok plina. CMOSens je splošen izraz za pristop podjetja Sensirion, ki združuje zaznavanje, kondicioniranje signala in obdelavo na eni sami napravi CMOS za natančen nadzor v majhni napravi (slika 2, zgoraj).

Pri izvedbi merjenja pretoka plina s pomočjo CMOSens so temperaturni senzorji nameščeni v pretoku navzgor in navzdol, vmes pa je nastavljen grelnik nameščen na membrani, ki je stabilizirana s tlakom (slika 2, spodaj). Tretji temperaturni senzor zazna temperaturo plina.

Pretok plina čez dva senzorja in grelnik ustvarjata odčitke temperature na dveh senzorjih. Ta dva odčitka, skupaj z odčitkom



Slika 2: CMOSens združuje zaznavanje, kondicioniranje signala in obdelavo v eni sami napravi CMOS (zgoraj). V aplikaciji za merjenje pretoka plina (spodaj) temperaturni senzorji in povezana obdelava izvajajo mikrotermično merjenje, da zagotovijo natančnost. (Vir slike: Murata)

senzorja temperature plina, odčita integriran signalni procesor in jih kombinira s shranjenimi nastavitvami kalibracije za določen plin, kar zagotavlja natančno odčitavanje prostorninskega pretoka ne glede na tlak in temperaturo.

Tipičen čas poravnave za regulatorje masnega pretoka SFC5500 je manj kot 100 milisekund (ms), kar omogoča natančne odčitke med hitrimi spremembami temperature, tlaka in pogojev pretoka. Ker tehnologija CMOSens kompenzira temperaturo in tlak, ima ta konfiguracija sčasoma ničelni zamik, zato SFC5500 nikoli ne potrebuje ponovnega umerjanja na terenu, razen če se spremeni ciljni plin.

Regulator masnega pretoka na osnovi CMOSen

Primer regulatorja masnega pretoka SFC5500 je SFC5500-200SLM [3]. Je regulator pretoka velike količine, zasnovan in umerjen samo za zrak, dušik in kisik. Dušik in zračni plini so podprti z največjim volumskim pretokom celotne skale v višini 200 SLM in določeno natančnostjo nadzora 0,10 % celotnega

pretoka ali 0,20 SLM. Pretok plina s kisikom je podprt z največjo stopnjo pretoka celotne skale v višini 160 SLM, z določeno natančnostjo nadzora 0,20 % celotnega pretoka ali 0,32 SLM. Sensirion navaja, da se lahko natančnost te enote nekoliko poslabša, če je pretok plina nad 100 SLM. Zasnova SFC5500-200SLM je taka, da omogoča natančen nadzor zraka ali kisika brez umerjanja med obratovanjem.

Sensirion SFC5500-200SLM se povezuje z gostiteljskim računalnikom s skupnim priključkom RS-485 DB-9. Podprte so tudi DeviceNet in IO-Link komunikacije. Priključki za vstop in izstop plina so kompresijski priključki Legris z zunanjim premerom 10 milimetrov (mm). To je združljivo s standardnimi 10 mm plinskimi priključki.

Za podporo drugim plinom ponuja Sensirion večnamenski merilnik masnega pretoka plina SFC5500-10SLM [4]. Poleg zraka, dušika in kisika ta krmilnik podpira tudi vodik, helij, argon, ogljikov dioksid, dušikov oksid in metan. Podpira največji pretok celotnega obsega v višini 10 SLM za vse pline, razen dušikovega oksida, argona in ogljikovega dioksida, s pretokom v celotnem obsegu 5,0 SLM. Natančnost v najslabšem primeru je 0,30 % celotnega pretoka. Podpira enake komunikacijske vmesnike kot SFC5500-200SLM. Priključki za vstop in izstop plina so kompresijski priključki Legris z zunanjim premerom 6 mm, združljivi s standardnimi 6-mm plinskimi priključki.

SFC5500-10SLM zagotavlja prilagodljivost za podporo več plinov z enim regulatorjem, kar poenostavlja inventar. Regulator mora biti konfiguriran in predhodno umerjen, preden se zažene za ciljni plin, ki se nadzoruje. Brez ponovne konfiguracije ga ni mogoče uporabiti za drug plin.

Konfiguracija in razvoj

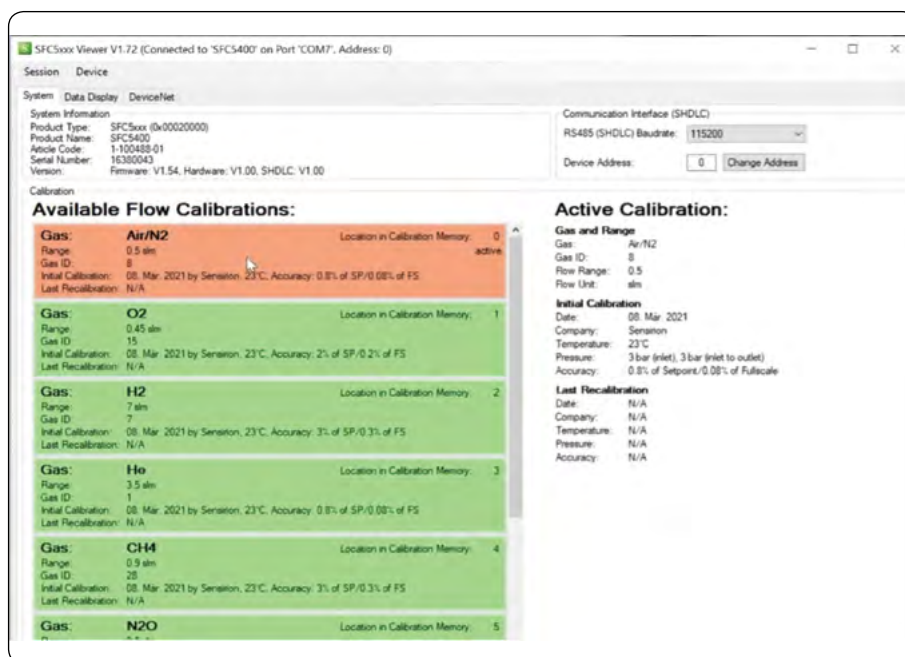
Regulatorji masnega pretoka SFC5500 morajo biti pred začetkom delovanja vnaprej konfigurirani za ciljni plin. Ker imajo različni plini različno gostoto in lastnosti, vsak plin zahteva drugačno nastavitve in umerjanje. Za pomoč pri konfiguraciji, umerjanju in ocenjevanju ponuja Sensirion ocenjevalni komplet EK-F5X [5] za serijo SFC5500 (slika 3). Upoštevajte, da komplet ne vključuje regulatorja masnega pretoka.

Če želite konfigurirati SFC5500 za servis, ga morate najprej povezati s plinom, ki ga nadzorujete. Razvojni komplet EK-F5X je opremljen s kablom DB-9 po meri, ki je priključen v priključek DB-9 na vrhu enote SFC5500. Kabel DB-9 se odcepi v enosmerni adapter za napajanje enote SFC5500 med delovanjem in na priključek USB za povezovanje z gostiteljskim računalnikom. USB pogon je priložen gonilniku naprave SFC5500 za gostiteljski računalnik, skupaj s programsko opremo za pregledovanje SFC5500 [6], ki morata



Slika 3: Komplet za ocenjevanje Sensirion EK-F5X omogoča razvijalcem, da konfigurirajo, umerijo in ocenijo regulatorje masnega pretoka SFC5500 (niso priloženi kompletu), preden jih dajo v uporabo. (Vir slike: Murata)

biti oba naložena v gostiteljski računalnik, preden se povežete preko USB. Enota SFC5500 je najprej priključena na napajanje, nato se USB priključek priključi na gostiteljski računalnik. Po običajnih piskih, ko se računalnik seznani z enoto SFC5500, ki je povezana z USB, se programska oprema za pregledovanje SFC5xxx zažene in zahteva, da se konfigurirajo vrata COM. Programska oprema nato prikaže vse razpoložljive kalibracije za vsak plin, ki ga podpira določena enota SFC5500, skupaj z razpoložljivimi kalibracijami (slika 4).



Slika 4: Programska oprema pregledovalnika Sensirion SFC5500 ponuja izbor umerjanj za vsak plin, ki ga podpira povezana enota. (Vir slike: Murata)

Programska oprema pregledovalnika SFC5xxx prikazuje različico SFC5500, povezano z njeno serijsko številko in različico vdelane programske opreme, skupaj s konfiguracijo COM vrat. Zavihek System (Sistem) je izbran ob zagonu in prikazuje razpoložljive kalibracije pretoka, označene z zeleno, aktivna kalibracija pa je označena z rdečo. Če želite spremeniti kalibracijo, z desno miškino tipko kliknete kalibracijo za ciljni plin, nato izberete »Load Calibration« (Naloži kalibracijo). Priključena enota SFC5500 je zdaj umerjena za izbrani plin. Kalibracija je shranjena v EEPROM-u, tako da po ciklu napajanja enote ni treba ponovno umerjati. Ponovno umerjanje je potrebno le, če se enota uporablja za drug plin.

Po umerjanju je izbran zavihek Prikaz podatkov. Ta zavihek nastavlja in nadzira pretok plina, ki ga lahko nastavite na konstanten pretok ali pa ustvarite valovno obliko po meri za spreminjanje pretoka. Enota SFC5500 je zdaj umerjena in konfigurirana za samodejno delovanje.

Za bolj zapletene aplikacije, kjer je treba pretok programsko spreminjati, lahko enoto SFC5500 krmili DeviceNet. Zavihek DeviceNet konfigurira DeviceNet MAC ID in hitrost prenosa. Pretok je enostavno nadzorovan na daljavo preko DeviceNet tako, da enoti pošljete 0x0000 za brez pretoka, 0xFFFF za pretok v celotnem obsegu ali katero koli vmesno vrednost. To omogoča zapletene operacije nadzora pretoka, omogoča pa

tudi hitro in enostavno daljinsko zaustavitev pretoka plina, kar je uporabno v izrednih razmerah.

Zaključek

Natančen nadzor industrijskih plinov je ključnega pomena v industrijskih procesih. Medtem ko lahko zamik kalibracije zahteva občasno ponovno kalibracijo za ohranjanje natančnosti, lahko nove tehnologije merjenja plina odpravijo to potrebo, kar vodi do izboljšane učinkovitosti, zmanjšanja vzdrževanja in dolgoročnih prihrankov pri skupnih stroških.

Viri:

- <https://www.digikey.si/en/supplier-centers/sensirion>
- <https://www.digikey.si/en/product-highlight/s/sensirion/sfc5500-series-multi-gas-mass-flow-sensor>
- <https://www.digikey.si/en/products/detail/sensirion-ag/SFC5500-200SLM/14122692>
- <https://www.digikey.si/en/products/detail/sensirion-ag/SFC5500-200SLM/14122692d>
- <https://www.digikey.si/en/products/detail/sensirion-ag/EK-F5X/14122690>
- https://sensirion.com/resource/viewer_software/sfc5xxx

<https://www.digikey.com>



JTAG

MegaPin razvojno orodje

- 8 tipk
- programator AVR
- razhroščevalnik
- USB napajanje
- SD podnožje
- JTAG programiranje

MEGAPIN

5ELU0343

MEGAPIN - B

5ELU0336

<https://svet-el.si>

Izdelava inteligentnega glasovnega pomočnika iz nič

Avtor: Marcelo José Rovai

V mojem članku Avtomatizacija doma z Alexa [1] smo se naučili, kako posnemati naprave interneta stvari in jih upravljati na daljavo s pomočjo glasovnega pomočnika. Tam smo uporabili Echo-Dot, ki se »zbudi« vsakič, ko zasliši besedo Alexa.

Emulacija Google pomočnika na Raspberry Pi in Arduino Nano 33 BLE.

Toda kako deluje glasovni pomočnik?

Na to bomo poskušali odgovoriti v tem projektu in posnemali Google pomočnika z uporabo RaspberryPi in Arduino Nano.

Za začetek se je treba zavedati, da glasovni pomočniki na trgu, kot sta Google Home ali Amazon Echo-Dot, reagirajo na glas človeka le, ko jih »prebudijo« določene ključne besede, kot sta »Hej Google« za Google pomočnika in »Alexa« za Amazon Echo-Dot.

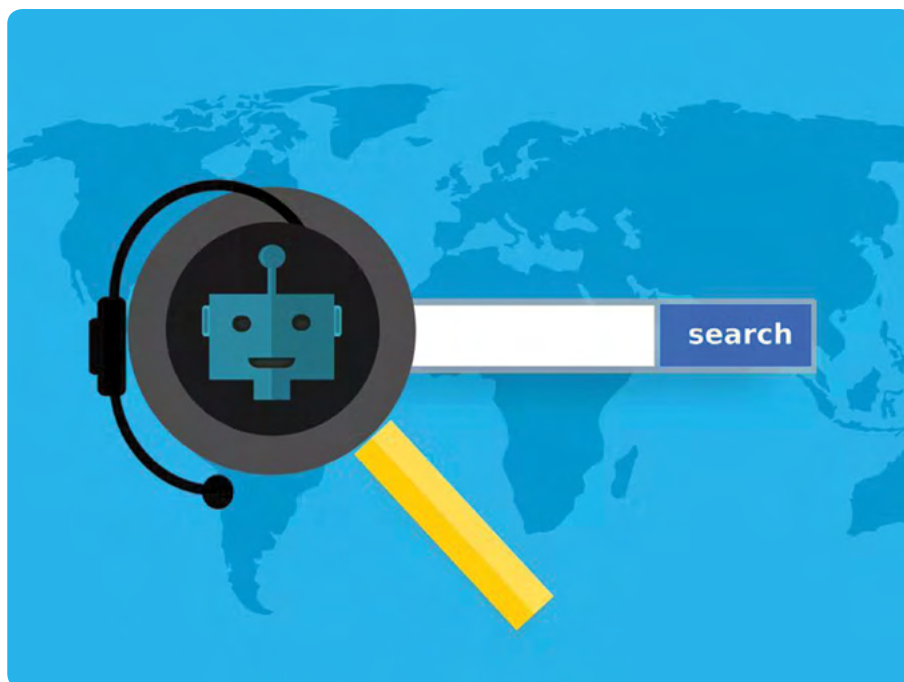
Z drugimi besedami, celoten postopek za prepoznavanje glasovnih ukazov temelji na večstopenjskem modelu ali kaskadni detekciji (angl. Cascade Detection).

1. stopnja: manjši mikrokontroler znotraj Echo-Dot ali Google Home nenehno posluša zvok in čaka, da se zazna ključna beseda. Za takšno odkrivanje se uporablja model TinyML na robu.

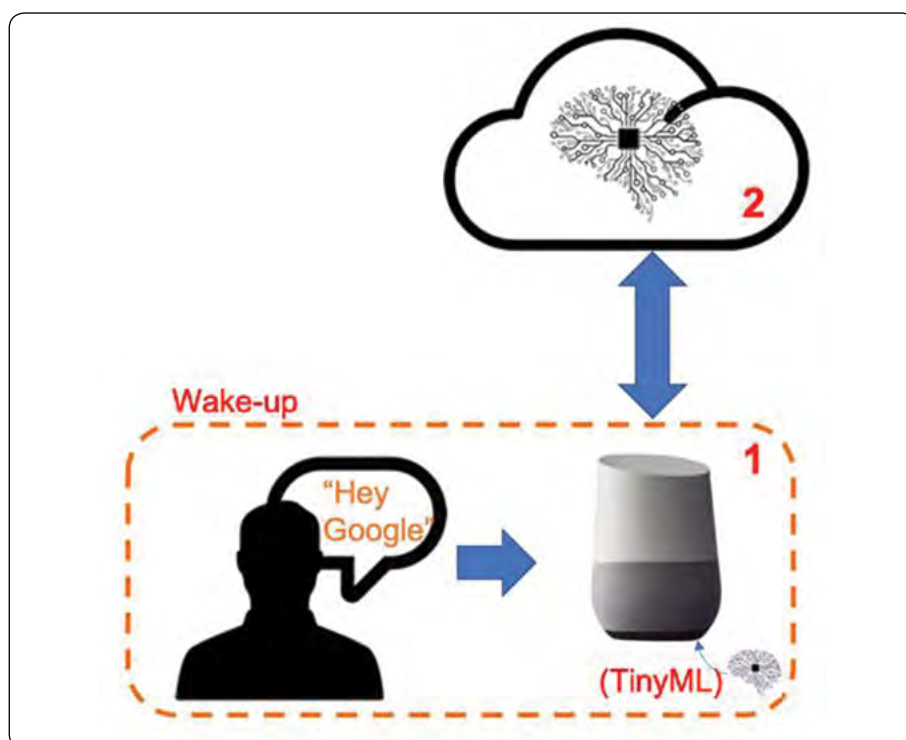
2. faza: Šele ko se sproži, se podatki pošljejo v oblak in tako obdelajo na večjem modelu.

TinyML je odličen koncept, ki omogoča strojno inteligenco tik ob fizičnem svetu; poleg tega se z izvajanjem modelov strojnega učenja (angl. Machine Learning: ML) na ravni mikrokontrolerja izognemo težavam, kot so latenca, poraba energije in varnost.

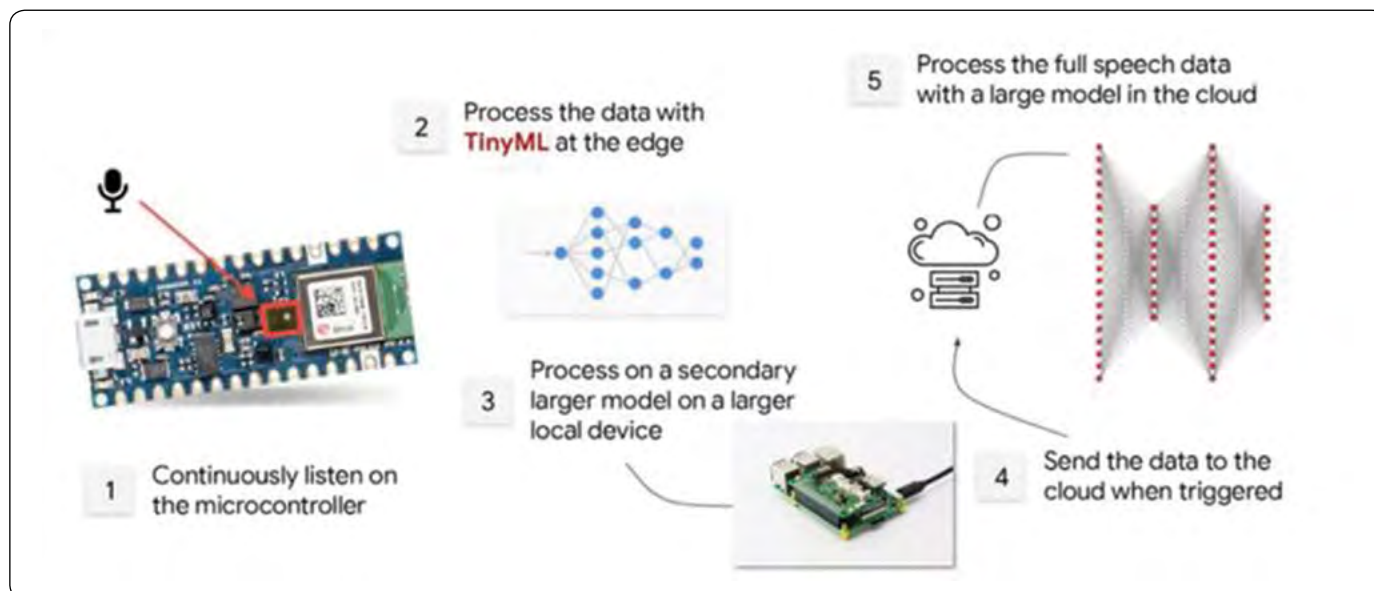
Za 1. stopnjo (KWS ali opazovanje ključnih besed) v tem projektu bomo uporabili mikrokontroler Arduino Nano 33 BLE Sense. Med več vgrajenimi senzorji ima vgrajen tudi digitalni mikrofoni, ki



Slika 1



Slika 2



Slika 3

bo uporabljen za zaznavanje ključne besede. Za 2. stopnjo bo RaspberryPi uporabljen za vzpostavitev stika z Google storitvami v oblaku za izvedbo bolj zapletene naloge, ko jo sproži Arduino.

Projekt bo razdeljen na dva dela:

- 1. del: Emulacija Google pomočnika na RPi
- 2. del: Implementacija KWS na Arduino Nano

1. del - Emulacija Google pomočnika na RPi

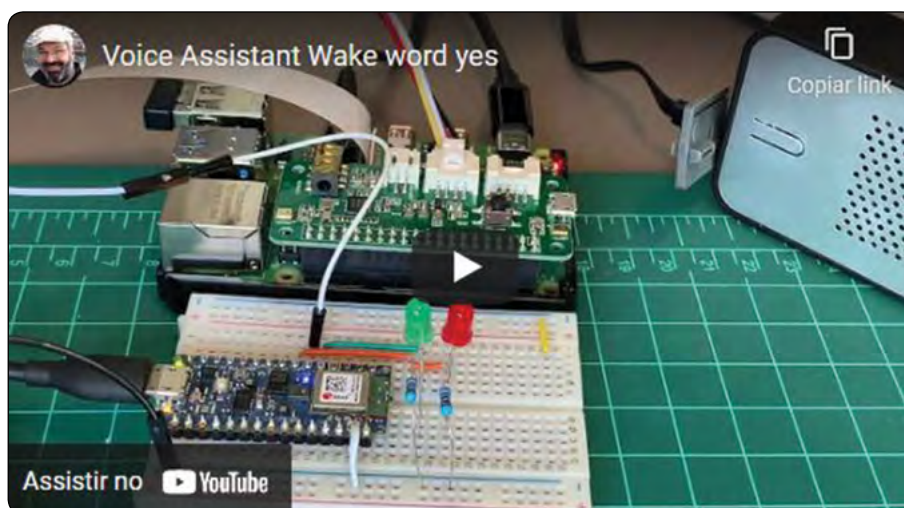
Poleg programske opreme, ki bo razvita, da bo RPi omogočila emulacijo Google pomočnika, bo potrebno tudi nekaj dodatnega HW. Lahko namestite zunanji mikrofonski in zvočnik ali uporabite HAT, kar bo najlažje. V tem projektu bomo uporabili ReSpeaker 2-Mics Pi HAT.

ReSpeaker 2-Mics Pi HAT

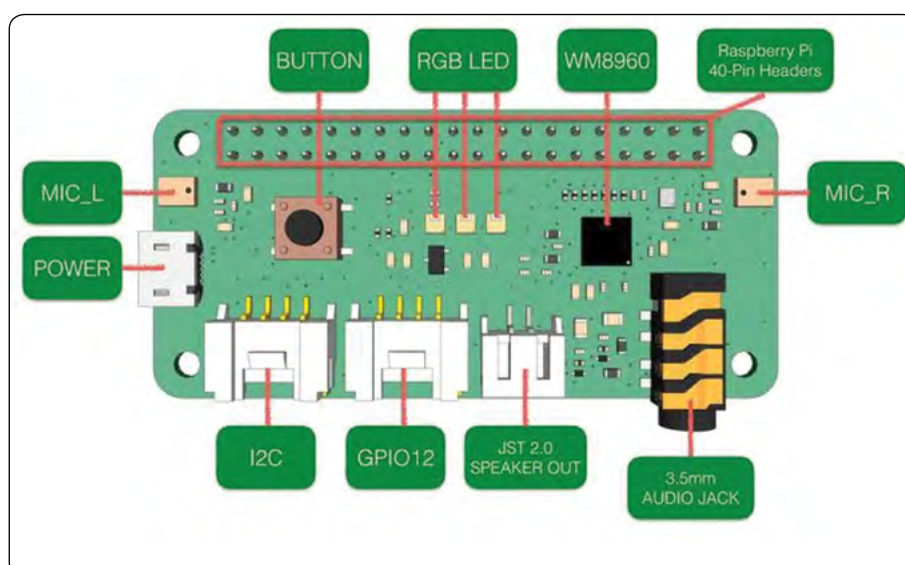
Njegova namestitev je zelo preprosta: Povežite ReSpeaker 2-Mics Pi HAT z Raspberry Pi, slika 6.

Nastavitev gonilnika na Raspberry Pi

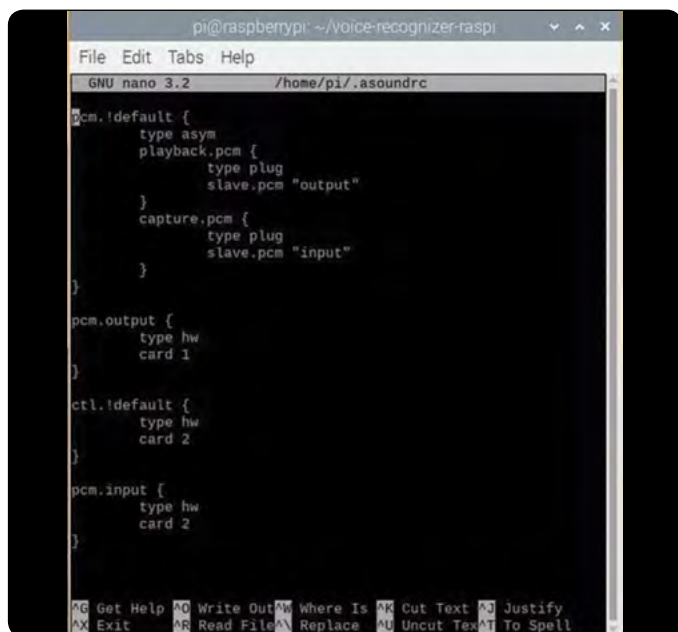
```
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
git clone https://github.com/
```



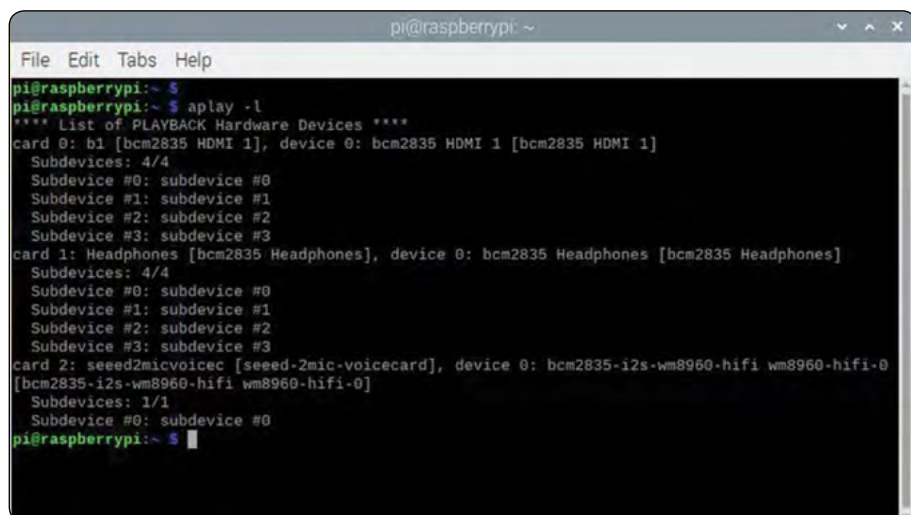
Slika 4: Na portalu Youtube[2] lahko dobite idejo o končnem projektu.



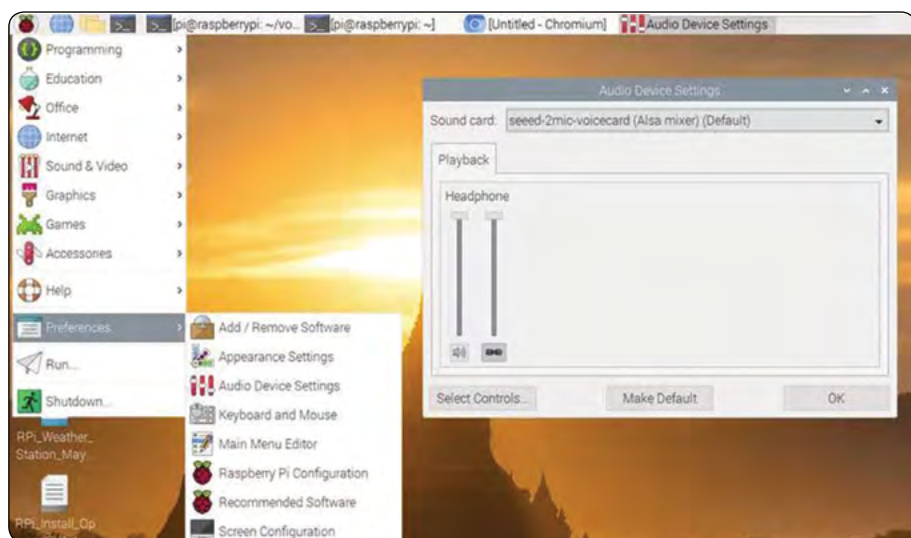
Slika 5: Prilagam diagram HATA



Slika 9



Slika 7



Slika 8: Kartica 2 bi morala biti privzeta in jo lahko preverite v nastavitvah PI Preferences/Audio Device Settings.



Slika 6

```
respeaker/seeed-voicecard.git
cd seeed-voicecard
sudo ./install.sh
reboot
```

Preverite zvočne kartice, nameščene na RPi, slika 7.

Torej, v mojem primeru imam naslednje zvočne kartice:

- Card 0: RPi HDMI
- Card 1: RPi Headphone audio jack
- Card 2: ReSpeaker 2-Mics Pi HAT

V mojem primeru izhod na ReSpeaker 2-Mics Pi HAT (Audio Jack) ni deloval pravilno, zato sem kartico 2 opredelil kot vhod (Mikofoni na ReSpeakerju), kot izhod pa imam standardni RPi Audio Jack (kartica 1).

Ta konfiguracija se izvede z urejanjem datoteke .asoundrc v mapi /home/pi. Če želite urediti to datoteko, izvedite naslednji terminalski ukaz:

```
sudo nano /home/pi/.asoundrc
```

in spremenite pcm.output s kartice 2 na kartico 1, glej sliko 9.

Vsakič, ko se spremenijo nastavitve PI Preferences/Audio Device Settings, je treba preveriti zgornjo datoteko. Prav tako lahko izhodno glasnost spremenite v istem meniju za zvočno kartico 1—slušalke (RPi Audio Jack).

Na tej točki je mogoče narediti nekaj testov:

Testiranje avdio izhoda, slika 10:

```
speaker-test -t wav
```

```

pi@raspberrypi: ~/voice-recognizer-raspi
File Edit Tabs Help

pi@raspberrypi:~/voice-recognizer-raspi $
pi@raspberrypi:~/voice-recognizer-raspi $ speaker-test -t wav

speaker-test 1.1.8

Playback device is default
Stream parameters are 48000Hz, S16_LE, 1 channels
WAV file(s)
Rate set to 48000Hz (requested 48000Hz)
Buffer size range from 512 to 65536
Period size range from 512 to 65536
Using max buffer size 65536
Periods = 4
was set period_size = 16384
was set buffer_size = 65536
 0 - Front Left
Time per period = 0.364924
 0 - Front Left
Time per period = 1.371158
 0 - Front Left
Time per period = 1.708719
 0 - Front Left
^CTransfer failed: Bad address

```

Slika 10

Poslušajte, kako se na zvočniku ponavljata "Front" in "Left". Pritisnite [CTRL]+[C] za izhod.

Testiranje avdio vhoda

Najprej namestite pyaudio Python knjižnico, ki se uporablja za predvajanje in snemanje zvoka na RPi:

```
sudo pip install pyaudio
```

Na spletni strani puAudio, <http://people.csail.mit.edu/hubert/pyaudio/>, lahko najdete informacije in primere uporabe knjižnice. S spodnjim skriptom posnemite nekaj sekund (5s) zvoka:

```

1 import pyaudio
2 import wave
3 RESPEAKER_INDEX = 2 # refer to input device id (card 2)
4 RESPEAKER_RATE = 16000
5 RESPEAKER_CHANNELS = 2
6 RESPEAKER_WIDTH = 2
7 CHUNK = 1024
8 RECORD_SECONDS = 5
9 WAVE_OUTPUT_FILENAME = "record_test.wav"
10 p = pyaudio.PyAudio()
11 stream = p.open(
12     rate=RESPEAKER_RATE,
13     format=p.get_format_from_width(RESPEAKER_WIDTH),
14     channels=RESPEAKER_CHANNELS,
15     input=True,
16     input_device_index=RESPEAKER_INDEX,)
17 print("* recording")
18 frames = []
19 for i in range(0, int(RESPEAKER_RATE / CHUNK * RECORD_SECONDS)):
20     data = stream.read(CHUNK)
21     frames.append(data)
22 print("* done recording")
23 stream.stop_stream()
24 stream.close()
25 p.terminate()
26 wf = wave.open(WAVE_OUTPUT_FILENAME, 'wb')
27 wf.setnchannels(RESPEAKER_CHANNELS)
28 wf.setsampwidth(p.get_sample_size(p.get_format_from_width(
29     RESPEAKER_WIDTH)))
30 wf.setframerate(RESPEAKER_RATE)
31 wf.writeframes(b"".join(frames))
32 wf.close()

```

Datoteka z imenom »record_test.wav« se mora pojaviti v mapi, kjer je bil skript izveden. Če želite preveriti posneti zvok, izvedite spodnji skript:

```

1 import pyaudio
2 import wave
3 CHUNK = 1024
4 WAVE_INPUT_FILENAME = "record_test.wav"
5 print("Playing a wave file: {}".format(WAVE_
6     INPUT_FILENAME))
7 wf = wave.open(WAVE_
8     INPUT_FILENAME, 'rb')
9 p = pyaudio.PyAudio()
10 stream = p.open(format=p.get_format_from_
11     width(wf.getsampwidth()),
12     channels=wf.getnchannels(),
13     rate=wf.getframerate(),
14     output=True)
15 data = wf.readframes(CHUNK)
16 while data != b'':
17     stream.write(data)
18     data = wf.readframes(CHUNK)
19 stream.stop_stream()
20 stream.close()
21 p.terminate()

```

Če poslušas, kar snemaš, super!

Smo v poslu! Preden začnemo pripravljati naš RPi za emulacijo Google pomočnika, pogledajmo tipko in RGB LEDice, ki so nameščene na ReSpeaker 2-Mics Pi HAT:

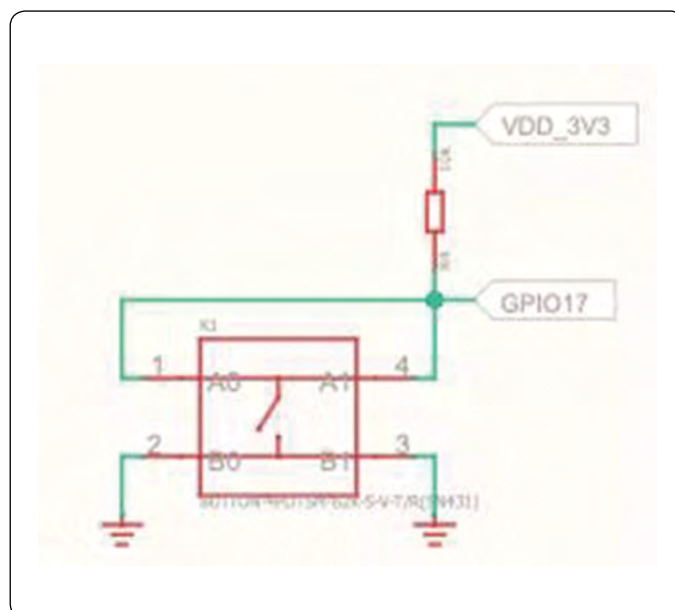
Tipka

Na GPIO17 je vgrajena uporabniška tipka, kot je prikazano na spodnjem električnem diagramu.

Zdaj ga bomo poskušali zaznati pritisk tipke s pythonom in RPi.GPIO.

Najprej namestite RPi.GPIO knjižnico:

```
sudo pip install rpi.gpio
```



Slika 11

Nato lahko izvedete spodnji skript, da preizkusite tipko:

```
1 import RPi.GPIO as GPIO
2 import time
3 BUTTON = 17
4 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
5 GPIO.setup(BUTTON, GPIO.IN)
6 while True:
7     try:
8         state = GPIO.input(BUTTON)
9         if state:
10             print("off")
11         else:
12             print("on")
13         time.sleep(1)
14     except KeyboardInterrupt:
15         break
```

Vgrajene RGB LEDice (APA102)

Vsaka od treh vgrajenih APA102 RGB LED ima dodaten gonilniški čip.

Čip gonilnika poskrbi za prejemanje zelene barve prek svojih



Slika 12: Video si lahko ogledate na [3]

vhodnih vrstic in jo nato zadrži, dokler ne prejme novega ukaza. Namestite spidev knjižnico:

```
sudo pip install spidev
```

In klonirajte datoteko:

```
git clone https://github.com/
respeaker/mic_hat.git
```

V podmapu mic_hat izvedite pixels.py skript, ki bo opravil test na vseh LED diodah. Uporabite [CTRL]+[C], da ustavite LEDice:

```
python3 pixels.py
```

Razred slikovnih pik ima več pripravljenih funkcij, kot so:

```
pixels.wakeup(): VKLOPI vse LED
pixels.off(): IZKLOPI vse LED
pixels.think(): VKLOPI LEDic eno za drugo,
spreminjanje barv
pixels.speak(): VKLOPI vse LEDice in
spremenite njihovo jakost svetlobe
```

Za učinkovito uporabo funkcije na končni kodi imejte obe datoteki apa102.py in pixels.py v istem imeniku. S tem lahko uporabite preprosto kodo, kot je spodnja, za dostop do LED:

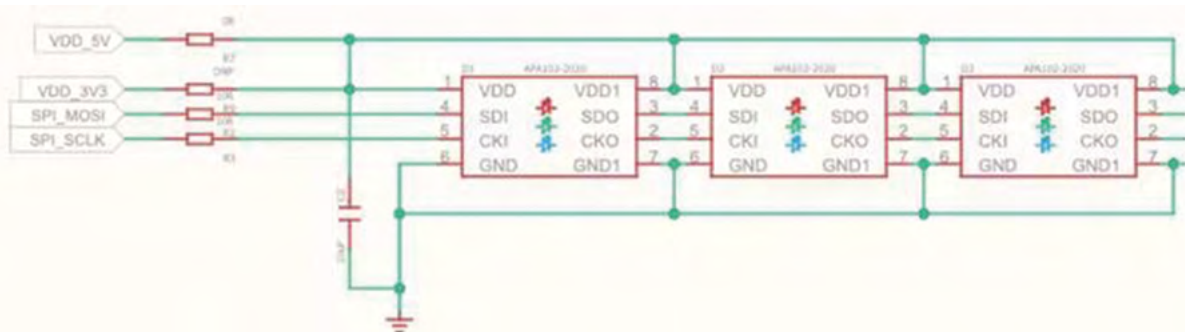
```
1 from pixels import Pixels
2 pixels = Pixels()
3 pixels.wakeup()
4 pixels.off()
5 pixels.think()
6 pixels.off()
7 pixels.speak()
8 pixels.off()
```

Google Voice storitve

Na tej točki ves HW deluje pravilno:

- Avdio vhod
- Avdio izhod
- Tipka
- LEDice

Čas je, da namestite storitve Google Voice na naš RaspberryPi. Za to bomo upoštevali nasvete iz odlične vadnice [4].



Slika 13

Namestite API za Google Assistant

Pojdite v domači imenik RPi in klonirajte VoiceKit GitHub v podimeniku /voice-recognizer-raspi:

```
cd ~
git clone -b voicekit https://github.com/google/aiyprojects-rasbian.git ~/voice-recognizer-raspi
```

Pojdite v ta ustvarjeni podimenik in zaženite skript za namestitev datotek:

```
cd ~/voice-recognizer-raspi
scripts/install-deps.sh
```

Če želite uporabljati Google Voicekit, morate imeti picotts, platformo za pretvorbo besedila v govor, ki uporablja mehanizem za pretvorbo besedila v govor pico brez povezave za branje besedila z naravnimi glasovi. Če želite namestiti knjižnico pico TTS v sistem, običajno v Debianu, naredite:

```
sudo apt-get install libttspic-utils
```

V nekaterih izdajah Raspbian ta paket manjka, vendar lahko kopirate arm deb paket iz Debiana. V Debian Busterju na primer paket manjka, zato ga namestite z naslednjimi ukazi:

```
wget http://ftp.us.debian.org/debian/pool/non-free/s/svox/libttspic0_1.0+git20130326-9_armhf.deb
```

```
wget http://ftp.us.debian.org/debian/pool/non-free/s/svox/libttspic-utils_1.0+git20130326-9_armhf.deb
```

```
sudo apt-get install -f ./libttspic0_1.0+git20130326-9_armhf.deb ./libttspic-utils_1.0+git20130326-9_armhf.deb
```

Namesti gRPC (oddaljeni klici postopkov).

Zakaj bi želel uporabiti gRPC?

Glavni scenariji uporabe:

- Nizka latenca, zelo razširljivi, porazdeljeni sistemi.
- Razvoj mobilnih klientov, ki komunicirajo s strežnikom v oblaku.
- Oblikovanje novega protokola, ki mora biti natančen, učinkovit in neodvisen od jezika.
- Večplastna zasnova, ki omogoča razširitev npr. preverjanje pristnosti, uravnoteženje obremenitve, beleženje in spremljanje itd.

```
sudo pip install grpcio
sudo pip install grpcio-tools
```

Zdaj je čas, da namestite Google API in Google Assistant knjižnico:

```
sudo pip install --upgrade google-api-python-client
sudo pip install --upgrade google-assistant-library==1.0.1
sudo pip install --upgrade google-assistant-sdk[samples]==0.5.1
```

Na tej točki so nameščeni glavni paketi, znova zaženite sistem:

```
reboot
```

Zahtevane spremembe v izvirnem kompletu Google Voice: Odprite datoteko:

```
/home/pi/voice-recognizer-raspi/src/aiy/_apis/_speech.py
```

in zakomentirajte naslednje vrstice:

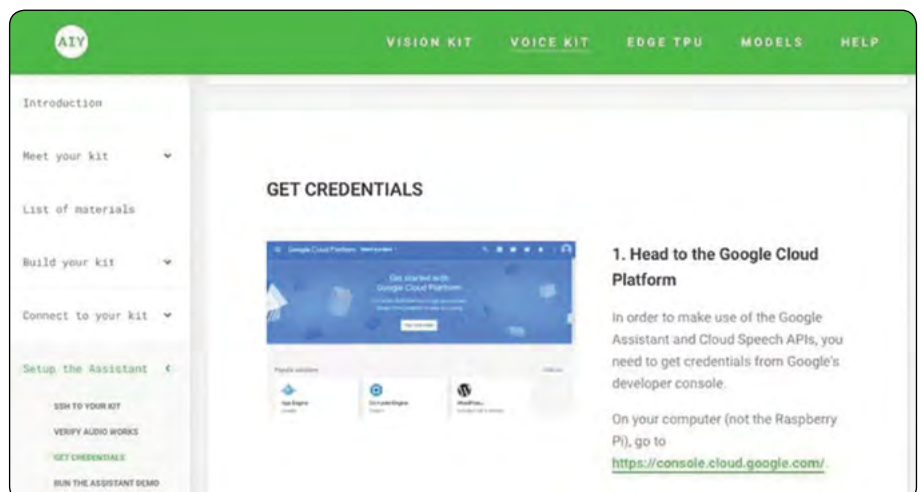
```
1 #try:
2 # from google.cloud import speech
3 # from google.cloud.speech import enums
4 # from google.cloud.speech import types
5 #except ImportError:
6 # print("Failed to import google.cloud.speech. Try:")
7 # print(" env/bin/pip install -r requirements.txt")
8 # sys.exit(1)
```

Zdaj odprite datoteko:

```
/home/pi/voice-recognizer-raspi/src/aiy/voicehat.py
```

In spremenite GPIO tipko (ki bi morala biti prikazana kot 23.) za tisto, ki se uporablja na ReSpeaker 2-Mics Pi HAT (ki bi morala biti 17.):

```
1 _GPIO_BUTTON = 17
```



Slika 14

Na tej točki bi morala biti HW in SW končana. Manjkajoči del je pridobiti povabilnice od Googla za zagon glasovnega kompleta na našem Raspberryju.

Omogočanje Google Assistant API-ja

Vse korake za omogočanje API-ja najdete na spletnem mestu Google AIY Voice Kit v razdelku »GET CREDENTIALS«.

Ta razdelek se nahaja daleč spodaj na tej strani (približno polovica dolgega spletnega mesta). Odprite drugo stran <https://console.cloud.google.com/> (Google Cloud Platform) in sledite navodilom na prvi strani. Če je vse pravilno, bi morali v računalnik prenesti JSON datoteko. Navodila pojasnjujejo tudi, kako ustvariti asistent.json datoteko, kamor je treba shraniti vsebino tako prenesene datoteke. Datoteka mora biti shranjena v vašem domačem imeniku RPi, slika 15.

Poleg zgornjih navodil sem vključil tudi svojo e-pošto kot »Preskusne uporabnike« z možnostmi + DODAJ UPORABNIKE na strani zaslona za soglasje OAuth:

In to je to! Čas je, da preizkusite našega glasovnega pomočnika!

Preizkušanje glasovnega pomočnika

Pojdite v podmapo, kjer je bil nameščen Voice-Kit:

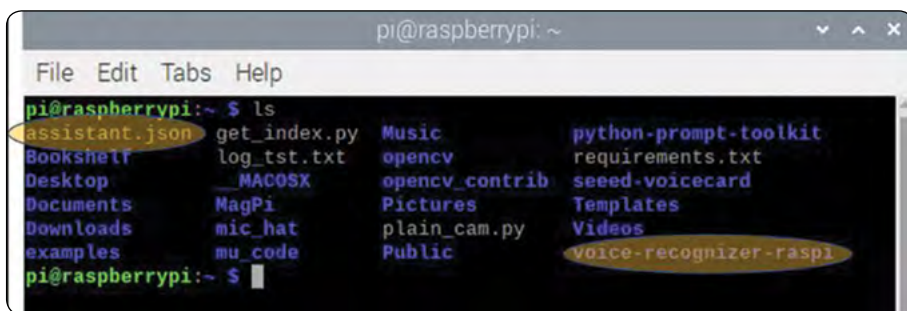
```
cd ~/voice-recognizer-raspi
```

In zaženite demo program, ki se nahaja v podmapki /src:

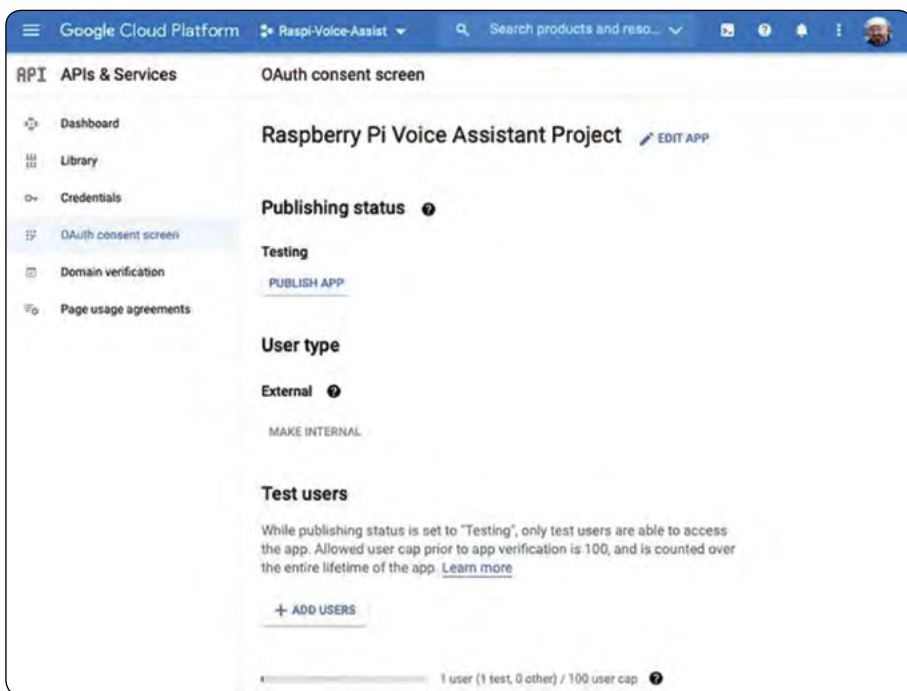
```
python3 src/assistant_grpc_demo.py
```

Če je vse v redu, bi morali na terminalu dobiti naslednja sporočila, slika 17

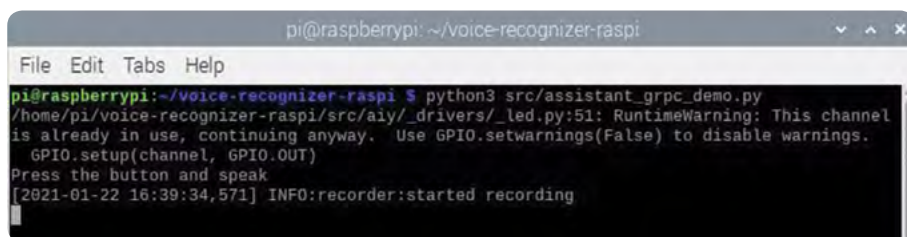
Glasovni pomočnik čaka, da pritisnete tipko za začetek pogovora: Na primer, pritisnil sem tipko in pojavilo se je sporočilo »Listening ...«. Vprašal sem: "What



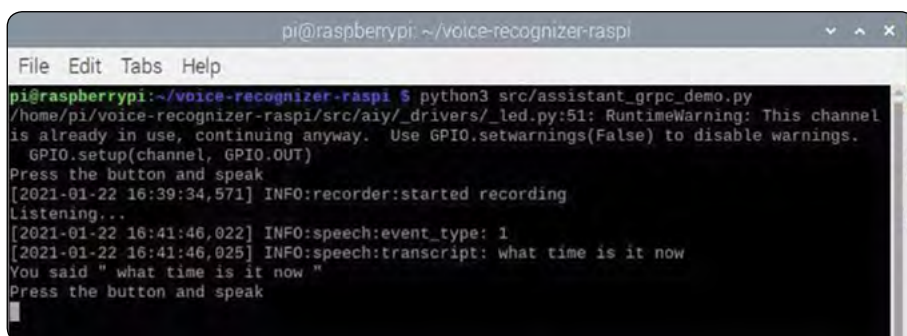
Slika 15



Slika 16



Slika 17



Slika 18



Slika 19: Test na Youtube [5]

time is it now?" ki se je pojavil tudi na Terminalu. Hkrati bo pomočnik povedal odgovor.

Kot zadnji del projekta v zgornjo kodo vključimo LEDice, ki so na voljo na RPi HATu, kot je prikazano.

Kopirajte obe datoteki apa102.py in pixels.py v isti imenik, kjer zaženete kodo [6] (v tem primeru: "voice-recognizer-raspi/src").

Zdaj bo med postopkom zagona (enkrat) dodan nekakšen "Wake-up LED show". Tudi vsakič, ko pritisnete ta gumb, bo glasovni pomočnik »Razmišljaj« in počakal na naše vprašanje, za to bomo uporabili funkcijo pixels.think(), ki prisili LEDice, da se zaporedno vklopljajo in izklopljajo. Enako, ko Pomočnik "govori", bodo LEDice ohranile svojo RGB barvo, vendar bodo počasi ugašale.

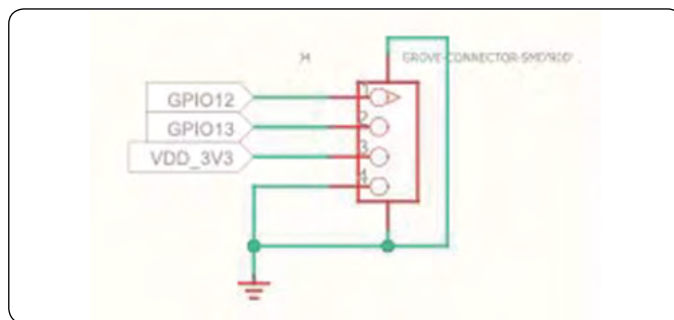
Upoštevajte, da če rečete "Goodbye", se bo pomočnik zaprl.

Igranje z GPIO vrati

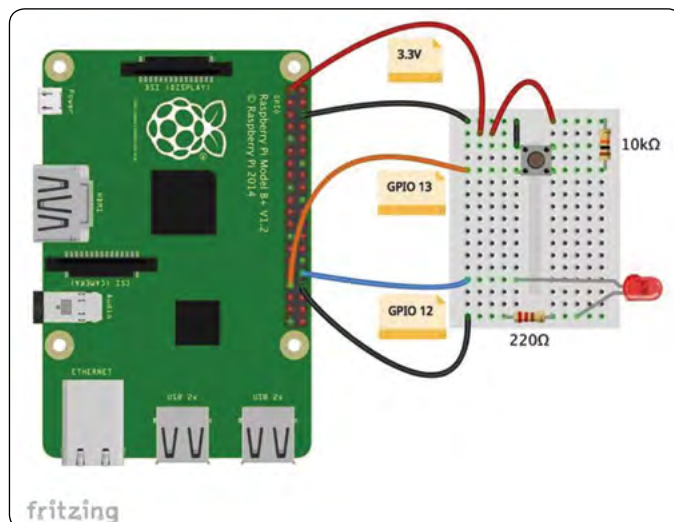
Pomembna prednost posnemanja Google pomočnika na RPi je, da lahko uporabljamo njegove GPIO za nadzor zunanjih stvari v resničnem svetu. To smo že storili z uporabo notranjih LEDic in tipke ReSpeaker 2-Mics Pi HAT. HAT pusti 2 GPIO (12 in 13) na voljo prek priključka Grove, kot je prikazano v njegovem električnem diagramu slike 20.

Zdaj namestimo zunanjo tipko na RPi GPIO 13 in LED na GPIO 12, kot je prikazano na diagramu slike 21.

Spremenimo skript, ki je bil prej uporabljen za preizkušanje



Slika 20



Slika 21

HAT tipke. Zdaj preizkusimo zunanjo tipko in LEDico. LEDica se prižge vsakič, ko pritisnete tipko:

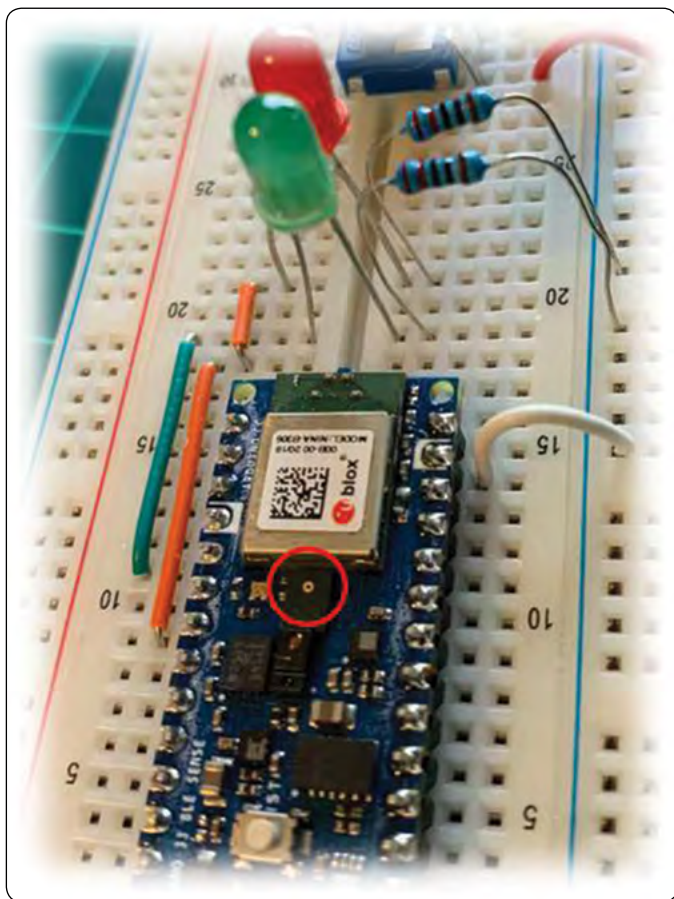
```

1 import RPi.GPIO as GPIO
2 import time
3 BUTTON = 13
4 LED = 12
5 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
6 GPIO.setup(BUTTON, GPIO.IN)
7 GPIO.setup(LED, GPIO.OUT)
8 GPIO.output(LED, GPIO.LOW)
9 while True:
10     try:
11         state = GPIO.input(BUTTON)
12         if state:
13             GPIO.output(LED, GPIO.LOW)
14             print("off")
15         else:
16             GPIO.output(LED, GPIO.HIGH)
17             print("on")
18             time.sleep(1)
19     except KeyboardInterrupt:
20         GPIO.cleanup()
21         break
22 print("clean up")
23 GPIO.cleanup() # cleanup all GPIO

```

Uporaba ključnih besed (KWS)

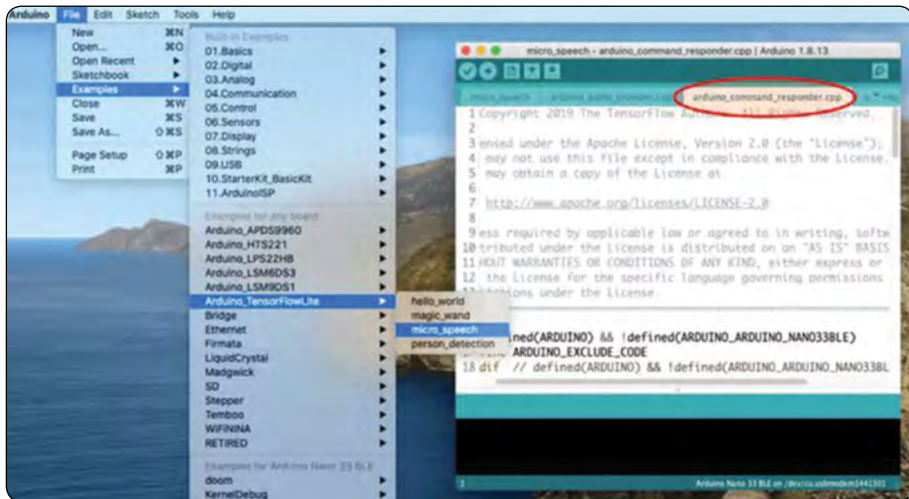
Doslej smo našega glasovnega pomočnika prebujali s fizično tipko. Kot je bilo že omenjeno v uvodu, se glasovni pomočniki, kot je Google Home, odzivajo, ko uporabimo določene ključne besede kot npr. »Hej Google«.



Slika 22

Ta projekt bo zamenjal fizičnotipko z "navidezno", z uporabo mehanizma, znanega kot KWS ali opazovanje ključnih besed (angl. Keyword Spotting). Uporabili bomo Arduino Nano 33 BLE Sense mikrokontroler, z vgrajenim digitalnim mikrofonom, ki bo uporabljen za odkrivanje ključne besede.

Za poenostavitev (ko glavni cilj tega projekta ni razvoj modelov nevronske omrežje) ponovno uporabimo kodo, ki jo je razvil Google, vključeno v Arduino IDE, ustvarjeno s pomočjo TensorFlow Lite in imenovano »micro_speech«. Ta skica vključuje



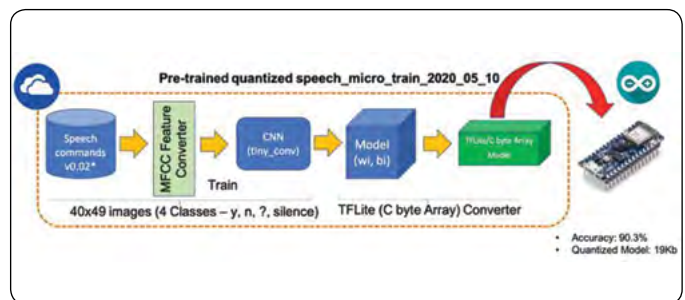
Slika 23

model, ki lahko opazi dve besedi: YES, NO, poleg UNKNOWN in Tišina. Dobite ga lahko na zavihku primeri, kot je prikazano na sliki 23.

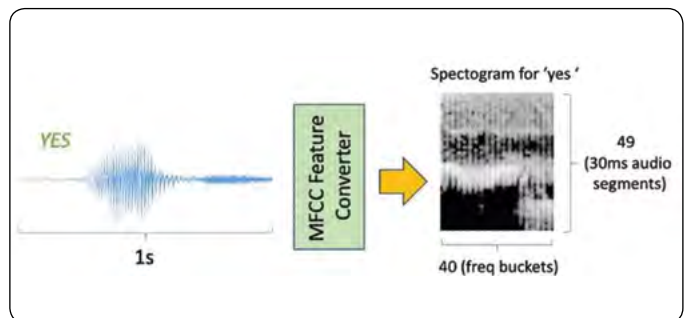
Za testiranje lahko naložite kodo takšno kot je v vaš Arduino Nano in jo preizkusite z besedami, kot sta "YES" ali "NO". Ko je prepoznana beseda, mora zasvetiti notranja RGB LED (YES: zelena in pri besedi NO: rdeča).

Video testiranja besed »YES« in »NO« najdete na youtube [7].

Hiter pregled, kako prepoznavanje govora deluje na mikrokontrolerju



Slika 24



Slika 25

Arduino bo izvedel sklepanje v predhodno usposobljenem modelu, razvitem s pomočjo TensorFlow. Model konvolucijskega nevronskega omrežja (tiny_conv) se usposobi s +100 000 enosekundnimi (ali manj) vzorci zapisa (format .wave) 35 različnih fonemov (podatkovni nabor Googlovih govornih ukazov). Izurjeni model je TensorFlow Lite pretvoril v C bajtno polje, ki ga bo uporabil na majhnem mikrokontrolerju kot je Nano (končni model ima več kot 90-odstotno natančnost in velikost le 19 KB).

Upoštevajte, da neobdelanih podatkov (zvočnik v formatu .wave) ni mogoče uporabiti neposredno s CNN modelom. Najprej

je treba zvočne podatke pretvoriti v sliko (40×49 slikovnih pik), kar se naredi s pretvornikom funkcij MFCC, kot je prikazano na sliki 25.

Melfrekvenčni cepstralni koeficienti (MFCC) so koeficienti, ki skupaj sestavljajo MFC, to je predstavitev kratkoročnega spektra moči zvoka, ki temelji na linearni kosinusni transformaciji spektra logaritemske moči na nelinearni mel lestvici frekvence.

Poglejmo, kako koda deluje na splošno

1. *Arduino mora nenehno poslušati zvok okoli sebe. Mikrofon zajame zvočne vzorce (vsako sekundo) in jih pretvori v 16-bitne podatke (impulzno kodirana modulacija—PCM). Modul ponudnika zvoka opravi to nalogo.*
2. *PCM podatke je treba pred uporabo v sklepanju predhodno obdelati. Na modulu Feature Provider se neobdelani podatki pretvorijo v slike s pretvornikom funkcij MFCC. Vsak vzorec bo monokromatska slika (ali tenzor velikosti: [1, 49, 40, 1]).*
3. *Tolmač TFLite izvaja sklepanje, ali bolje, razvrsti vhodni tenzor v štiri različne razrede. Izhod bo tenzor z dimenzijo [1, 4], kjer so vrednosti verjetnosti vhodnega zvoka Tišina, Unknot, Da ali Ne.*
4. *Na podlagi teh verjetnosti bo Command Recognizer & Responder modul uporabil izhod tolmača TFLite, da se odloči, ali je bil ukaz slišan, in izvede ustrezne ukrepe. Na primer, če ima zvok večjo verjetnost, da je "YES", se vklopi notranja zelena RGB LED, če je "NO", rdeča in končno, za katero koli drugo možno besedo, modra. Model je kvantiziran za delo z 8-bitnim celim številom, tako da se verjetnost giblje od 0 do 255. Če je verjetnost večja od 200 (okoli 80 %), se ukaz izvede.*

Spreminjanje HW

Namestili bomo dve zunanji LEDici, ki posnemata tisto, kar je storjeno z notranjo LED RGB Nano. Zelena LED bo priključena na nano izhod D2, rdeča pa na D4. Nano izhod D3 (skupaj z GND) bo nadomestila zunanja fizičnatipka, povezana z RPi GPIO13.

Spreminjanje kode

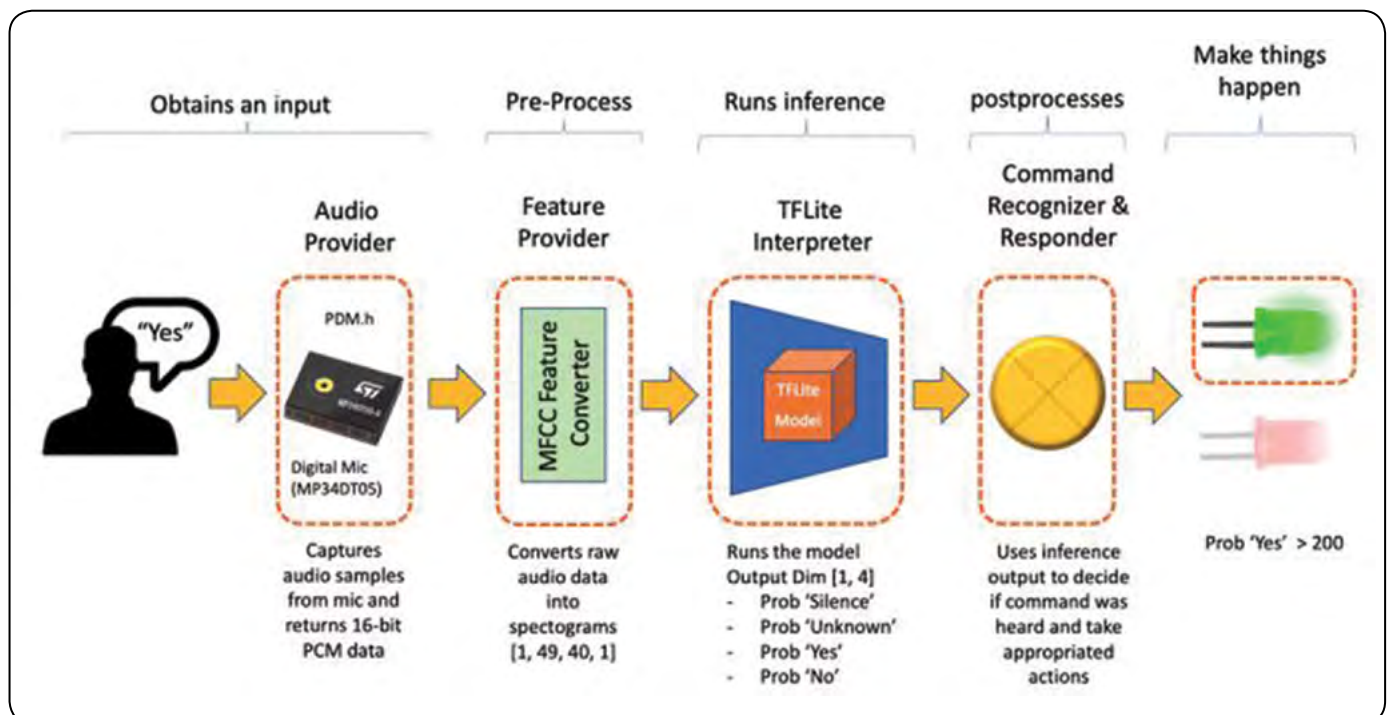
Kodo moramo spremeniti tako, da vsakič, ko opazimo besedo YES (naša budna beseda), zunanja zelena LED sveti in RPi pošlje impulz, ki simulira pritisnjenotipko.

Kot ste lahko videli, je edini modul, ki bi ga bilo treba spremeniti, Command Recognizer & Responder, da se bodo stvari zgodile! Ta koda je na zavihku: arduino_command_responder.cpp (ta zavihke je označen na sliki Arduino IDE, prikazani prej).

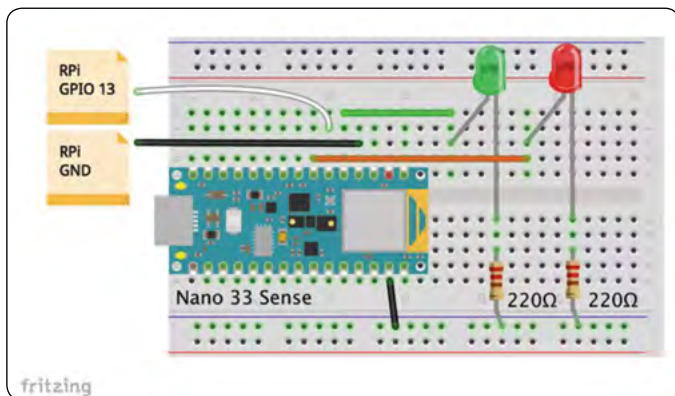
```

1  ...
2  #define GREEN_LED_PIN 2
3  #define SIM_BUT_PIN 3
4  #define RED_LED_PIN 4
5  // Create a function to simulate a button pressed for 500ms
6  void buttonSimulator(){
7      pinMode(SIM_BUT_PIN, OUTPUT);
8      digitalWrite(SIM_BUT_PIN, LOW);
9      delay(500);
10     pinMode(SIM_BUT_PIN, INPUT);
11 }
12 ...
13 pinMode(GREEN_LED_PIN, OUTPUT);
14 pinMode(RED_LED_PIN, OUTPUT);
15 pinMode(SIM_BUT_PIN, INPUT); // Open state
16 ...
17 // If we hear a command, light up the
18 // appropriate LEDs and send signal to RPi
19 if (found_command[0] == 'y') {
20     last_command_time = current_time;
21     digitalWrite(LED_GREEN, LOW); // Green for yes

```



Slika 26: Diagram nadaljuje postopek



Slika 27

```

21    digitalWrite(GREEN_LED_PIN, HIGH); // HIGH for yes
22    buttonSimulator(); // Simulate button
23    }
24    if (found_command[0] == 'n') {
25        last_command_time = current_time;
26        digitalWrite(LED_R, LOW); // Red for no
27        digitalWrite(LED_G, HIGH); // HIGH for yes
28    }
29    ...
30    // If last_command_time is non-zero but
31    // was >3 seconds ago, zero it
32    // and switch off the LED.
33    if (last_command_time != 0) {
34        if (last_command_time < (current_time - 3000)) {
35            last_command_time = 0;
36            digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
37            digitalWrite(GREEN_LED_PIN, LOW);
38            digitalWrite(RED_LED_PIN, LOW);
39            digitalWrite(LED_R, HIGH);
40            digitalWrite(LED_G, HIGH);
41            digitalWrite(LED_B, HIGH);
42        }

```

Če želite izvedeti več o TinyML in o tem, kako je bila razvita izvirna koda, močno predlagam odlično knjigo Petra Wardena in Daniela Situnayakea, TinyML: Strojno učenje s TensorFlow Lite na Arduino in mikrokontrolerskih napravah z izjemno nizko porabo [8].

In to je to!

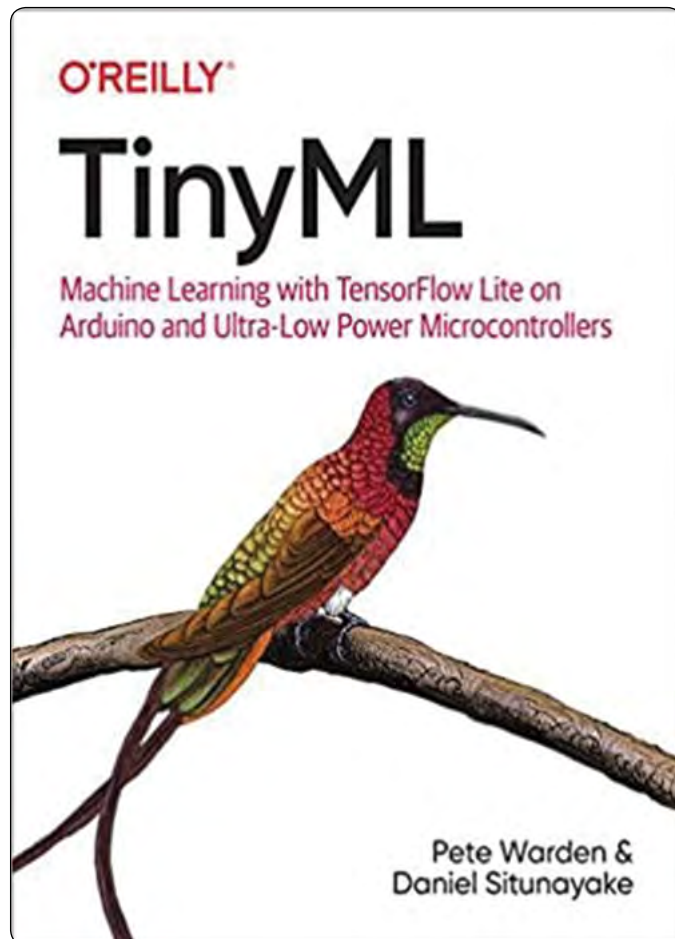
Rezultat je mogoče preveriti na videu, ki je v uvodu, in v celoti spremenjeni Arduino kodi na mojem GitHubu.

Zaključek

Kot vedno upam, da lahko ta projekt pomaga drugim, da se znajdejo v razburljivem svetu umetne inteligence, elektronike in interneta stvari!

Za posodobljene datoteke obiščite moj GitHub:

- *Intelligent_Voice_Assistant*



Lep pozdrav z juga sveta! Se vidimo v mojem naslednjem članku!

Viri:

- <https://bit.ly/3KtmeG5>
- https://youtu.be/e_OPgcnsyvM
- <https://youtu.be/O1ywL9KoyRs>
- <http://www.makerspace-uk.co.uk/respeaker-2-mics-pi-hat/>
- <https://youtu.be/2dfc23eKVp0>
- <https://bit.ly/3rWTrkQ>
- <https://youtu.be/wcKeDZEGiDM>
- <https://amzn.to/3oe0x3d>

Povzeto po:

- <https://mjrobot.org/2021/01/27/building-an-intelligent-voice-assistant-from-scratch/>

<https://mjrobot.org>



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

proggY II

<https://svet-el.si>



Predvajanje glasbe in zaznavanje oseb z ESP32 AVR, ESP, PIC in drugi, ko gre zares (8)

Avtor besedila in fotografij: dr. Simon Vavpotič

E-pošta: simon.vavpotic@gmail.com

V preteklem smo na vremensko postajo 3.0 priključiti še tipali za merjenje relativne zračne vlage in zračnega pritiska, poleg teh pa izdelati še zunanje merilne enote, ki jih bodo poganjali ESP32 moduli. Preverili smo tudi možnosti za priklop precej zmogljivejšega 4-inčnega Waveshareovega prikazovalnika z zaslonom na dotik.

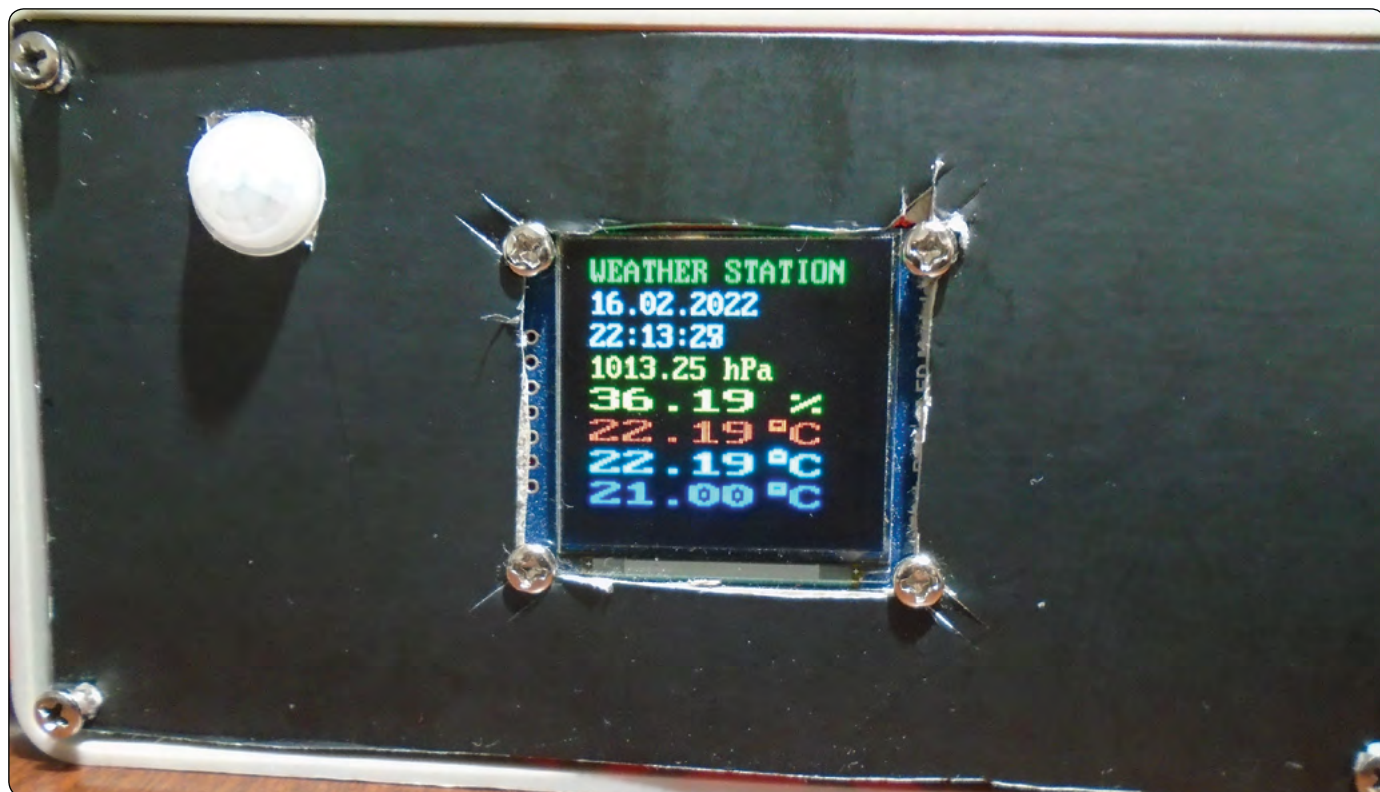
Tokrat bomo vremenski postaji dodali tudi funkcionalnosti, ki jih potrebuje za predvajanje glasbe in uro budilko ter zaznavanje oseb v prostoru. Slednje omogoča samodejno vklopjanje in izklapljanje osvetlitve zaslona. Veliko se bomo tudi naučili iz primera spletnega radija, ki poleg predvajanja podatkovnih tokov spletnih radijev omogoča tudi prevajanje zvokovnih datotek.

Omenimo še, da smo Adafruitovo VS1053 (oziroma združljivo) razvojno ploščo že uporabili v preteklem nadaljevanju za priklop SD kartice, na kateri periodično shranjujemo izmerjene vremenske podatke. Za ESP32 bomo tokrat zato pripravili novo programsko opremo, ki bo vključevala tudi funkcije VS1053 čipa za snemanje, enostavne obdelave in predvajanje Hi-Fi zvoka iz MP3, OGG, FLAC in WAV datotek. Mikavna tudi možnost glasovnega upravljanja vremenske postaje, za katero bi morali še nekoliko dopolniti vgrajeno programsko opremo.

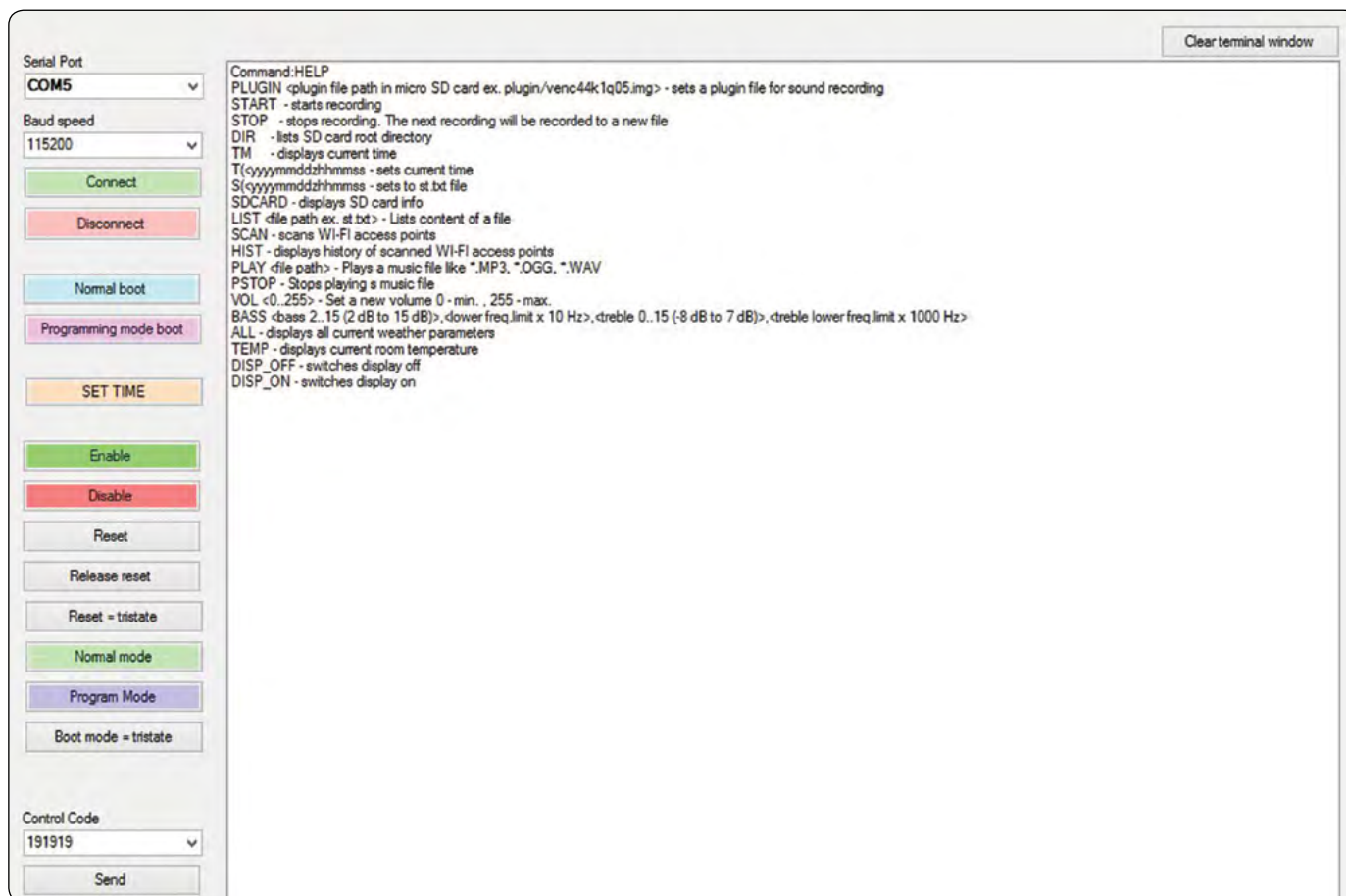
Kako namestiti priključek za linijski izhod?

Dokler se nisem lotil predvajanja zvokovnih datotek, je bil izhod VS1053 lahko skrit v ohišju vremenske postaje in obrnjen navzdol. Če bi ga hotel neposredno uporabiti, bi moral vremensko postajo položiti na hrbet, to pa bi bilo zelo nepraktično. K sreči je mogoče dodati zunanjo avdio vtičnico, njen avdio kabel pa z zgornje strani udobno prispajkati na sicer neuporabljeno vtičnico, kar je bistveno enostavneje kot kakršnakoli predelava elektronike vremenske postaje.

Morda ni odveč omeniti še način pritrditve zunanje vtičnice na zadnji del plastičnega ohišja. Slednje je predebelo, da bi lahko vtičnico privili z matico, vendar pa si lahko pomagamo tako, da izvrtino z zgornje strani povrtamo in s tem posredno stanjšamo plastiko. Tako matico brez težav



Slika 1: Vremenska postaja z novim PIR tipalom, ki zaznava premike v prostoru s pomočjo infrardeče svetlobe



Slika 2: Prikaz pomoči z naborom ukazov v terminalskem oknu

privijemo, poglobljena vtičnica pa hkrati deluje veliko bolj profesionalno.

Adafruitova VS1053 programska knjižnica

Podpira vse funkcije zvokovnega modula v Arduino razvojnem okolju: nastavitve glasnosti za levi in desni kanal, predvajanje zvoka in snemanje zvoka. Za tekoče predvajanje ali snemanje zvoka mora nadzorni mikrokontroler (AVR, ESP, PIC, STM) z dovoljšnjo hitrostjo prenašati podatke med VS1053 in svojim pomnilnikom ter perifernimi enotami za masovno hrambo podatkov (najpogosteje mikro SD kartico). V pomoč so v Adafruitovi programski knjižnici tudi funkcije, ki podpirajo predvajanje zvokovnih datotek z različnimi nadzornimi mikrokontrolerji. Predvajanje zvoka je tako trivialno z enim klicem funkcije, v katerem podamo pot do datoteke na (mikro) SD kartici, a le dokler si lahko privoščimo predvajanje zvokovne datoteke v celoti. V nasprotnem primeru lahko uporabimo funkcijo za začetek predvajanja, nato pa poskrbimo, da nadzorni mikrokontroler sproti prenaša bloke podatkov v ali iz VS1053 modula.

Omenimo še, da lahko VS1053 modul tudi programiramo, oziroma v njegov RAM naložimo dodaten kodek, kar je še posebej pomembno pri tekočem snemanju zvoka z različnimi ločljivostmi. K sreči so na proizvajalčevi spletni strani na voljo tudi gotovi kodeku v obliki izvedljivih binarnih datotek, ki jih

pred snemanjem s posebnim ukazom v Adafruitovi programski knjižnici preprosto prekopiramo v RAM VS1053 modula in nato z drugim ukazom zaženemo. Šele nato lahko zaženemo tudi snemanje zvoka. Kakorkoli, pri gradnji ure budilke nas zanima predvajanje zvoka, ki ga, kot bomo videli v nadaljevanju, lahko zagotovimo na več načinov.

Kako zagotoviti nemoteno predvajanje Hi-Fi zvoka?

Čeprav lahko ESP32 modul deluje pri interni frekvenci 240 MHz, z zunanjimi napravami še zdaleč ne more tako hitro komunicirati. Zato je dejanska hitrost izvajanja programa odvisna tudi od zakasnitev pri komunikaciji z zunanjimi napravami. Denimo, zakasnitev pri komunikaciji s prikazovalnikom lahko pomeni težave pri predvajanju zvokov, če prenosov podatkov prikazovalnik ne razdelimo na manjše kose, med katerimi poteka prenos podatkovnih blokov z zvočnimi posnetki. Zakasnitve povzročajo tudi latence brezžičnih modulov in senzorjev temperature, tlaka in relativne vlažnosti zraka. Zato je potrebno vse podatkovne prenose prilagoditi časovno kritičnim podatkovnim prenosom.

Vsako zunanjo napravo lahko z ESP32 modulom povežemo s svojim vodilom, lahko pa namesto tega uporabimo eno vodilo za več naprav in med njimi preklapljam. Slednje zahteva tudi manj priključkov na ohišju čipa. Denimo, Adafruitova razvojna plošča združuje priključke SCK, MOSI in MISO VS1053 čipa,

kakor tudi ležišča SD kartice. Če ležišče uporabljamo za SD kartico, je lahko hkrati aktivna samo ena od obeh naprav. SD kartico lahko prek lastnega SPI vodila povežemo le, če vgradimo dodatno ležišče za mikro SD ali SD kartico. Zakaj je to pomembno? VS1053 modul ima vgrajen sorazmerno majhen izravnalnik, vendar nima neposrednega dostopa do SD kartice. Pri predvajanju ali snemanju zvoka mora za prenos podatkov iz SD kartice izravnalnik VS1053 in obratno poskrbeti ESP32 modul, oziroma nadzorni mikrokontroler.

Po drugi strani, delovanje ESP32 modula zavirajo sorazmerno počasne periferne naprave. Velik pretok podatkov zahteva tudi hitro osveževanje vsebine barvnega prikazovalnika z SSD1351 kontrolerjem, ki zmore hitrosti SPI vodila do okoli 4,5 MHz (testiral sem tudi z 10 MHz in je delovalo). Vendar prenosa podatkov med ESP32 in SSD1351 ne moremo venomer povečevati, lahko pa uporabimo programerski trik in v programski kodi glavne zanke večkrat izvedemo naslednji pogojni stavek:

```
if(musicPlayer.playingMusic)
{musicPlayer.feedBuffer();}
```

s katerim med predvajanjem glasbe po potrebi oddamo nov podatkovni blok z digitalnim zvokom. To je podobno kot če uporabimo prekinitve s časovnikom, le da nam ni potrebno paziti na usklajevanje dostopa do SD kartice in drugih perifernih naprav, saj stavek izvedemo iz glavne programske zanke. Povejmo še, da moramo prej zgraditi programski objekt musicPlayer, kar storimo z ukazom:

```
Adafruit_VS1053_FilePlayer musicPlayer =
Adafruit_VS1053_FilePlayer(RESET, CS, DCS,
DREQ, CARDCS);
```

v katerem navedemo tudi vezavo priključkov VS1053 modula na nadzorni mikrokontroler (določimo vrednosti konstant: RESET, CS, DCS, DREQ in CARDCS):

Druga možnost v Adafruitovi programski knjižnici je uporaba prekinitve na GPIO, na katerega vežemo signal DREQ, ki ga VS1053 postavi na logično vrednost 1, ko potrebuje nov podatkovni blok. Delovanje prekinitve vzpostavimo s preprostim ukazom:

```
musicPlayer.useInterrupt(VS1053_
FILEPLAYER_PIN_INT);
```

Pri tem nam ni potrebno skrbeti za pravo povezavo prekinitve in GPIO, na katerega smo vezali DREQ signal, saj je za to poskrbljeno že znotraj Adafruitove programske knjižnice. Omenjena funkcija vrne vrednost true, če vzpostavitev prekinitve uspe, in vrednost false v nasprotnem primeru.

Povejmo še, da lahko delovanje prekinitve vzpostavimo tudi mimo Adafruitove programske knjižnice, z ukazom attachInterrupt in pripadajočim prekinitvenim programom, ki ga moramo v tem primeru napisati sami. Je pa tudi res, da podpora za prekinitveni način delovanja v Adafruitovi programski knjižnici ni najboljše izvedena v primerih, ko SD kartice ne uporabljamo zgolj za delo z VS1053 modulom, ampak do nje dostopamo tudi iz drugih delov programske kode glavnega programa.

Posledica je sesutje Arduinovnega jedra. Za implementacijo je tako še najlažja prva rešitev, lahko pa se namesto tega zglejemo po primeru spletnega z ESP32, objavljenem na spletni strani PC USB Projects (sites.google.com/site/pcusbprojects).

Glasnost in barva zvoka

Adafruitova programska knjižnica ima funkcijo za določanje slabljenja zvoka, posebej za levi in desni stereo kanal. Največjo glasnost tako predstavlja vrednost 0, največje slabljenje pa vrednost 255. Seveda lahko potrebno slabljenje signala izračunamo tudi iz nastavitve glasnosti, tako da je slabljenje = 255 – glasnost. Slabljenje nato nastavimo za oba kanala s funkcijo:

```
musicPlayer.setVolume(255-music_volume);
```

kjer je music_volume glasnost. Pri preizkušanju z 32-ohmskimi slušalkami, je so bile smiselne nastavitve glasnosti od 150 naprej, ostalo pa je bilo pretiho za normalno poslušanje.

Čisto druga zgodba pa je z nastavitvijo barve zvoka. Moja različica Adafruitove programske knjižnice z decembra lani ni imel vgrajene ustrezne funkcije, a kljub temu sem med konstantami v datoteki glave (Adafruit_VS1053.h) našel tudi vrstico:

```
#define VS1053_REG_BASS 0x02
//!< Built-in bass/treble control
```

Zato je bilo več kot očitno, da VS1053 podpira nastavitve nizkih kot visokih tonov, kar zasledimo tudi v njegovi podatkovni polji med opisi polj posameznih 16-bitnih krmilnih registrov. Prednastavljena vrednost registra BASS je 0, kar pomeni nespremenjen zvok. Zato sem v izvirno kodo Adafruitove programske knjižnice dodal še naslednjo funkcijo:

```
void Adafruit_VS1053::setBassTreble(uint8_t
vbass, uint8_t flbass, uint8_t vtremble,
uint8_t fltreble ) {
uint16_t v; vtremble&=0xf; fltreble&=0xf;
vbass&=0xf; flbass&=0xf;
v = vtremble; // in 1.5 dB steps
v <= 4; v|=fltreble; // freq limit in 1000
Hz steps
v <= 4; v|=vbass; // in 1.5 dB steps
v <= 4; v|=flbass; // freq limit in 10 Hz
steps
noInterrupts(); sciWrite(VS1053_REG_BASS,
v); interrupts();
}
```

ki nastavi barvo zvoka za nizke tone in visoke tone, pri čemer lahko izbiramo tudi spodnji frekvenčni omejitvi ojačenja nizkih in visokih tonov, pri čemer omejitev za nizke tone nastavljamo v korakih po 10 Hz od 0 Hz naprej, omejitev za visoke tone pa po korakih po 1000 Hz od 0 Hz naprej. Jakost ojačenja nizkih tonov nastavljamo od 0 dB naprej po korakih 1 dB (vrednosti 1..15, 0 izklop), medtem ko jakost ojačenja visokih tonov nastavljamo od -8 do 7 dB s korakom 1,5 dB (vrednosti 1 .. 15, 0 izklop). Ob napisanem ste verjetno že uganili, da vsakega od parametrov nastavljamo s 4-bitno vrednostjo, pri čemer

vrednost jakosti 0 pomeni izklop funkcionalnosti. Če si nekoliko podrobneje ogledamo še podprograme za snemanje zvoka iz linijskega vhoda ali mikrofona (vgrajen je v večino razvojnih plošč z VS1053 čipom), ugotovimo, se pred snemanjem barva zvoka izklopi, saj podprogram, ki sproži snemanje, v register BASS zapiše vrednost 0. Če slednje izpustimo, lahko snemamo tudi predprocesiran zvok z nastavljenjo barvo.

Ura budilka

Vremenska postaja prikazuje uro, zdaj moramo dodati le še alarme, od katerih lahko vsakemu priredimo drug zvok iz strnjenih glasbenih datotek. Nastavitve v programski kodi bomo zaenkrat izvedli iz aplikacije na PCju prek RS232 vmesnika. Za osnovo bomo uporabili projekt preklopne ure, ki omogoča programiranje več vklopov in izklopov releja. Programsko kodo bomo razširili tako, da bomo izklope izpustili, obenem pa omogočili, izbiro zvokovne datoteke, ki jo bi predvajal VS1053 modul ob sprožitvi alarma.

Osnova za proženje alarmov je urnik, ki lahko prestavimo z naslednjo podatkovno strukturo:

```
struct schedule_item {
    int recurring;
    int t_year;int t_month;int t_day;int t_hour;
    int t_min;int t_sec;
    int action; String s_param;
};
```

Urnik sestavljen iz postavk, ki vsebujejo ponovljivost dogodka, ki je lahko: 0 – enkratni dogodek, 1 – ponovitev 1x na dan, 2 – ponovitev 1x na teden, 3 – ponovitev 1x na mesec, 4 – ponovitev 1x na leto, čas dogodka (leto, mesec, dan, ura, minuta, sekunda), akcija, ki se izvede (denimo predvajanje zvoka) in parameter akcije (denimo pot do zvokovne datoteke).

Potrebujemo tudi procesno logiko za obdelavo postavk, ki jo sestavljajo podprogrami za procesiranje urnika, dodajanje postavk, brisanje postavk ter vzpostavitev začetnega stanja oziroma zagon urnika. Poseben podprogram omogoča tudi izpis in pregledovanje urnika.

Seveda pa vse naštetu še ni dovolj, saj potrebujemo tudi uporabniški vmesnik za urejanje alarmov. Še najenostavneje je, če jih nastavimo iz PCja prek terminalskega dostopa. Mogoče je tudi upravljanje prek OLED prikazovalnika in enkoderja s tipko, a prej moramo zgraditi kompleksnejši uporabniški vmesnik.

Zaznavanje gibanja v prostoru in samodejni vklop zaslona

Gotovo ni smiselno, da je OLED prikazovalnik vremenske postaje ves čas vklopljen, tudi ko nas ni v prostoru, saj se s tem veliko bolj obrablja. OLED prikazovalniki slabše kakovosti pri intenzivni uporabi dobijo spomin, oziroma se besedilo ali slike na mestih, ki so vedno vklopljena nekako »vžge« v zaslon, tako da je ob zamenjavi vsebine še vedno delno vidno. Nekaj

podobnega smo bili vajeni v osemdesetih letih preteklega stoletja, ko smo uporabljali peceje z monokromatskimi zasloni in grafične kartice Hercules...

AM312 PIR senzor je ena najcenejših rešitev za zaznavanje gibanja v prostoru s pomočjo infrardeče svetlobe. V miniaturnem razvojnem vezju, za katerega na nemškem Amazonu odštejemo okoli štiri evre, ima tudi belo ohišje za lepšo razporeditev svetlobe ter 3,3-voltni napetostni stabilizator v čipu z oznako 7533, zato ga lahko uporabljamo tudi s 5-voltnimi mikrokontrolerji. Razvojna plošča z AM312 senzorjem ima tri priključke, po enega za napajanje in maso ter signalni izhod, katerega izhodna napetost je med 0 in 3,3 V. Visok napetostni nivo pomeni zaznavo gibanja, nizek pa odsotnost gibanja. Kljub temu bi bilo v vgrajeni programski kodi mikrokontrolerja potratno venomer preverjati stanje PIR senzorja, zato si lahko pomagamo z GPIO, s katerim povežemo strojno prekinitev. Ob zaznavi gibanja, se tako veno sproži prekinitveni program, ki za nekaj časa vklopi prikazovalnik, nato pa se ta ponovno izklopi, ko ni več gibanja.

Za implementacijo vklopa in izklopa OLED prikazovalnika s krmilnikom SSD1351 lahko v glavnem programu uporabimo kar funkcijo `oled.Write_Command`, če smo prej v glavnem programu zaslon definirali kot objekt `oled`. Funkcija krmilniku posreduje poljuben ukaz, pri čemer kode ukazov najdemo v glavi programske knjižnice v datoteki `OLED_Driver.h` (moja različica knjižnice, ki podpira 262.000 barv ima oznako `OLED_Driver18.h`, saj je barva vsake točke zaslona podana z 18 biti namesto s 16, kot pri originalnem gonilniku). Kakorkoli, prikazovalnik izklopimo z ukazom `oled.Write_Command(SSD1351_CMD_DISPLAYOFF)`, ko PIR senzor dlje časa ne zazna premikov, kar pomeni, da ni v prostoru nikogar, prižgemo pa takoj, ko PIR senzor zazna gibanje. Tako je vklop zaslona samodejen in so vremenski podatki na voljo vedno, ko jih morebiti potrebujemo.

Poglejmo še, kako je izdelan prekinitveni podprogram za prižganje zaslona:

```
void IRAM_ATTR PIR_isr() {
    noInterrupts();
    Serial.print(".");
    if(disp_screen_saver_active){
        disp_start_ts=millis();
        Serial.println("PIR = on");
        if(!disp_status){
            oled.Write_Command(SSD1351_CMD_DISPLAYON);
            // display on
            disp_status=true;}
        } interrupts();}
```

Poleg tega moramo v podprogramu Setup v Arduino kodi zag-nati tudi ukaz

```
attachInterrupt(PIR,PIR_isr,RISING);
```

s katerim aktiviramo prekinitveni na PIR priključku, ko ta ob zaznavi premikanja spremeni logično vrednost iz nizke (0) v visoko (1). Ugašanje prikazovalnika je implementirano v sklopi glavne zanke (Loop)z naslednjim podprogramom:

```

if((disp_screen_saver_active)&&(!digitalRead(PIR))){
  if(disp_status){
    if((uint32_t)(millis()-disp_start_ts)>=disp_screen_saver_ms){
      oled.Write_Command(SSD1351_CMD_DISPLAYOFF); // display off
      disp_status=false;
    }}
}

```

Opozorimo le še na to, da moramo biti pri izbiri priključkov GPIO previdni, saj morajo ti omogočati tudi namestitev strojne prekinitev, če jo želimo uporabiti. V nasprotnem, lahko stanje priključka preverjamo ciklično v glavni zanki, za kar nekoliko razširimo zgornji podprogram:

```

if(disp_screen_saver_active){
  if(digitalRead(PIR)){
    disp_start_ts=millis();
    if(!disp_status){
      oled.Write_Command(SSD1351_CMD_DISPLAYON);
      // turn display on
      disp_status=true;
    } else if(disp_status){
      if((uint32_t)(millis()-disp_start_ts)>=disp_screen_saver_ms){
        oled.Write_Command(SSD1351_CMD_DISPLAYOFF); // turn display off
        disp_status=false;
      }}
}

```

Tako kot v zgornjih primerih tudi tu funkcionalnosti ohranjevalnika zaslona vklopimo s spremenljivko `disp_screen_saver_active`.

Rotacijski enkoder s tipko

Naprednejši uporabniški vmesnik je smiselno samo, če imamo tudi učinkovit način njegovega upravljanja. Izhode enkoderja s tipko (CLK, DT in SW) povežemo z ESP32 modulom povežemo prek treh vhodov. Od GPIO priključkov ESP32 modula se splača izbrati tiste, ki lahko generirajo strojne prekinitev, saj bomo v nasprotnem njihovo stanje morali preverjati s pomočjo prekinitvenega podprograma, proženega s časovnikom, ali pa v glavni zanki, kot vidimo zgoraj. Mimogrede opozorimo, da je enkoder pasivni element, ki izhode veže na maso, zato moramo zagotoviti upornosti proti napajanju, da dobimo napetosti za logični stanji 0 in 1.

Signala CLK in DT določata smer in hitrost vrtenja enkoderja, medtem ko je signal SW povezan z njegovo tipko. CLK se proži vsakokrat ko zavrtimo enkoder naprej ali nazaj, medtem ko sprememba vrednosti DT pove, v katero smer smo ga zavrteli. Pri izbiranju menijev in vnosu podatkov so premiki enkoderja pogosti, zato bi morali brez uporabe prekinitev njegovo stanje v glavni pogosto preverjati, da bi zagotovili ustrezno odzivnost uporabniškega vmesnika. Zato uporaba prekinitev skoraj nujna. Poglejmo, kako pripravimo prekinitveni podprogram za enkoder. Izhoda CLK in DT vežemo na prekinitveni podprogram za merjenje pozitivnega in negativnega zasuka, pri čemer merimo število premikov v skladu z Machestersko notacijo, oziroma na

osnovi vseh šestnajstih mogočih prehodov signalov DT in CT v novi stanji, ki jih lahko določimo tabelarično ali pa s programsko odločitveno logiko. Pri tem vsaki kombinaciji dvobitnega začetnega stanja in dvobitnega končnega stanja pripišemo vrednosti -1, 0 in 1, ki pomenijo obstanek na mestu, negativno ali pozitivno rotacijo.

Vnos podatkov v uporabniškem vmesniku

Lotimo se še izgradnje uporabniškega vmesnika, pri katerem je najpomembnejše zagotoviti način za enostaven in intuitiven vnos predvsem številčnih podatkov in izbiro parametrov. Zato se najprej lotimo vnosa podatkov. Ena izmed možnosti je majhna navidezna tipkovnica s 25 črkami in 10 ciframi, ki jo lahko izrišemo v spodnji del prikazovalnika s 128 x 128 pikami. Po znakih tipkovnice se premikamo s pomočjo rotacije in pritiskanja na stikalo enkoderja. Navidezno tipkovnico lahko tudi poenostavimo, če jo potrebujemo samo za pisanje števil in jo izpišemo na manjšem prostoru tako, da vsebuje samo cifre desetiškega in opcijsko tudi 16-tiškega številčnega sestava.

Krmarjenje med vnosnimi polji je z enkoderjem sorazmerno enostavno. Zato pa je boljše vprašanje, kako jih izrisati. Pri tem si lahko pomagamo s funkcijami že programskih knjižnic `OLED_Driver` in `OLED_GFX`, ki omogočajo izris znakov. Pri tem lahko znak, ki ga še izbiramo vsakokrat posebej označimo. Pri ustvarjanju dinamične grafične podobe uporabniškega vmesnika si lahko pomagamo tudi z možnostmi obdelave samo dela zaslona, medtem ko ostane ostala vsebina nespremenjena. Pri tem lahko upoštevamo, da pri ponovnem izrisu znakovne vrstice enaki znaki prejšnjega besedila ostanejo nespremenjeni, če čezenj izpišem nekoliko spremenjeno besedilo, zato uporabnik dobi vtis, da je besedilo popravil samo na mestu urejanja.

Spreminjanje in prilagajanje nabora znakov

Pri enostavni računalniški grafiki si lahko učinkovito pomagamo tudi s spreminjanjem in prilagajanjem nabora znakov. A tu pogosto naletimo na ovire, saj so v C/C++ programski kodi slike znakov kodirane s številčnimi vrednostmi, ki jih ne moremo preprosto urejati in posodabljalati. Na primer, nabor znakov, ki je definiran v datoteki `ASCII_font.h` v tabeli:

```

const unsigned char ascii_table_8x16[95]
[16]={...};

```

ima definiranih zgolj 95 znakov (ASCII kode: 32, ... , 126). Tako ostane prostih še 161 ASCII kod, za katere lahko definiramo lastne znake, tudi take, s katerimi lažje izrisujemo grafične elemente, kar smo poznali tudi v tekstovni grafiki prvih PCjev.

Kako se lotiti dopolnjevanja nabora znakov? Vsak znak sestavlja 16 bajtov, ki so razvrščeni od najvišje ležečega do najnižje ležečega. Če hočemo dodati nov znak, lahko namesto šestnajstiškega zapisa v urejevalniku C/C++ kode uporabimo binarnega. Denimo, v znak »*« šestnajstiškem zapisu:

```
0x80,0xA0,0xE0,0xC0, 0xC0,0xE0,0xA0,0x80,
0x00,0x02,0x03,0x01, 0x01,0x03,0x02,0x00
```

prekodiramo tako, da vse bajte podpišemo in obenem spremenimo v binarni zapis, ki je berljiv prevajalniku za C/C++:

```
B10000000, // zgornja polovica
B10100000,
B11100000,
B10110000,
B10110000,
B11100000,
B10100000,
B10000000,

B00000000, // spodnja polovica
B00000010,
B00000011,
B00000001,
B00000001,
B00000011,
B00000010,
B00000000
```

Zdaj lažje opazimo, da je znak velikost 8x16 znakov izdelan tako, da je vsak znak po stolpcih razdeljen v zgornjo in spodnjo polovico. Biti so v posameznem stolpcu od vrha navzdol urejeni od najmanj pomembnega do najpomembnejšega. Spodnja polovica je za 8 pik nižje od zgornje zato bi si znak »*« veliko lažje predstavljali, če bi spodnjo in zgornjo polovico, vsako posebej, zasakali za 90 stopinj v levo in zgornjo polovico položili na spodnjo. Kakorkoli, poskusimo zvezdico spremeniti v znak za stopinjo (npr. st. C), oziroma krogec zgoraj:

```
B00000000, // zgornja polovica
B00000000,
B00000000,
B00111110,
B01100011,
B01100011,
B00111110,
B00000000,

B00000000, // spodnja polovica
B00000000,
B00000000,
B00000000,
B00000000,
B00000000,
B00000000,
B00000000
```

Čeprav lahko binarni zapis ohranimo, in vstavimo v C/C++ koda, je morda še enostavneje, če ga pred tem ponovno spremenimo v šestnajstiški zapis:

```
0x00,0x00,0x00,0x3E, 0x33,0x33,0x3E,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00, 0x00,0x00,0x00,0x00
```

V zadnjem koraku moramo spodnjo vrstico le še dodati v tabelo znakov, kar je najlažje kot zadnjo vrstico na konec tabele. Tako je nova definicija tabele:

```
const unsigned char ascii_table_8x16[95]
[16]={....,
0x00,0xC0,0x60,0x30, 0x30,0x60,0xC0,0x00,
0x00,0x01,0x03,0x06, 0x06,0x03,0x01,0x00};
```

Zdaj moramo v programski datoteki OLED_GFX.cpp v funkciji Display_String_8x16 Adafruitove programske knjižnice OLED GFX le še spremeniti omejitev zadnje podprte ASCII kode znaka iz 0x7E (126) na 0x7F (127). Znak z ASCII kodo 127 bo tako krogec za stopinjo. Lahko pa namesto tega definiramo v datoteki ASCII_font.h definiramo konstanto LAST_ASCII_CODE_FONT_8x16, ki ji v datoteki glave priredimo vrednost 0x7F, saj tako pri nadaljnjem širjenju nabora znakov ne bo treba venomer brskati po izvorni kodi:

```
#define LAST_ASCII_CODE_FONT_8x16 0x7F
Konstanta bo vidna tudi v OLED_GFX.cpp,
saj ta vključuje ASCII_font.h.
```

Prihodnjič

Idej za dodajanje novih funkcionalnosti še kar ni dovolj. Prihodnjič nadaljujemo z gradnjo uporabniškega vmesnika in dodajanjem grafičnih elementov. Zanimalo nas bo tudi, kako vremenski postaji dodati še funkcionalnost internetnega radija. Ukvarjali se bomo tudi s hitrim prenosom podatkov, kot ga pozna večina naprav s priključki USB, denimo digitalni fotoaparat. Slednji se po priklopu na USB vtičnico navadno preklopi v način za polnjenje ali v način za prenos podatkov. Zanimal nas bo slednji, saj želimo imeti možnost hitrega kopiranja podatkov na kartici (mikro) SD, ne da bi jo odstranili iz naprave...

Povezava:

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

<https://svet-el.si>



IDC-6



Koda: 5ELU0344, Cena: z ddv 24,90 EUR
PROGGY II je USB AVR programator.

proppy II

<https://svet-el.si>



ATtiny I2C slave (3) - dvosmerna komunikacija

Avtorja: Vladimir Mitrović in Robert Sedak

E-pošta: vmitrovic12@gmail.com

RGB modul, o katerem smo pisali v predhodnih dveh nadaljevanjih, sprejema podatke od I2C masterja, vendar mu ne pošilja nikakršne povratne informacije. I2C knjižnice za ATtiny mikrokontrolerje, ki smo takrat predstavili, pa omogočajo dvosmerno komunikacijo; v tem članku bomo predstavili enostaven I2C slave in pripadajoče programe, ki bodo znali masterju odgovoriti na poslano vprašanje.

ATtiny I2C slave - dvosmerna komunikacija

Shema I2C read-write slave modula je prikazana na sliki 12. Ker ne gre za vezje, ki bi imelo neko koristno praktično uporabo, nismo razvijali ustreznega modula, pač pa smo ga realizirali na univerzalni eksperimentalni plošči. Čeprav je enostavno, nam bo vezje omogočilo, da nazorno ilustriramo tehniko programiranja dvosmerne komunikacije po I2C protokolu.

Definicija programske naloge

Master pošilja sporočilo naslednje strukture:

- *START*
- *write naslov RGB slave mikrokontrolerja (izbrali smo naslov &B11110000)*
- *številka v razponu 0-255*

Ko po START signalu RW slave prepozna lasten 7-bitni naslov "1111000", v katerem je osmi naslovni bit "0", bo sprejel naslednji bajt in izračunal dve vrednosti:

```
številka_1 = številka * 2
številka_2 = 255 - številka
```

Naslov in sprejeti bajt slave je potrebno potrditi tako, da pošljemo ACK signal. Kadar se na vodilu pojavi naslov nekega drugega čipa, ga RGB slave ne bo potrdil z ACKom in ne bo sprejemal nobenih podatkov dokler ne bo ponovno adresiran.

Master pošilja novo sporočilo naslednje strukture:

- *START*
- *read naslov RGB slave mikrokontrolerja (izbrali smo naslov &B11110001)*

Ko po START signalu RW slave prepozna lastni 7-bitni naslov "1111000", v katerem je osmi adresni bit "1", bo prebral stanja stikal, ki so vezana na priključke porta B in bo poslal masterju naslednje tri podatke:

- *številka_1*
- *številka_2*
- *PINB*

Master mora prva dva sprejeta bajta potrditi s pošiljanjem ACK signala, po zadnjem pa bo poslal NACK in končal komunikacijo:

- *STOP*

Bascom-AVR rešitev

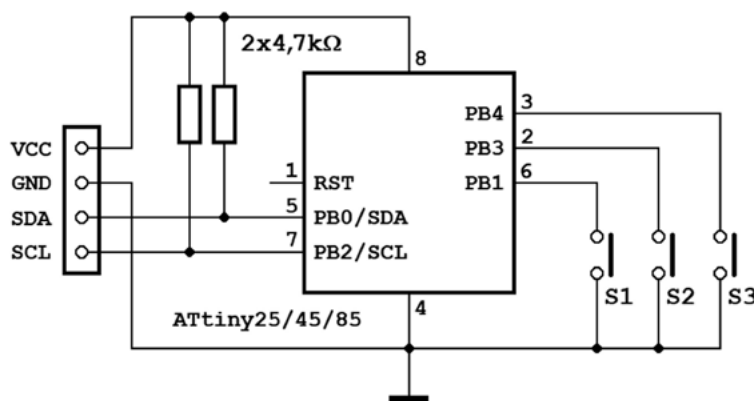
Program ATtiny85_RW_slave.bas

Najprej bomo definirati I2C naslov,

```
Const I2c_slave_address = &B11110000
```

številka bajta, ki jo slave pričakuje od masterja (1) in številka bajta, ki ga bo poslal masterju (3)

```
Const I2c_bytes_to_receive = 1
Const I2c_bytes_to_send = 3
```



Slika 12: Shema I2C slave modula, s pomočjo katerega bomo ilustrirali način dvosmerne komunikacije

in končno, priključke, katere bo uporabljal za komunikacijo:

```
I2c_port Alias Portb
I2c_pin Alias Pinb
Const Scl = 2          'PB.2 = SCL
Const Sda = 0          'PB.0 = SDA
```

Izbrali smo komunikacijske priključke, ki pri mikrokontrolerjih iz serije ATtiny25/45/85 hkrati ustrezajo SCL in SDA vhodom USI vezja, zato bomo v program vključili knjižnico, ki za I2C komunikacijo uporablja USI vezje:

```
$include Attiny_i2cslave_usi.sub
```

Knjižnica bo definirala naslednje spremenljivke:

```
Dim I2c_address As Byte
Dim I2c_rcv_byte(i2c_bytes_to_receive) As Byte
Dim I2c_snd_byte(i2c_bytes_to_send) As Byte
```

Dolžina nizov je določena z vrednostmi konstant I2c_bytes_to_receive in I2c_bytes_to_send in v našem primeru bo imel enega oziroma tri bajte. Sledi inicializacija komunikacijskih pinov, Watchdog tajmerja in USI vezja, nakar komunikacijski program vstopi v glavno zanko v kateri spremlja promet na I2C vodilu in kliče podprograme iz uporabniškega programa, kot smo to opisali v prvem nadaljevanju (članek "ATtiny I2C slave brez težav in odvečnih stroškov", Svet elektronike številka 303). Vse to je vsebovano v sami knjižnici in je "nevidno" za programerja, od katerega se pričakuje samo to, da napiše svoje tri podprograme.

Prvi podprogram je Init_slave; v njemu bomo samo definirati vhodne priključke mikrokontrolerja, na katere so vezane tipke S1, S2 in S3:

```
Init_slave:
'SW1 = PB1
'SW2 = PB3
'SW2 = PB4

Config Portb.1 = Input
```

```
Portb.1 = 1
Config Portb.3 = Input
Portb.3 = 1
Config Portb.4 = Input
Portb.4 = 1
Return
```

Drugi podprogram, ki ga moramo predvideti, je Execute_i2c_command. Ko RW slave prepozna svoj write naslov, bo od masterja prejel še en bajt, ga vpisal v niz I2c_rcv_byte(1) in nato poklical navedeni podprogram. V njemu bomo izvršili računsko operacijo definirane s programsko nalogo in rezultate pospravili v prva dva člena niza I2c_send_byte():

```
Execute_i2c_command:
I2c_snd_byte(1) = I2c_rcv_byte(1) * 2
I2c_snd_byte(2) = 255 - I2c_rcv_byte(1)
Return
```

Tretji podprogram, ki ga moramo predvideti, je Prepare_data_to_be_sent. Komunikacijski program ga bo poklical, ko prepozna svoj read naslov. V njemu pa bomo pripravili podatke, ki jih je treba poslati masterju. Dva podatka smo že pripravili, preostalo je samo branje stanja tipk in jih pospraviti v I2c_send_byte(3):

```
Prepare_data_to_be_sent:
I2c_snd_byte(3) = Pinb
Return
```

Tukaj boste opazili, da smo za pošiljanje pripravili stanja vhodnih priključkov celega porta B in ne samo tistih, na katere so vezane tipke. To smo naredili namenoma, ker bi izločanje stanja interesantnih priključkov in njihovo zlaganje skupaj "enega poleg drugega" zahtevalo nekaj programskih ukazov, kar bi nepotrebno upočasnilo izvrševanje podprograma. Tako smo zagotovili, da slave hitro odgovori na zahtevo masterja, masterju smo pa prepustili, da izloči iz poslane informacije tisto, kar mu je zanimivo.

Poglejmo sedaj, kako je enaka programska naloga rešena v Arduino IDE!



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana
Tel.: 01/ 4771 704
Faks: 01/ 4771 772
E-pošta: ventil@fs.uni-lj.si
Internet: www.revija-ventil.si

Arduino IDE rešitev

Program ATTiny85_RW_slave.ino

Na začetku programa definiramo uporabo knjižnice Wire:

```
#include <Wire.h>
```

Definiramo I2C naslov '0b1111000' za ATTiny slave, spremenljivko, v katero bomo shranili vrednost poslano od masterja in polja, v katerem bomo shranili vrednosti preden jih pošljemo masterju:

```
byte I2C_addr = 0b1111000;
volatile byte i2c_rcv_byte = 0;
volatile byte i2c_snd_byte[3] = {0, 0, 0};
```

V funkciji setup() inicializiramo I2C protokol in dodelimo I2C naslov, zapisan v spremenljivki I2C_addr, definiramo, da se bo izvršila funkcija receiveEvent(), ko knjižnica Wire zazna, da I2C master pošilja podatke in definiramo, da se bo izvršila funkcija requestEvent(), ko knjižnica Wire zazna, da I2C master pošilja zahtevo za sprejemanje podatkov:

```
void setup() {
  Wire.begin(I2C_addr);           // join i2c
  bus with address
  Wire.onReceive(receiveEvent);   // register
  event
  Wire.onRequest(requestEvent);
}
```

Še bomo definirali vhodne priključke mikrokontrolerja, na katere so spojene tipke S1, S2 in S3:

```
pinMode(PB1, INPUT_PULLUP);
pinMode(PB3, INPUT_PULLUP);
pinMode(PB4, INPUT_PULLUP);
} // end setup()
```

V funkciji loop() ni potrebno imeti niti enega ukaza:

```
void loop() {
} // end loop()
```

V funkciji receiveEvent() prevzemamo podatek z I2C vodila, ga shranimo v spremenljivko i2c_rcv_byte, izvršimo računske operacije po programski nalogi in shranimo njihov rezultat v polje i2c_snd_byte :

```
void receiveEvent(int howMany) {
  i2c_rcv_byte = Wire.read();
  i2c_snd_byte[0] = i2c_rcv_byte * 2;
  i2c_snd_byte[1] = 255 - i2c_rcv_byte;
} // end receiveEvent()
```

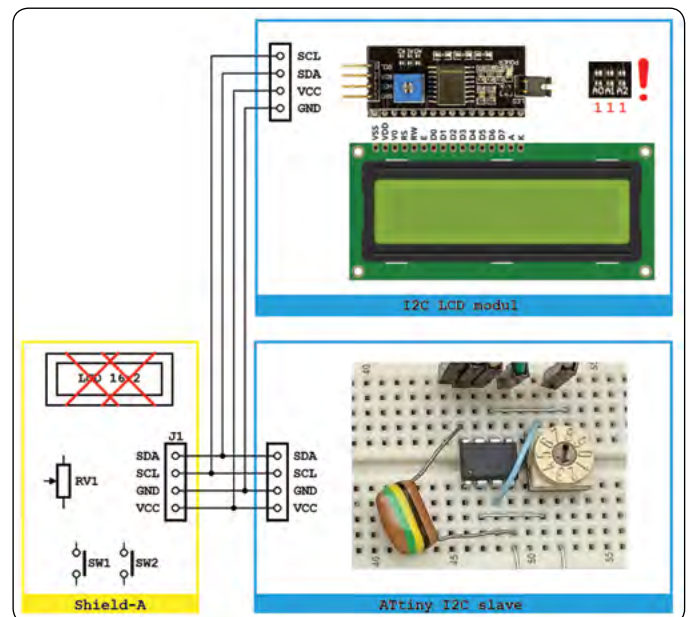
V funkciji requestEvent() pošiljamo na I2C vodilo pripravljene podatke iz polja i2c_snd_byte in tudi stanja vhodnih priključkov celega porta B:

```
void requestEvent() {
  Wire.write(i2c_snd_byte[0]);
  Wire.write(i2c_snd_byte[1]);
}
```

```
Wire.write(PINB);
} // end requestEvent()
```

Arduino I2C master

Kot I2C master smo uporabili razvojni sistem Shield-A postavljen na Arduino UNO. "Master" program je pisan za takšno okolje, katerega shema je prikazana na sliki 5 v preteklem nadaljevanju. Oznake posameznih komponent izvirajo s Shielda-A, modro pobarvane oznake ustrezajo oznakam z Arduino Uno ploščice. Enako dobro bo služil kateri koli podobni razvojni sistem ali vezje z nekim ATmega mikrokontrolerjem, z ustreznimi prilagoditvami programa.



Slika 13: Tako povezujemo Shield-A z RW modulom

Slika 13 kaže kako povezujemo Shield-A z RW modulom, izvedenim na eksperimentalni ploščici. Na sliki so simbolično prikazane komponente Shielda-A, ki jih uporabljamo v master programu: tipki SW1 in SW2 in potenciometer RV1. S potenciometerom RV1 nastavljamo vrednost številke, ki jo bomo poslali RW slave-u. S tipko SW1 pošiljamo celotno komunikacijsko sekvenco: adresiramo slave, mu pošiljamo nastavljeno vrednost, ga ponovno adresiramo v read načinu in od njega sprejemamo podatke, ki nam jih pošilja. S tipko SW2 pošiljamo samo drugi del komunikacijske sekvence: adresiramo slave v read načinu in od njega sprejemamo podatke, ki nam jih pošilja. Če tipko SW1 ali SW2 držimo pritisnjeno, bo program ponavljal pridruženo sekvenco vsakih 50 ms.

Da bi povečali promet na I2C vodilu, smo se odločili, da za prikaz podatkov uporabimo I2C LCD namesto "lastnega" LCD-ja postavljenega na razvojni sistem Shield-A. Prikaz na displeju lahko vidite na fotografiji testnega sistema na sliki 14: v gornji vrstici displeja se izpisuje tekst "ADC B_1 B_2 B_3", v drugi vrstici pa podatki. Pod napisom ADC se izpisuje vrednost, ki jo daje A/D pretvornik ko meri napetost na drsniku potenciometra; z vrtenjem osi dobivamo vrednosti v razponu 0-255. Pod ostalimi napisi se izpisujejo vrednosti treh bajtov, ki jih je master prebral iz slave-a.

Bascom-AVR rešitev

Program Shield-A_RW_ master.bas

Program uporablja naslednje spremenljivke:

Adc_value vsebuje trenutno odčitek A/D pretvornika

I2c_byte(3) vsebuje tri bajte koje master sprejema od slave-a

Na začetku programa definiramo I2C naslov slave mikrokontrolerja, kateremu bo master pošiljal sporočila:

```
Const I2c_address = &B11110000
```

Potrebno je definirati samo write naslov, read naslov bo program izračunal sam, ko ga bo potreboval.

Da bi za I2C komunikacijo lahko uporabili TWI sklop, bomo vključili I2C_TWI.lbx knjižnico, in nato definirali hitrost I2C komunikacije ter SCL in SDA priključke:

```
$lib "i2c_twi.lbx"  
Config Twi = 100000 'SCL = 100kHz  
Config Sda = Portc.4  
Config Scl = Portc.5  
I2cinit
```

Sledi konfiguracija I2C LCD-ja:

```
Config Lcd = 16 * 2  
$include "I2CLCD.sub"  
Lcd$init &B1111
```

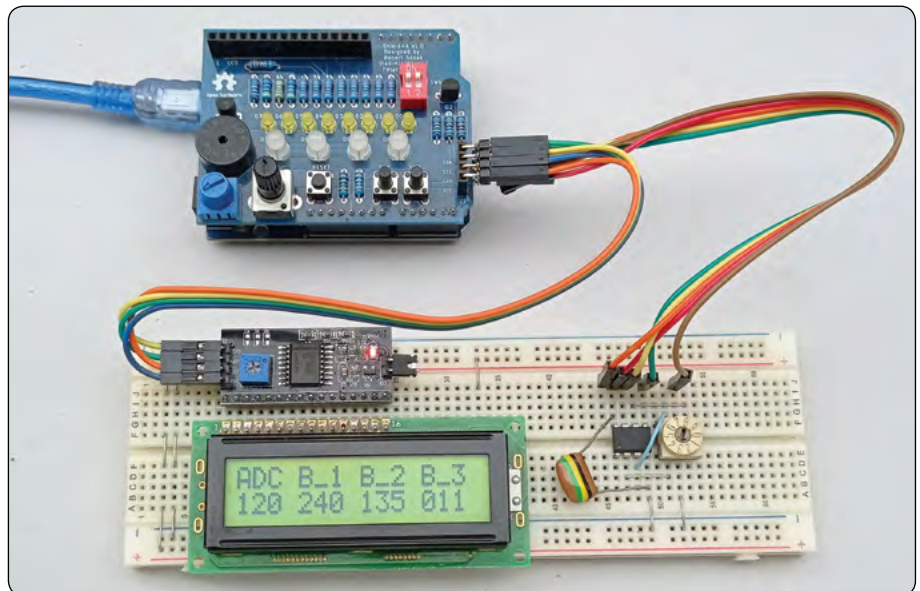
Konstanta &B1111 v Lcd\$init ukazu ustreza I2C LCD modulu s PCF8574A čipom in vsi trije naslovni priključki v stanju "1" (slika 13 zgoraj desno). Knjižnica I2CLCD.sub je funkcionalno identična knjižnici PCF8574_LCD\$SE.sub, o kateri smo podrobno pisali v Svetu elektronike št. 262, v okviru Barduino serije.

A/D pretvornik bomo konfigurirali tako da kot referenčno napetost uporablja napetost napajanja:

```
Config Adc = Single , Prescaler =  
Auto , Reference = Avcc
```

Zaradi tega se bo polni razpon A/D pretvorbe (0-1023) pokrival z vrtenjem osi potenciometra RV1 od ene do druge skrajne pozicije. Še bomo na običajni način konfigurirali vhodne priključke PC1 in PC2, nato vstopimo v glavno Do-Loop zanko. V njej vsakih 50 ms preverjamo stanja tipk SW1 in SW2 in izvršujemo podprogram Disp_adc:

```
Do  
Debounce Pinc.1 , 0 , Sw1_sub , Sub
```



Slika 14: Preverjanje dela RW modula

```
Debounce Pinc.2 , 0 , Sw2_sub , Sub  
Gosub Disp_adc  
Waitms 50  
Loop
```

V podprogramu Disp_adc merimo napetost drsnika potenciometra RV1, delimo izmerjeno vrednost s 4 (tako smo dobili razpon vrednosti 0-255) in jo prikazujemo na LCD-ju:

```
Disp_adc:  
Adc_value = Getadc(0)  
Adc_value = Adc_value / 4  
Locate 2 , 1  
Str_value = Str(adc_value)  
Str_value = Format(str_value , "000")  
Lcd Str_value  
Return
```

Podprogram Sw1_sub se izvršuje vsakič ko pritisnemo tipko SW1. V njemu najprej definiramo read naslov slave-a, preberemo trenutno stanje A/D pretvornika in ga prikažemo na LCD-ju

```
Sw1_sub:  
Const I2c_r_address = &B11110000 Or  
&B00000001  
Do  
Gosub Disp_adc
```

nato pa opravimo komunikacijsko sekvenco po programski naplogi

```
Err = 0  
I2cstart  
I2cwbyte I2c_address  
I2cwbyte Adc_value  
' Waitms 1  
I2cstart  
I2cwbyte I2c_r_address
```

```
'      Waitms 1
I2crbyte I2c_byte(1) , Ack
I2crbyte I2c_byte(2) , Ack
I2crbyte I2c_byte(3) , Nack
I2cstop
```

Waitms ukazi so potrebni samo, če slave potrebuje več od 2 μ s za obdelavo naslova oziroma podatkov, ki mu jih je master poslal. Program našega RW modula je dovolj hiter in so Waitms ukazi zakomentirani. In končno bomo prikazali na LCD-ju sprejete podatke in ponavljali to proceduro dokler se ne spusti tipke SW1:

```
Gosub Disp_i2c_bytes
Waitms 50
Loop Until Pinc.1 = 1
Return
```

Podprogram za prikaz na displeju, Disp_i2c_bytes, najprej preverja stanje sistemkega bita Err, da bi izpisal ustrezno sporočilo, če je prišlo do napake v komunikaciji:

```
Disp_i2c_bytes:
Locate 2, 5
If Err = 1 Then
  Lcd "Err          "
Else
  ...
Endif
Return
```

Nato podprogram oblikuje in izpisuje vrednosti treh bajtov prebranih iz I2C slave-a; ta del programa tukaj ne bomo analizirali.

Podprogram Sw2_sub se izvršuje vsakič ko pritisnemo tipko SW2. Je identičen podprogramu Sw1_sub, razen tega, da je komunikacijska sekvenca skrajšana in je v njej ostal samo del, v katerem master od slave-a zahteva, da mu pošlje tri bajte:

```
Sw2_sub:
Do
Gosub Disp_adc
Err = 0
I2cstart
I2cwbyte I2c_r_address
'      Waitms 1
I2crbyte I2c_byte(1) , Ack
I2crbyte I2c_byte(2) , Ack
I2crbyte I2c_byte(3) , Nack
I2cstop
Gosub Disp_i2c_bytes
Waitms 50
Loop Until Pinc.2 = 1
Return
```

Arduino IDE rešitev

Program Shield-A_RW_master.ino

Na začetku programa definiramo knjižnice, ki jih bomo uporabili in deklariramo funkcijo debounce(), ki jo bomo kasneje tudi definirali.

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>
void debounce(byte, byte, void (*)());
```

Definiramo objekt s pomočjo katerega krmilimo LCD, definiramo potrebne spremenljivke in polja:

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
const int I2c_address = 0b1111000;
byte err = 0;
byte adc_value;
byte i2c_byte[3] = {0, 0, 0};
```

V funkciji setup() bomo definirati vhodne priključke, zagнали I2C komunikacijo, inicijalizirali LCD in vključili osvetlitev ozadja ter izpisali prvo vrstico LCD displeja:

```
void setup() {
  pinMode(A1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(A2, INPUT_PULLUP);

  Wire.begin();
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.print("ADC B_1 B_2 B_3 ");
} // end setup()
```

V funkciji disp_i2c_bytes() postavimo kurzor LCD-ja na peto pozicijo v drugi vrstici in te preverjamo uspešnost komunikacije. Če se je zgodila napaka v komunikaciji izpišemo ustrezno sporočilo, če ne, izpišemo prejete podatke:

```
void disp_i2c_bytes(){
  lcd.setCursor(4,1);
  if ( err == 1){
    lcd.print("Err          ");
  } else {
    if (i2c_byte[0] < 100) lcd.print("0");
    if (i2c_byte[0] < 10) lcd.print("0");
    lcd.print(i2c_byte[0]);
    lcd.setCursor(8,1);
    if (i2c_byte[1] < 100) lcd.print("0");
    if (i2c_byte[1] < 10) lcd.print("0");
    lcd.print(i2c_byte[1]);
    lcd.setCursor(12,1);
    if ( bitRead(i2c_byte[2], 4) == 0 ){
      lcd.print("1");
    } else {
      lcd.print("0");
    }
    if ( bitRead(i2c_byte[2], 3) == 0 ){
      lcd.print("1");
    } else {
      lcd.print("0");
    }
    if ( bitRead(i2c_byte[2], 1) == 0 ){
      lcd.print("1");
    } else {
      lcd.print("0");
    }
  }
}
```

```
}
} // end disp_rgb()
```

V funkciji `disp_adc()` merimo napetost drsnika potenciometra RV1, delimo izmerjeno vrednost s 4 (tako smo dobili razpon vrednosti 0-255), in jo prikažemo je na LCD-ju:

```
void disp_adc(){
  adc_value = analogRead(A0)/4;
  lcd.setCursor(12,1);
  if (adc_value < 100) lcd.print("0");
  if (adc_value < 10) lcd.print("0");
  lcd.print(adc_value);
} // end disp_adc()
```

Funkcija `sw1_function()` se izvršuje ko pritisnemo tipko SW1. Dokler je tipka pritisnjena, vsakih 50 ms ponavljamo naslednjo proceduro:

- beremo napetost drsnika potenciometra,
- izpisujemo prebrano vrednost na LCD-ju,
- adresiramo slave in mu pošljemo prebrano vrednost preko I2C vodila,
- od slave-a zahtevamo, da nam pošlje podatke,
- podatke sprejmemo in jih shranimo v niz `i2c_byte`.

Če se dogodi da je številka sprejetih bajtova različna od tri, postavljamo spremenljivko `err` v stanje ena. Sprejete podatke izpisujemo na LCD s pomočjo funkcije `disp_i2c_bytes()`:

```
void sw1_function(){
  do {
    disp_adc();
    err = 0;
    Wire.beginTransmission(I2c_address);
    Wire.write(adc_value);
    Wire.endTransmission();

    Wire.requestFrom(I2c_address, 3);
    byte index = 0;
    while(Wire.available()) {
      i2c_byte[index] = Wire.read();
      index++;
    }
    if (index != 3) err = 1;

    disp_i2c_bytes();
    delay(50);
  } while (digitalRead(A1) == 0);
} // end sw1_function()
```

Funkcija `sw2_function()` se izvršuje, ko pritisnemo tipko SW2. Dokler je tipka pritisnjena, vsakih 50 ms ponavljamo prej opisano proceduro, razen da sedaj ne pošiljamo slave-u prebrane vrednosti potenciometra. Če se zgodi da je številka prejetih bajtov je različna od tri, postavimo spremenljivko `err` v stanje ena. Sprejete podatke izpisujemo na LCD s pomočjo funkcije `disp_i2c_bytes()`:

```
void sw2_function(){
```

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**

```
i2c_byte[0] = 0;
i2c_byte[1] = 0;
i2c_byte[2] = 0;
do {
  disp_adc();
  err = 0;
```

```
Wire.requestFrom(I2c_address, 3);
byte index = 0;
while(Wire.available()) {
  i2c_byte[index] = Wire.read();
  index++;
}
if (index != 3) err = 1;
```

```
disp_i2c_bytes();
delay(50);
} while (digitalRead(A2) == 0);
} // end sw2_function()
```

Poglejmo še enkrat prikaz na displeju na sliki 14, kot potrdilo, da program dela, kot je zamišljeno! Vrednost "120" je master poslal slave-u, v odgovoru je dobil "240" (= 120 * 2), "135" (= 255 - 120) in "xxx10x0x" kot branje vhodnih priključkov porta B. V branju so z "x" označeni nam nezanimivi priključki, numerične vrednosti pripadajo priključkom na katere so vezana tipke S3-S1. V prikazu so te numerične vrednosti "zložene" ena poleg druge in komplementirane, tako da "0" označuje odprto in "1" sklenjeno stikalo. Namesto treh posameznih tipk v testnem vezju je uporabljeno stikalo za binarno kodiranje (binary coded rotary switch), ki je v trenutku, ko je posneta fotografija, bilo postavljen v poziciji "3".

Opomba: Programe `ATtiny85_RW_slave.bas`, `ATtiny85_RW_slave.ino`, `Shield-A_RW_master.bas`, `Shield-A_RW_master.ino` in knjižnico `I2CLCD.sub` lahko dobite brezplačno v uredništvu revije Svet elektronike!

<https://svet-el.si>



Vse, kar niste vedeli o elektronkah – Trioda (1)

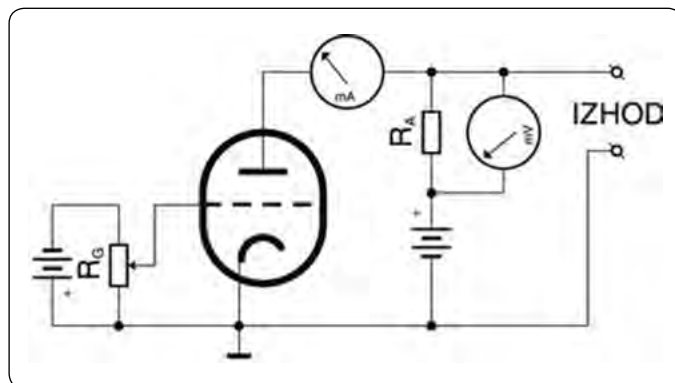
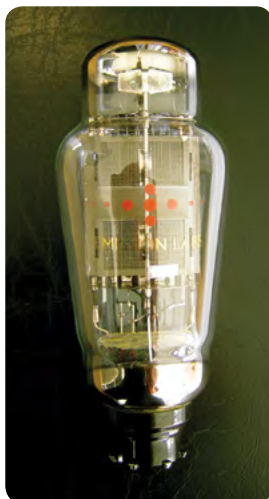
Avtor: Roman Lederer

Na žalost učni program naših srednjih šol poglavje o elektronskih cevah obdelala precej površno (ali pa sploh ne) z izgovorom, da so elektronske cevi v elektroniki že odslužile svoje, pa čeprav vemo, da so elektronske cevi v mnogih pogledih precej boljše in zanesljivejše od tranzistorjev, čeprav so večje in nerodnejše. poglejmo si podrobneje nekaj osnovnih izvedb elektronskih cev.

Kako deluje ojačevalnik?

Trioda opravlja celotno ojačevalno operacijo, če ji zagotovimo potrebne delovne napetosti in potrebne elemente. Pod temi pogoji bo trioda ojačala majhne napetostne spremembe na mrežici v velike napetostne spremembe na anodi. Ta postopek se imenuje ojačenje.

Ko je mrežica triode zelo negativna je trioda zaprta in pretok elektronov je zelo majhen ali pa ga ni. Če je mrežica samo "malo" negativna, je trioda skoraj popolnoma odprta in s katode na anodo poteka velik tok elektronov.



Slika 2

Oglejmo si kaj se dogaja v ojačevalni stopnji pod določenimi pogoji:

$$U_G = -10V, R_A = 10k, U_A = 250V \text{ in } I_A = 5mA$$

Anodni tok povzroči padec napetosti na anodnem upor:

$$U_{RA} = I \cdot R = 0,005 \cdot 10000 = 50V$$

To pomeni, da ima napetost na anodi vrednost $250V - 50V = 200V$. Sedaj spremenimo mrežno napetost $-10V$ v $-5V$ (manj negativno). Tok naraste na okoli $12mA$, padec napetosti na $R_A = 120V$, naraste za $70V$. Anodna napetost je sedaj samo $130V$.

Seštevek anodne napetosti in padca napetosti na R_A je $250V$. Iz spremembe mrežne napetosti (U_G) za $5V$ smo dosegli spremembo anodne napetosti za $70V$, torej je ojačenje triode $14x$.

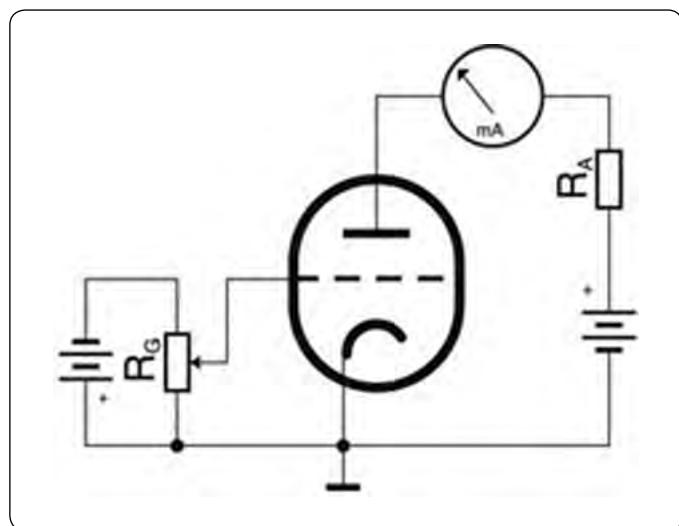
Karakteristike elektronk - ojačevalni faktor

Z mrežno in anodno napetostjo je možno kontrolirati anodni tok. Odločiti se moramo kaj je boljše. Kot je razvidno iz testa, majhna napetostna sprememba mrežne napetosti povzroči veliko spremembo anodnega toka. Ojačenje elektronke dobimo z naslednjim izrazom:

$$A = U_A / U_G$$

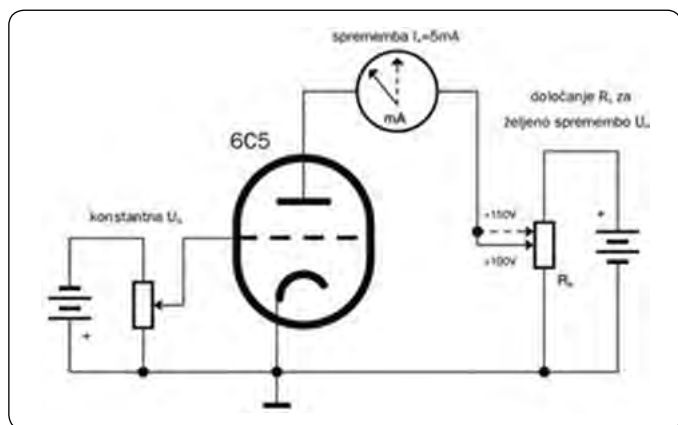
Notranja upornost elektronke

Notranja upornost elektronke je notranja upornost med katodo



Slika 1

Sprememba toka, ki se pojavi na anodi ni direktno uporabna. Če tokovno spremembo pretvorimo v spremembo anodne napetosti, lahko govorimo o ojačani spremembi mrežnega signala na anodi. To ustvarimo z uporom vezanim med anodo in pozitivnim polom anodne baterije. Kadar se tok preko upora spreminja, se spreminja tudi padec napetosti na upor. Ta sprememba napetosti je veliko večja kot sprememba napetosti na mrežici. Tako se npr. lahko praktično doseže ojačenje večje od 200 (slika2).



Slika 3

in anodo in se upira pretoku anodnega toka. Med delovanjem elektronke z izmeničnim signalom na mrežici, se število elektronov proti anodi spreminja in s tem vpliva tudi na notranjo upornost elektronke. Ta notranja upornost je razmerje med spremembo U_a in I_a s konstantno mrežno napetostjo U_g .

Primer: notranja upornost elektronke 6C5 se lahko določi iz rezultata testa, kjer se anodna napetost U_a spreminja in anodni tok I_a meri pri stalni mrežni napetosti U_g . Predpostavimo, da sprememba anodne napetosti od 100 V do 150 V povzroči spremembo anodnega toka I_a za 5 mA. Tako dobimo notranjo upornost elektronke z izrazom:

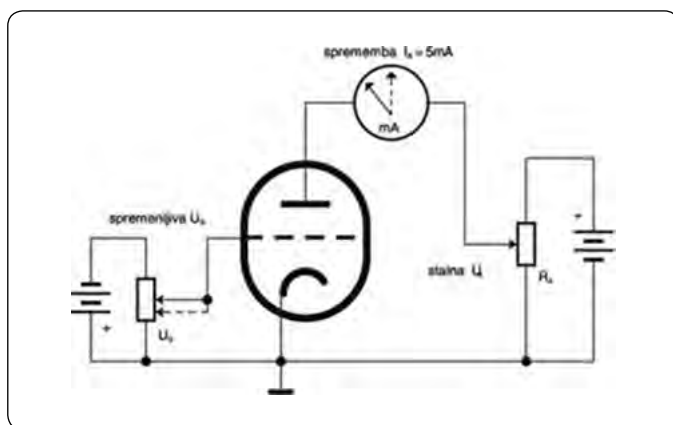
$$R_a = U_a / I_a \quad (U_g = \text{konstantna}) = 50 \text{ V} / 0,005 \text{ A} = 10 \text{ k}\Omega$$

Anodna upornost ni ista pri vseh elektronkah. Pri triodah se giblje od 2k do 100k in za pentode je lahko večja od 1M.

Prenosna prevodnost

Karakteristike vseh elektronk so si med seboj podobne, čeprav so različno nagnjene. Nagnjenost karakteristik je pri elektronki odvisna od konstrukcijske izvedbe sistema in geometričnih razsežnosti elektrod.

Do sedaj smo govorili o dveh lastnostih elektronk. Ojačenje A



Slika 4

in notranja upornost R_a . Nova lastnost prenosna prevodnost se dobi iz razmerja A in R_a . Pokaže nam kako učinkovito lahko mrežna napetost U_g vpliva na anodni tok I_a .

$$G_p = A / R_a \quad [\text{izrazi se v mikroOhmih}]$$

Uporabimo ojačenje in anodno upornost iz prejšnjega primera:

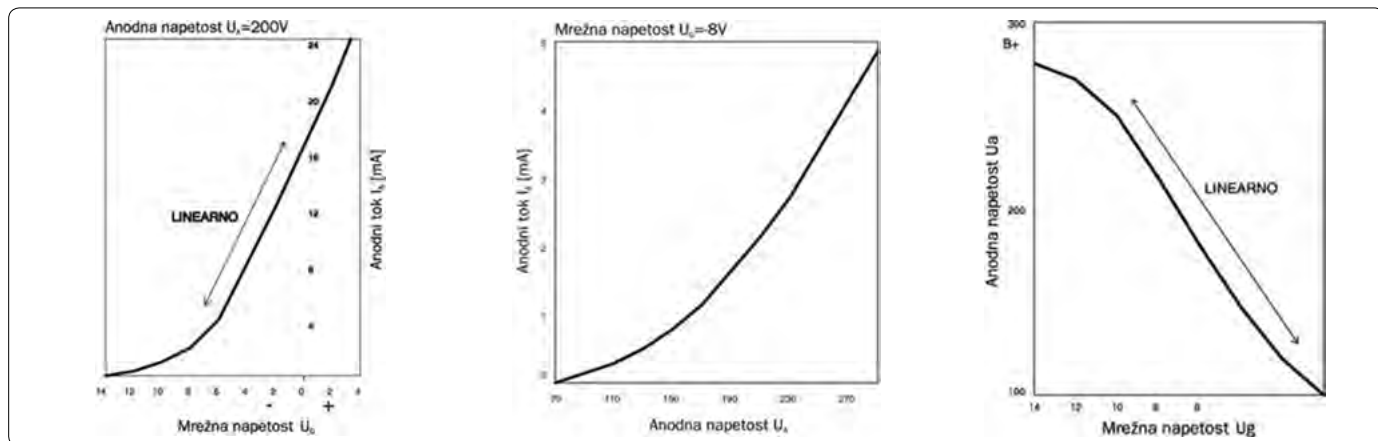
$$G_p = 20 / 10000 = 0,002 \text{ Ohma} = 2000 \text{ }\mu\Omega$$

Prenosna prevodnost pri elektronki ni stalna vrednost, temveč se preko karakteristike spreminja. Zato jo lahko podamo le za določeno točko na karakteristiki.

Pregled karakteristik triode

Graf 1: Z diagrama lahko vidimo, da se elektronski tok omenjane elektronke 6C5 prekine pri -14V U_g in $U_a = 200\text{V}$. Ko mrežica postaja manj negativna anodni tok I_a narašča po krivulji $U_g - I_a$. Del krivulje je raven oziroma pravimo, da je linearen. Na tem delu krivulje se anodni tok odziva na mrežno napetost ves čas v istem razmerju. V linearnem območju povzroči sprememba $U_g = 2\text{V}$ spremembo $I_a =$ cca 4 mA.

Graf 2: Z vrednostjo mrežne napetosti $U_g = -8\text{V}$ vidimo vpliv anodne napetosti U_a na anodni tok I_a . 10 V spremembe anodne napetosti povzroči zelo majhno spremembo anodnega toka. Iz



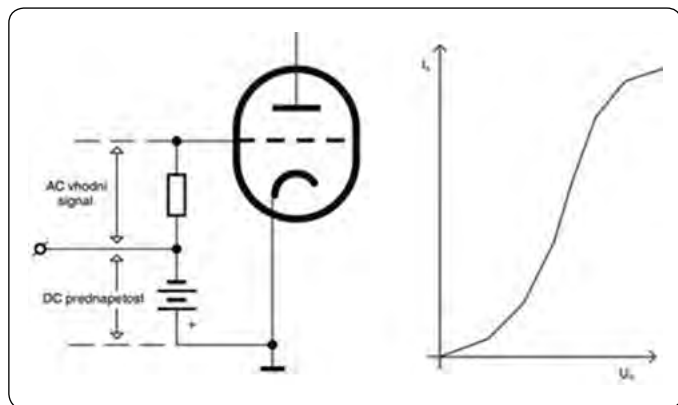
Graf 1, 2 in 3

tega se vidi, da ima mrežna napetost U_g veliko večji vpliv na anodni tok kot ga ima anodna napetost.

Graf 3: Ko je mrežna napetost enaka ali večja od -14 V , se tok elektronke prekine in na anodnem uporu R_a ni padca napetosti. Anodna napetost je enaka baterijski napetosti ves čas dokler je elektronka zaprta. Ko postane mrežna napetost manj negativna, tok steče in se na anodnem uporu pojavi padec napetosti. Vzdlž linearnega dela krivulje 2 V sprememba mrežne napetosti povzroči okoli 30 V spremembe anodne napetosti. Vrednost ojačenja je 15 .

Prednapetost mrežice

Vedeti moramo kako se anodni tok obnaša pod različnimi delovnimi pogoji. Če pogledamo graf 1, vidimo, da kadar mrežica postaja pozitivnejša v odnosu na katodo, anodni tok narašča na veliko vrednost. In obratno, kadar je mrežica na zelo negativnem potencialu, anodni tok pade na vrednost 0 . To sta ekstremna pogoja v delovanju triode.



Slika 5

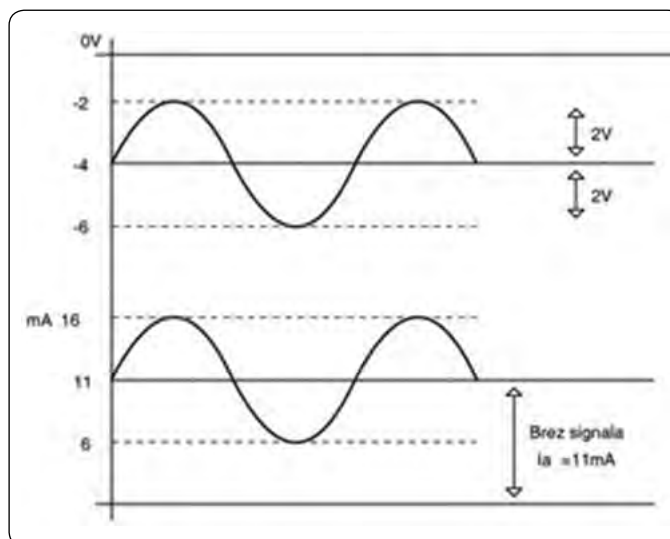
Zanima nas uporaba triode kot ojačevalnik in zato mora biti mrežna napetost U_g negativna za preprečitev popačenja signala. Pogoji zato je delovanje elektronke na linearnem delu krivulje (graf 1). Napetost, ki ohranja mrežico ustrezno negativno, imenujemo tudi mrežna prednapetost.

Kadar je elektronka uporabljena kot ojačevalnik, sta med katodo in mrežico priključeni dve napetosti:

- Negativna mrežna napetost U_g , ki definira delovno točko na U_g - I_a krivulji. To napetost lahko dovedemo iz baterije ali kakega drugega enosmerne izvora. Različne izvore mrežne prednapetosti si bomo ogledali kasneje.
- Izmenični vhodni signal, ki bo predstavljal zvočni pas frekvenc.

V nadaljevanju bomo videli kako se vhodni signal prišteva in odšteva od mrežne prednapetosti in ustvarja spremembo slednje.

Ko na mrežico priključimo vhodni izmenični signal, se v istem ritmu spreminja tudi anodni tok. Pozitivna polovica cikla se odšteva od mrežne prednapetosti, negativna polovica cikla pa se z njo sešteva. Tako vhodni signal vpliva na njeno vrednost in s tem na vrednost anodnega toka.

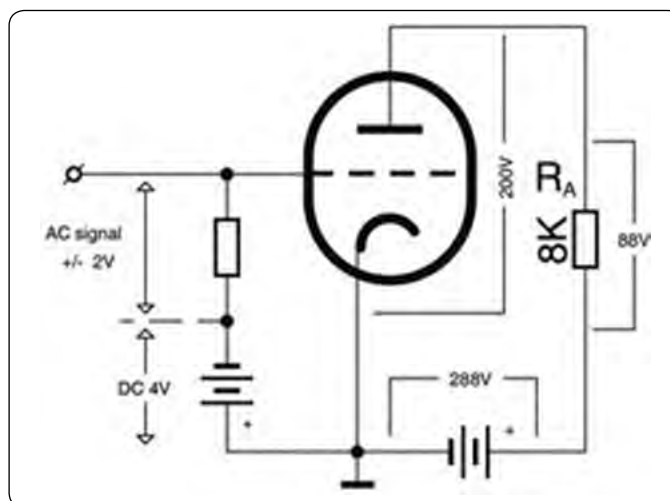


Slika 6

Za primer vzemimo elektronko 6C5 z mrežno prednapetostjo $U_g = -4\text{ V}$ in anodno napetostjo $U_a = +200\text{ V}$. Brez izhodnega signala ima anodni tok I_a vrednost 11 mA . Amplituda ali napetost vhodnega signala je 2 V . Pozitivni cikel se odšteva od mrežne prednapetosti, negativni pa se ji prišteva.

Zakaj je nujna pravilna mrežna prednapetost?

Za ojačano izhodno napetost uporabljamo spremembo anodnega toka. V prejšnjem primeru se je anodni tok spreminjal za $\pm 5\text{ mA}$. Izmenična komponenta v anodnem toku se doseže z 2 V izmeničnim signalom na mrežici.

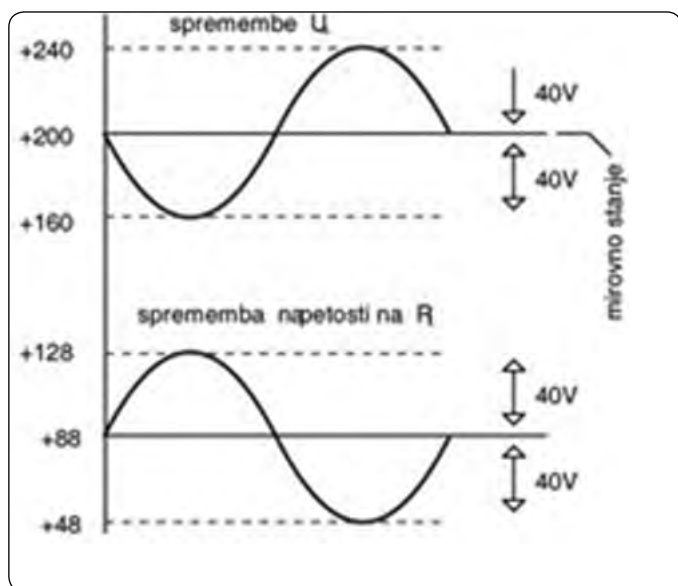


Slika 7

Predpostavimo, da opazujemo anodni tok triode. Če uporabimo anodni upor vrednosti $8\text{ k}\Omega$ imamo mirovni anodni tok brez vhodnega signala 11 mA , ki bo povzročil padec enosmerne napetosti na anodnem uporu R_a . Napetost na anodnem uporu je naslednja:

$$U_{Ra} = I \cdot R = 0,011 \cdot 8000 = 88\text{ V}$$

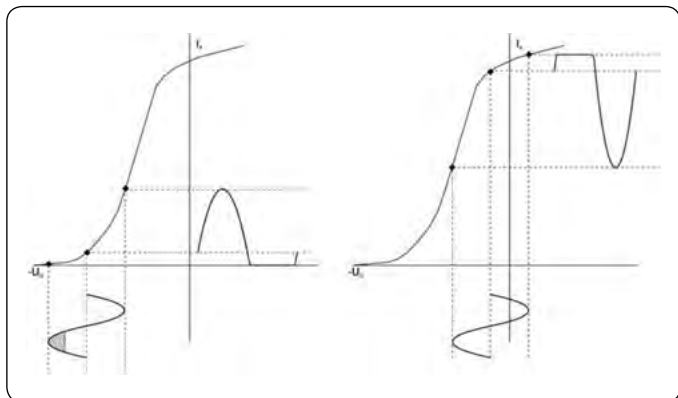
Enosmerna anodna napetost je 200 V in skupna enosmerna napetost napajanja je seštevek slednjih in znaša 288 V.



Slika 8

V nadaljevanju bomo videli kako se spreminjata napajalna in anodna napetost, ko na mrežico pripeljemo signal. Tok naraste na 16 mA (5 mA porast) in pada na 6 mA (upad 5 mA). Ob porastu na 16 mA bo padec napetosti na bremenu $16 \text{ mA} \cdot 8000 \text{ Ohmov} = 128 \text{ V}$, torej je narasel za 40 V. Ravno za toliko bo padla anodna napetost. Ker je $U_a + U_{\text{padca}} = U_b = 288 \text{ V}$, pomeni, da bo sedaj anodna napetost 160 V ($160 + 128 = 288 \text{ V}$).

Ko anodni tok pade na 6 mA se na bremenu padec napetosti zmanjša za 40 V in anodna napetost poraste. Anodna napetost ima sedaj vrednost 240 V, padec na anodnem upor pa je 48 V. Ti dve vrednosti skupaj dasta zopet 288 V napajalne napetosti.



Slika 9

Pri zadnjem primeru vidimo, da 2 V vhodni signal povzroči 40 V anodne napetosti. Torej je prisotno ojačenje 20. Poleg tega opazimo, da je izhodni signal v primerjavi z vhodnim obrnjen za 180 stopinj. V nadaljevanju bomo videli, da je pravilna prednapetost mrežice nujno potrebna, če želimo izhodni signal dobiti ojačan in hkrati popolnoma enak vhodnemu signalu, torej nepopačen.

Delovna točka elektronke je izbrana tako, da leži v centru linearnega dela U_g - I_a krivulje. Delovanje je linearno, če je izhodni signal enake oblike kot vhodni. Delovanje z nepravilno prednapetostjo mrežice bo proizvajalo popačenja. Če je mrežna prednapetost preveč negativna, bo izhodni signal popačen v času negativne polperiode in obratno ob premalo negativni mrežni napetosti bo popačena pozitivna polperioda izhodnega signala.

Popačenje je prisotno tudi ob pravilni mrežni prednapetosti, če je vhodni signal prevelik. V tem primeru se popačenje pokaže na obeh polperiodah izhodnega signala.

Sedaj nam je lahko jasno kaj pomeni pravilna mrežna prednapetost.

Ojačevalni razredi

Določa jih položaj delovne točke na U_g - I_a krivulji. Poznamo tri glavne ojačevalne razrede: A, B in C. Razred A deluje v centru U_g - I_a krivulje. Razred B deluje z delovno točko blizu zapornege nivoja elektronke. Razred C deluje z delovno točko, ki je v popolnoma zaprtem režimu elektronke.

Razred a

Vhodni signal je majhen. Nikoli ni tako močan, da bi popačil izhodni signal. Ojačenja so manjša, izhodna moč je manjša z zelo majhnimi popačenji.

Razred b

Vhodni signal je večji kot v razredu A. V mirovanju je elektronka skoraj popolnoma zaprta. Vhodni signal elektronko odpre samo z eno od polperiod. Na izhodu dobimo samo polovico ojačenega vhodnega signala. Ta način je uporaben za Push-Pull izhodne stopnje. Ojačenje je večje kot v A razredu pa tudi popačenja so večja.

Razred c

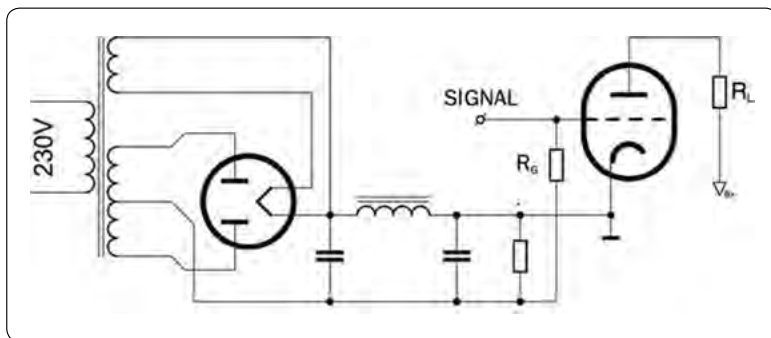
Vhodni signal je tu največji. Mrežica je krmiljena iz popolnega zaprtja v popolno zasičenje. Izhodna amplituda je deformirana zaradi prekrmljenja mrežice. Anodni tok teče manj kot celo polperiodo. Brez vhodnega signala ni anodnega toka. Ta razred se uporablja v močnostnih ojačevalnikih za radijske frekvence.

Kombinacije razredov - ab1 - ab2

Kot povsod lahko tudi tu kombiniramo. Razred AB1 ima delovno točko nekoliko bolj negativno kot razred A. Razred AB2 pa nekoliko manj negativno od razreda B. To sta kompromisna razreda med A in B.

Napajalno vezje za mrežno prednapetost

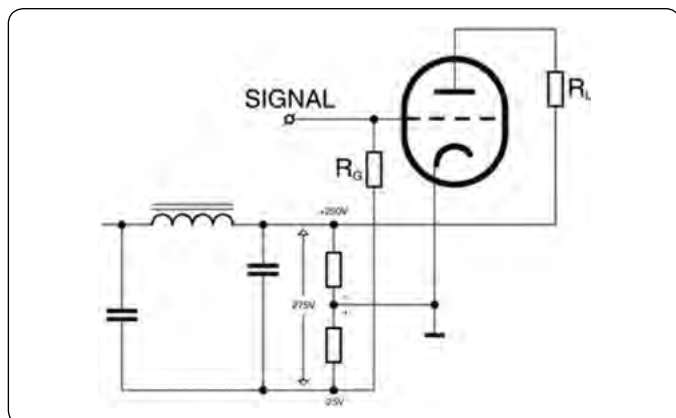
V praksi baterijsko mrežno prednapetost nadomesti ustrezno usmerniško vezje. V večjih napravah kot so veliki oddajniki, je napajanje mrežice povsem ločeno. Pozitivni pol je vezan na katodo, negativna stran pa na mrežico preko mrežnega upora R_g . Na izhod napajalnika je vezan bremenilni upor, ki ob izklopu naprave izprazni filtrirne kondenzatorje.



Slika 10

Napajalno vezje za mrežico in anodo

Z enim napajalnikom lahko realiziramo pozitivno in negativno napetost. To se izvede z dvema uporoma v seriji na izhodu usmernika. Njun srednji skupni del se veže na katodo in predstavlja maso - povratni vod avdio sistema. Upornost med maso in negativno napetostjo je veliko manjša kot upornost med maso in pozitivnim izhodom usmernika. Pozitivna napetost je tako visoka, da jo uporabimo za napajanje anode. Majhno negativno napetost uporabimo kot mrežno prednapetost za določitev delovne točke elektronke. Katoda je vezana na maso. Anoda je preko bremenskega upora vezana na pozitivni pol napajanja. Mrežica je na negativno napetost vezana preko upora R_G .



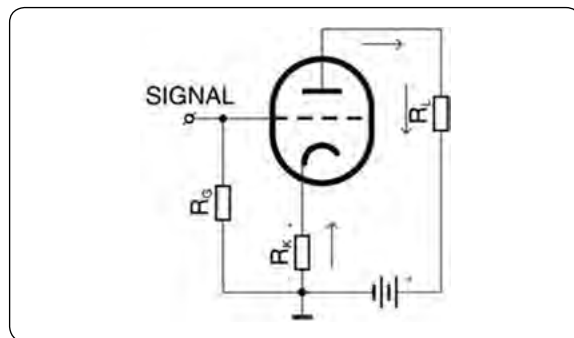
Slika 11

Katodna prednapetost

Od vseh prednapetostnih načinov je katodni najširše uporabljan. Izveden je z uporom v seriji s katodo in maso sistema. Za razumevanje delovanja se je potrebno spomniti na tri že znane pojave:

- pretok toka preko upora na njem ustvari padec napetosti,
- en konec upora je pozitivnejši kot drugi konec in
- namen prednapetosti je ohraniti mrežico negativno v odnosu na katodo.

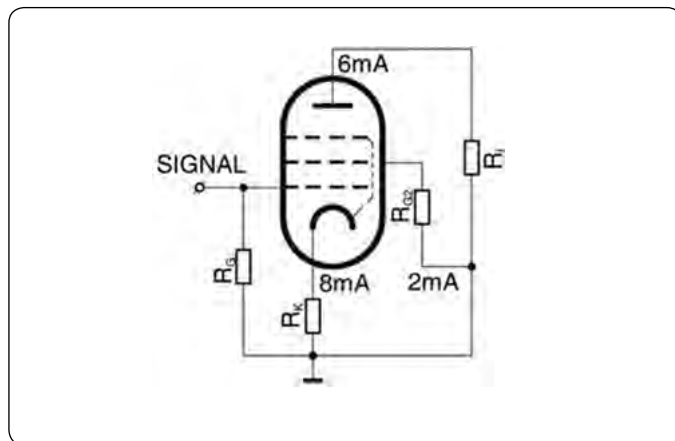
Poglejmo si sliko 12. V že znano vezje je vstavljen katodni upor. Vsi tokovi, ki tečejo skozi elektronko potekajo od B- preko katodnega upora. To povzroči padec napetosti na njem in tako naredi katodo pozitivnejšo v odnosu na maso. Ker je mrežica preko R_G vezana na maso, je negativna v odnosu na katodo.



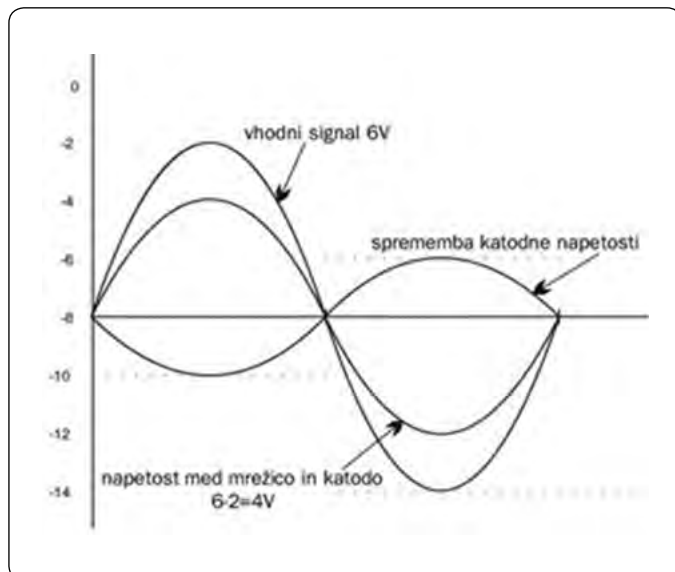
Slika 12

Katodni upor

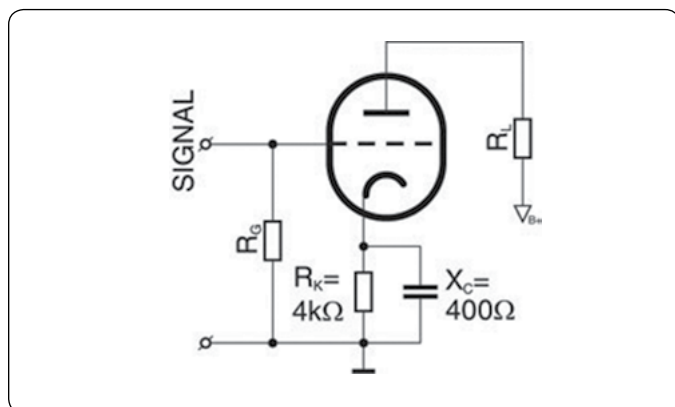
Določanje vrednosti katodnega upora je v glavnem matematični problem. Predpostavimo, da elektronka potrebuje -6 V mrežne prednapetosti za pravilno delovanje in 4 mA anodnega toka. -6 V U_G proizvaja 4 mA toka, ki teče preko katodnega upora R_K . Uporabimo Ohmov zakon $R_K = U/I = 6/0,004 = 1500\text{ Ohmov}$. Zelo enostavno. Vidimo, da si moramo vedno izbrati pogoje pod katerimi naj elektronka deluje.



Slika 13



Slika 14



Slika 15

V triodi je samo tok, ki teče iz katode anodni tok. To ne velja za tetrodo in pentodo. Slednji ima dodatno zaščitno mrežico, ki je vezana na pozitivni potencial in z določeno mero privlači elektrone s katode. Ker v vsakem primeru tokovi v tetrodi ali pentodi izhajajo iz katode, je izračun sledeč: $I_a + I_z = I_k$.

Če ima pentoda anodni tok $I_a = 6$ mA in zaščitni tok $I_z = 2$ mA, bo imel katodni tok vrednost $I_k = 8$ mA. Potrebna mrežna prednapetost $U_g = -4$ V. $R_k = 4/0,008 = 500$ Ohmov.

Katodni premostitveni kondenzator

Običajno je vzporedno katodnemu uporju vezan kondenzator. Njegov namen je ohraniti konstantno napetost na katodnem uporju. Če gledamo triodni ojačevalnik brez premostitvenega kondenzatorja vidimo, da bi napetost na katodnem uporju nihala v skladu z vhodnim signalom oziroma tokom preko katodnega upora. Enako torej niha prednapetost katode in zmanjšuje napetostno razliko med mrežico in katodo in s tem ojačenje elektrone.

Slika 14 nazorno prikazuje vpliv nihanja katodne prednapetosti na potencialno razliko med mrežico in katodo. Vzporni kondenzator na katodnem uporju odstrani to težavo. Za določitev vrednosti kondenzatorja uporabimo formulo za kapacitivno upornost $X_c = 1/2\pi fC$.

Praktično je vrednost $X_c = [\mu F]$ približno 1/10 vrednosti katodnega upora izražena v Ohmih.

Ker kondenzator sklene samo izmenične tokove, enosmerna komponenta toka še vedno teče preko upora.

Tako enosmerna prednapetost katode ostane konstantna.

$$X_c = 0.1 \cdot R_k = 0.1 \cdot 4000 = 400 \text{ Ohmov}$$

$$X_c = 1/2\pi fC = C = 1/2\pi fC = 1/6,28 \cdot 60 \cdot 400 = 6,6 \mu F$$

Ker se taka vrednost kondenzatorja ne proizvaja vzamemo prvo večjo vrednost npr. 10 μF .

<https://svet-el.si>



MEDNARODNI INDUSTRIJSKI SEJEM 2022

CELJSKI SEJEM

5.-8. APRIL 2022

RAZSTAVNI PROGRAM:

FORMA TOOL – orodjarstvo in strojegrinja
AVTOMATIZACIJA IN ROBOTIKA
VARJENJE IN REZANJE
MATERIALI IN KOMPONENTE
NAPREDNE TEHNOLOGIJE

**STROKOVNI SPREMLJEVALNI
PROGRAM PO DNEVIH:**

5. 4. – OPTIMIZACIJA PROIZVODNIH
SISTEMOV

6. 4. – DAN VARILNE TEHNIKE

7. 4. – DAN ORODJARSTVA

8. 4. – INDUSTRIJA PLASTIKE

www.ce-sejem.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 Nataša Stružnik.
- 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 želeno pisno naročnino in jo obkrožite skupaj z internet naročnino. Vsi pogoji ostanejo enaki, lahko si jih ogledate v zgornjih naročninah. Za vse ostale informacije smo vam na voljo na tel.: 01 549 14 00 ali e-naslov: 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 želeno pisno naročnino, ter jo obkrožite skupaj z internet naročnino.



Brezplačni ogledni izvod

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



programming has never been easier

Smo uradni zastopnik za ELNEC v Sloveniji!

BeeProg3



70-0074



BeeProg2



BeeProg2C



70-0036



BeeProg204P



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



AX ELEKTRONIKA

PCB parcele

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

hitra izdelava

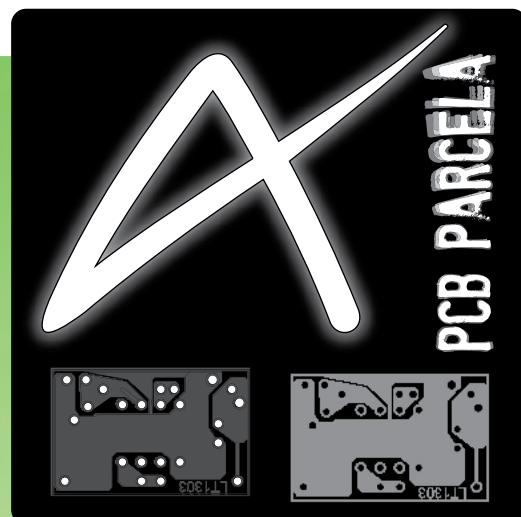
vaše tiskanine izdelamo v 7 do 14 dnevih
od dneva naročila

cenovno ugodno:

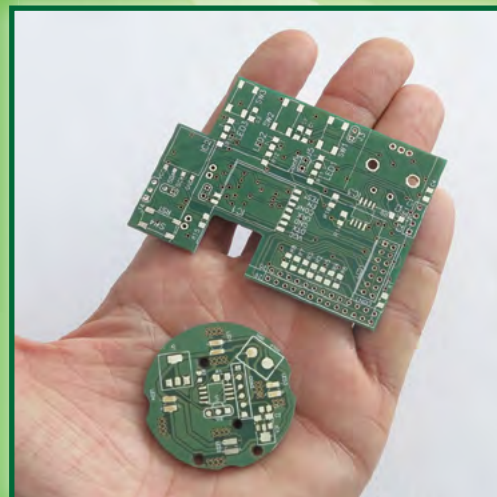
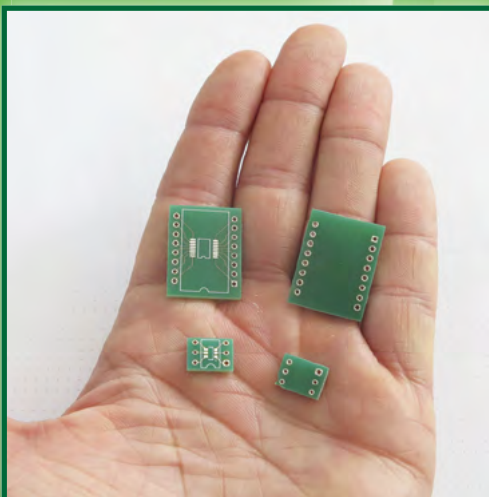
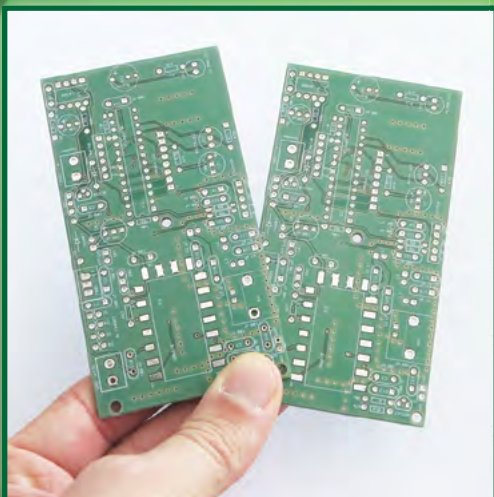
enostranska ali dvostranska vezja

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>