

16-bitni vmesnik USB DAQ s frekvenco vzorčenja do 250kHz

Matic Herman, Marko Jankovec, Marko Topič

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška 25, 1000 Ljubljana
E-pošta: matic.herman@fe.uni-lj.si

Povzetek. V prispevku predstavljamo zasnovano in razvoj vmesnika USB za zajemanje in generacijo analognih signalov od ideje, izbire gradnikov, načrtovanja in izdelave vezja do preizkušanja in izboljševanja končnega izdelka. Še zlasti se osredotočimo na doseganje zadostne odzivnosti vodila USB, prilagoditev napajalnega vezja zahtevam standarda USB in minimizacijo motenj. Navajamo težave pri doseganju visokega faktorja dušenja sofaznih komponent vhodnega signala in rešitve, ki so potrebne za dovolj hitro procesiranje zajetih vzorcev. Predstavljamo tudi rešitve programske podpore na osebni računalniku, avtomatizacijo umerjanja in preprostost uporabe razvitih gonilnikov vmesnika DAQ. Realizirani vmesnik DAQ ima 8 diferencialnih vhodnih kanalov v območju ± 5 V s 16-bitno ločljivostjo in 250 kHz maksimalne vzorčne frekvence. Na vhodu smo dosegli 190 μ VRMS šuma v celotnem vhodnem frekvenčnem območju in -68 dB dušenja sofaznih signalov. Izhodni del smo izvedli s 4-kanalnim 12-bitnim pretvornikom DA in izhodnim območjem od 0 V do 5 V. Rezultati izhodnih meritev so 99 μ VRMS šuma pri 128 kHz pasovne širine.

Ključne besede: meritve, pretvorba AD, zajemanje analognih signalov, vodilo USB

16-bit USB DAQ interface with sampling frequency up to 250kHz

Extended abstract. Data acquisition systems are nowadays the most common way of measuring a wide variety of physical phenomena. Such systems involve digital or analog data sampling and acquisition, signal generation, signal conditioning and data logging. A small footprint DAQ interface, USB-based power supply and data transfer in combination with a laptop computer make an ideal portable and laboratory data acquisition system. Our goal was to design an easy to use, cost-effective high-resolution acquisition system with a relatively high sampling frequency.

This paper presents a successful implementation of a PC-USB-based data acquisition interface capable of achieving up to 250 000 samples/second on a single channel or sharing the available sample rate among up to eight available input channels. We aim at meeting the USB power supply standards, achieving a sufficient data bandwidth, data transfer strategy and adopting DAQ interface to the limited response time of the USB bus[4]. Issues of obtaining high common mode rejection on differential analog inputs, channel crosstalk due to the small capacitance of multiplexing transistors and several noise-reduction techniques[1-2] are further discussed. We also present our software solutions including PC and hardware-layered DAQ interface support, automatic calibration method and easy-to-use end user LabVIEW interface.

The presented system is based on an ARM7 60MHz microcontroller, analog conversion is done using AD7676, a 16-bit fully differential charge distribution SAR converter. The acquired samples are buffered using two 1kB FIFO buffers and sent to the FT245 USB controller via an internal 8-bit bus as soon as the USB data bus is ready. 16-bit resolution on the ± 5 V input range gives us a resolution of 153 μ V. The measured input noise is 190 μ VRMS in the whole input bandwidth. The common mode input voltage range is 0 V to 5.2 V while the common mode rejection ratio (CMRR) is -68 dB. The output is realized using a four channel 12-bit D/A converter with the output voltage range 0 V to 5 V. The measured output noise is 99 μ VRMS in the bandwidth of 128 kHz.

Communication with PC-based applications is done using the developed DLL driver with all the input samples collected and sorted, while the signal conditioning and storage are done on a higher application level. We developed a full LabVIEW interface support including setup of the calibration parameters. Our automatic calibration application is capable of completing the whole calibration process within several seconds with no possibility for a human error. Further functional and operational details are discussed too.

Keywords: measurement, AD conversion, data acquisition, USB bus

1 Uvod

Vmesniki DAQ (angl. data acquisition) so v sodobni merilni tehniki zelo pogosto uporabljane naprave za zajemanje in generacijo analognih ali digitalnih signalov. Poleg vhodnih kanalov za merjenje analognih signalov imajo vmesniki DAQ ponavadi še nekaj izhodnih analognih kanalov, s katerimi je mogoče krmiljenje ali spreminjanje parametrov merjenja.

Po pregledu in analizi ponudbe komercialnih vmesnikov DAQ na trgu smo ugotovili, da je lasten razvoj vmesnika DAQ upravičen predvsem z vidika prilagodljivosti zasnove, kakor tudi z ekonomskega vidika. Razvoj so upravičile že potrebe v naši raziskovalni skupini po računalniško podprtih meritvah na pedagoškem in raziskovalnem področju. Razvojni izdelek pa je tudi s tržnega vidika zanimiv za širši spekter uporabnikov.

Okvirne zahteve, ki smo si jih zadali pri realizaciji, so bile: osem diferencialnih multipleksiranih analognih vhodov s 16-bitno ločljivostjo, najvišja skupna frekvenca vzorčenja 250 kHz in štirje analogni izhodi z

vsaj 12-bitno ločljivostjo. Napetostno območje vseh analognih signalov naj bi bilo med 0 V in 5 V. V prid preprostosti uporabe in prenosnosti izdelka smo si zadali tudi izvedbo komunikacije in napajanja prek vodila USB.

2 Strojna oprema

Preden smo se lotili načrtovanja vezja, smo proučili različne možnosti zasnove vmesnika DAQ in se nazadnje odločili, da zgradimo mikrokrmilniško podprt vmesnik na osnovi mikrokrmilnika družine ARM7, ki s svojo fleksibilnostjo in 60 MHz taktom ure zadosti potrebam sistema. Za pretvorbo A/D smo izbrali pretvornik AD7676 s pravim diferencialnim vhodom, vhodnim napetostnim območjem ± 2.5 V, vzporednim digitalnim vmesnikom in najvišjo frekvenco vzorčenja 500 kHz. Za razširitev na osem diferencialnih analognih vhodov smo dodali diferencialni 8-kanalni multiplekser ADG707 ter ustrezne delilnike in ojačevalnike za prilagoditev nivojev. Za izvedbo analognih izhodov smo uporabili četverni pretvornik D/A MAX5742, priključen na vodilo SPI mikrokrmilnika. Za interno komunikacijo smo zgradili 8-bitno vodilo, kamor smo priklopili FT245 vzporedni vmesnik USB, dva 8-bitna medpomnilnika FIFO IDT7202 in mikrokrmilnik. medpomnilnika FIFO izvajata tudi prehod iz 16-bitnega izhodnega vodila pretvornika A/D v sekvenčno 8-bitno podatkovno širino. Mikrokrmilnik skrbi za časovno sinhronizacijo vzorčenja in prenos podatkov med vgrajenim medpomnilnikom in vodilom USB. Celotno vezje vmesnika DAQ je prek stikalnega pretvornika navzgor napajano iz vodila USB, pri čemer so napajalne napetosti posameznih sklopov izvedene z ločenimi linearnimi napetostnimi regulatorji.

2.1 Napajanje

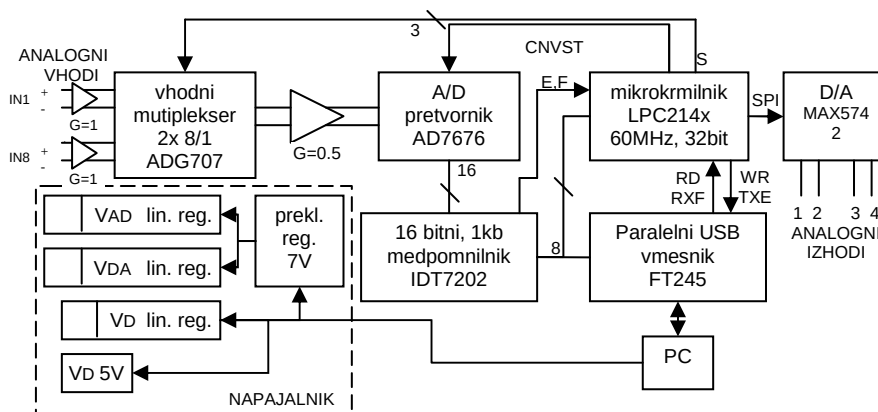
Z optimizacijo porabe vmesnika DAQ smo napajanje uspešno izvedli prek vodila USB in s tem premostili potrebo po dodatnem zunanjem napajalniku. Standard USB rev. 2.0 določa najnižjo mogočo napajalno

napetost na priključeni napravi +4,35 V, kar ni dovolj za napajanje analognih vhodnih sledilnikov in pretvornika AD, ki morajo delovati v območju vhodnih signalov od 0 V do +5 V. S preklopnim napajalnikom navzgor smo vhodno napajalno napetost dvignili na +7 V in jo z linearnim regulatorjem omejili na 5.3 V. Linearni regulator zmanjša valovitost napajalne napetosti, ki je posledica motenj preklopnega napajalnika navzgor. Za čim manjši vpliv med analognim in analogno-digitalnim delom vezja smo uporabili ločena linearna regulatorja, ki napajata posamezen sklop, popolnoma ločeno pa smo izvedli tudi topologijo vezja na štiriplastni tiskanini. Dodatno pozornost smo namenili dušenju motenj preklopnega napajalnika.

Pri frekvenci preklapljanja preklopnega napajalnika 1,6 MHz, se celotno vezje nahaja v t.i. bližnjem polju (oddaljenost od vira motenj $r \ll \lambda / 2\pi$), kar pomeni, da moramo ločeno obravnavati motnje električnega in magnetnega polja. Če predpostavimo, da je preklopni napajalnik glavni vir elektromagnetnih motenj, lahko povzamemo, da je generirano električno polje zanemarljivo, saj je najvišja napetost v vezju inducirana napetost na tuljavi $U \approx 8,5$ V. Bistveno večji vpliv ima magnetno polje, ki je posledica relativno velikih visokofrekvenčnih tokov preklopnega napajalnika navzgor skozi tuljavo. Če upoštevamo, da je inducirana napetost v zanki

$$U_i = j\omega \vec{B} \times \vec{A} \quad (1)$$

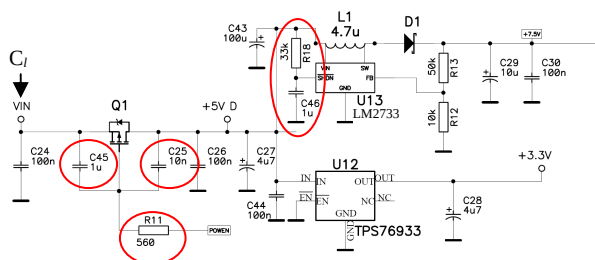
pri čemer je $\vec{B}$ gostota magnetnega polja, $\vec{A}$ pa površina poljubne na motnje občutljive zanke, na katero vпада motilno magnetno polje, moramo poskrbeti za minimizacijo obeh vplivnih dejavnikov. Magnetno polje smo zmanjšali z uporabo magnetno oklopljene tuljave preklopnega napajalnika, ki ustvari nizko reluktančno pot, po kateri se zaključujejo silnice magnetnega polja, kar posledično zmanjša stresano polje tuljave. Površino zanke v našem primeru tvorijo pari diferencialnih vhodov na katere se superponira inducirana napetost. S premišljenim načrtovanjem tiskanega vezja lahko dosežemo, da so površine zank minimalne.



Slika 1: Shema vmesnika DAQ.
Figure 1: DAQ interface scheme.

Vektorski produkt v enačbi pa nam ponuja še dodatno možnost zmanjšanja vpliva s samo orientacijo tuljave na tiskanem vezju. Os med poloma tuljave mora biti postavljena pravokotno na občutljive linije, seveda pa je pomembna tudi razdalja med virom polja in zanko, v kateri se inducira napetost, saj z razdaljo gostota magnetnega polja upada [1-2].

Kapacitivna obremenitev napajalne linije vsake naprave, ki se napaja iz vodila USB mora biti v vsakem trenutku manjša od $C_I < 10 \mu\text{F}$. Na prvem nivoju smo uporabili povratno vezavo s kondenzatorjema C45 in C25 in uporom R11, ki upočasni odpiranje tranzistorja Q1 in s tem zmanjša začetni tok polnjenja kapacitivnosti vezja pod dopustno mejo vodila USB (slika 2) [3].



Slika 2: Napajalnik.
Figure 2: Power supply detail.

Posledično se vhodna napetost stikalnega napajalnika ob vklopu počasi povečuje. Preklopni napajalnik pri nizki vhodni napetosti za zagotavljanje stabilne izhodne napetosti potrebuje velik vhodni tok, kar bi povzročilo varnostni izklop vodila USB zaradi tokovne preobremenitve. Nekateri preklopni regulatorji imajo za take primere vgrajeno funkcijo "undervoltage lockout", ki pa je izbrani LM2733 nima. Problem smo rešili z dodatnim zakasnilnim RC členom R18/C45 na vходу SHDN preklopnega regulatorja LM2733, ki povzroči zakasnitev začetka osciliranja. Z ustrezno izbiro časovne konstante smo preprečili delovanje preklopnega napajalnika, dokler vhodna napetost ne doseže 4,3V.

2.2 Vodilo USB

Pri prenosu podatkov na osebni računalnik sta na vodilu USB pri prenašanju velike količine podatkov na voljo načina "bulk" in "isochronous". Način "isochronous" nam zagotavlja veliko pasovno širino, na voljo imamo ugotavljanje napak CRC, prenos paketa brez napak pa ni zagotovljen. Na drugi strani način "bulk" zagotavlja ponovno pošiljanje paketa ob neuspešnem prenosu na račun manjše pasovne širine [4]. Podrobnejši pogled na zgradbo protokola USB nam pokaže, da sama pasovna širina, tudi pri počasnejšem standardu "USB 2.0 full speed", ni ozko grlo za prenos zahtevane količine vzorcev. Vzorčna frekvenca 250 kHz pri 16-bitnih vzorcih zahteva vsaj 4 Mb/s konstantnega prenosa med DAQ vmesnikom in osebnim računalnikom. Standard "USB 2.0 full speed" standard zagotavlja teoretične hitrosti prenosa do 12 Mb/s, v praksi pa smo z

integriranim vezjem FT245 dosegli okvirno 7 Mb/s, kar popolnoma zadosti pasovni širini vmesnika DAQ. Težave nastanejo pri zagotavljanju konstantnosti prenosa, saj je 10 odstotkov vsakega časovnega okvira rezerviranih za kontrolne prenose. Znotraj teh 10 odstotkov vsake časovne rezine pošiljanje podatkov tako v načinu "bulk" kot tudi v načinu "isochronous" ni mogoče [3]. Pomnjenje vzorcev, generiranih v času, ko prenos na osebni računalnik ni mogoč, smo zagotovili z uporabo medpomnilnika FIFO, ki smo ga vezali neposredno na izhod A/D pretvornika tako, da se vsak generirani vzorec vpiše neposredno v medpomnilnik. V medpomnilniku dobimo po vrsti zložene vzorce, ki jih prenesemo na osebni računalnik, ko je prenos prek vodila USB mogoč. Zakasnitev v prenosu ne pokvari vizualizacije signala, saj je perioda vzorčenja znana in jo gonilnik na osebni računalnik pri prikazu upošteva, izraža se le kot minimalna zakasnitev prikaza signala.

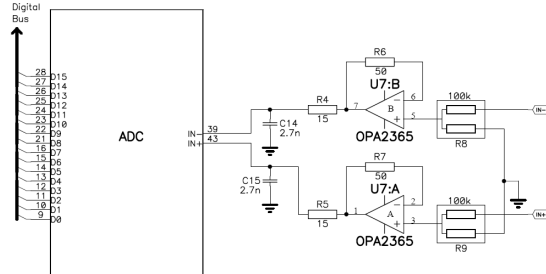
Ker je pasovne širine dovolj, zanesljivost prenosa pa je zelo pomembna, saj se lahko ob izgubi enega samega vzorca pri zajemanju na več kanalih popolnoma spremeni (zamakne) slika zajetih signalov, smo za prenos uporabili način "bulk". Zanesljivost prenosa je tako zagotovljena že na ravni protokola USB, poskrbeti moramo le, da ne pride do zapolnitve medpomnilnika FIFO. Način "bulk" ima na voljo vso pasovno širino, ki je ne porabijo druge naprave na vodilu, kar pomeni, da je za optimalne rezultate ob visokih vzorčnih frekvencah treba poskrbeti, da niso na isto vodilo priključene druge naprave, ki bi zahtevale znatno pasovno širino. Če se vodilo zaradi katerega koli razloga ne more dovolj hitro prazniti, z mikrokrmilnikom zaznamo zapolnitev medpomnilnika, gonilniku sporočimo napako in zajem se prekine.

2.3 Proženje vzorčenja pretvornika A/D

Visoko natančnost proženja vzorčenja smo zagotovili z izhodom mikrokrmilnika s pulzno širinsko modulacijo (PWM), ki je pravzaprav klasičen časovnik s primerjalnim izhodom in strojno podporo PWM. Vir urnega signala časovnika je 12 MHz kvarčni oscilator, ki je prek fazno sklenjene zanke v mikrokrmilniku pomnožen s 5. Frekvenca vzorčenja pretvornika A/D je nastavljena s frekvenco časovnika in je popolnoma neodvisna od izvajanja programske kode. Širina prožilnega pulza je zelo kratka in konstantna, nizkonivojska prekinitev, krmiljena z istim časovnikom, pa zagotavlja konstanten časovni interval med nastavitvijo multiplexerja kanalov in začetkom vzorčenja signala. Tako je negotovost frekvence proženja določena izključno z negotovostjo kvarčnega oscilatorja z množilnikom frekvence PLL.

2.4 Vhodni del

Kakovost zajetega signala je močno odvisna od analognega vhodnega dela DAQ vmesnika.

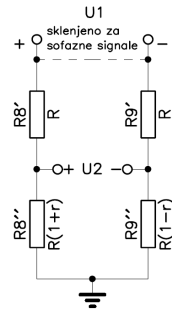


Slika 3: Detajl vhodnega dela vezja.

Figure 3: Analog input detail.

Že vnaprej smo predvideli problem neželenega ojačenja sofazne komponente vhodnega signala, ki nastane pri prilagajanju nivoja vhodnega signala vhodnemu območju pretvornika A/D. Izbrani pretvornik A/D ima vhodno območje ± 2.5 V, zahtevano vhodno območje vmesnika DAQ pa je ± 5 V. Za prilagoditev moramo uporabiti ojačevalnika z ojačenjem $A_u = 0,5$ na obeh vhodih diferencialnega kanala. Razlika ojačenja zaradi toleranc obeh ojačevalnikov lahko povzroči, da se enaka amplituda vhodnega signala na obeh vhodih (sofazni signal) različno ojači.

Uporabili smo precizni uporovni delilnik (R8 in R9, slika 3), ki zagotavlja absolutno točnost upornosti $\pm 0,1$ % in razmerje upornosti $r = \pm 0,05$ % (slika 4).



Slika 4: Razmere v uporovnem delilniku.

Figure 4: Voltage divider.

Takšno razmerje zagotavlja dušenje enosmernih sofaznih signalov

$$CMRR_r = -20 \cdot \log \frac{U_2}{U_1} =$$

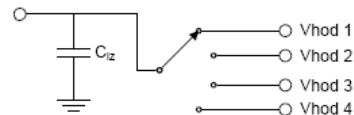
$$= -20 \cdot \log \left(\frac{R(1+r)I}{(R+R(1+r))I} - \frac{R(1-r)I}{(R+R(1-r))I} \right) = -71.8 \text{ dB}$$

Upoštevajoč še dušenje sofaznih signalov pretvornika A/D, ki znaša $CMRR_{AD} = -79 \text{ dB}$, je skupno dušenje vezja

$$CMRR = -20 \cdot \log \left(\frac{1}{10^{\frac{CMRR_r}{20}}} + \frac{1}{10^{\frac{CMRR_{AD}}{20}}} \right) = -68.7 \text{ dB}.$$

Izmerjeno dušenje enosmernih sofaznih signalov končne aplikacije je -68 dB , kar se dokaj dobro ujema z izračuni.

Uporovni delilnik vnaša v vezje poleg želene upornosti tudi parazitni kapacitivni delilnik, ki zmanjšuje dušenje sofaznih komponent signala pri višjih frekvencah. Izmenični sofazni signal na vhodu lahko nastane zaradi same narave vhodnega signala in zaradi preklapljanja vhodnega multiplekserja med posameznimi kanali. Ugotovili smo, da je kljub razmerju uporov v uporovnem delilniku 1:1 zelo pomemben fizični priklop delilnika glede na zunanje sponke, saj je razmerje kapacitivnosti v delilniku odvisno od tehnološkega procesa. Posledično je lahko kapacitivnost ene sponke glede na srednji odcep drugačna kot pri drugi sponki, kar pri višjih frekvencah kvari delilno razmerje. Izkazalo se je, da razmerje kapacitivnosti odstopa vedno v isto stran glede na zunanje priključne sponke, kar pomeni, da moramo biti pri načrtovanju tiskanega vezja pozorni, da je fizična priključitev obeh delilnikov na obeh vhodih enaka. Da bi se izognili podvajanju elementov na vsakem izmed osmih analognih vhodov, smo poskušali vhodno obdelavo signalov vmesnika DAQ izvesti za multiplekserjem, vendar se je izkazalo, da ima tak pristop več pomanjkljivosti, ki izhajajo iz kapacitivnosti tranzistorskih parov za izbiro posameznega kanala



Slika 5: Kapacitivne razmere v multiplekserju.

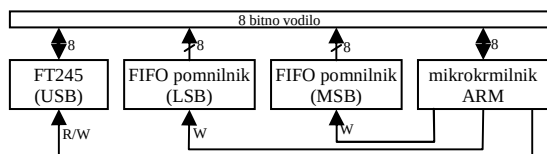
Figure 5: Multiplexer capacitance effect.

v multiplekserju proti substratu (C_{iz} , slika 5). Prva težava je zmanjšanje vhodne impedance, ki nastane pri višjih frekvencah preklapljanja multiplekserja. Ob hitrem preklapljanju (250 kHz) med kanali, na katere so priključene različne napetosti, pride med kanali multiplekserja do prenosa naboja prek skupne izhodne kapacitivnosti C_{iz} in s tem do presluha med vhodnimi kanali. Da se naboj na tej kapacitivnosti lahko čim hitreje spreminja, mora biti upornost vira signala čim nižja. Obe težavi smo rešili z napetostnimi sledilniki, ki smo jih dodali na vsak vhod pred multiplekserjem. Ničelno napetost, ki jo vnaša sledilnik, smo izničili s kalibracijo v programskem delu.

3 Programska oprema

Večnivojsko programsko opremo vmesnika DAQ sestavljajo program mikrokrmilnika ARM napisan v prevajalniku Keil C++, gonilnik za osebni računalnik, napisan v Borland C++, in končni vmesnik, napisan v programskem paketu LabVIEW, ki uporablja gonilnik in omogoča končno vizualizacijo zajetih signalov.

Program mikrokrmilnika teče v 32-bitnem načinu ARM, kar v primerjavi z načinom THUMB omogoča zelo hitro izvajanje kode na račun večje zasedenosti pomnilnika. Proučili smo uporabo odprtokodnega sklada USB, ki podpira mikrokrmilnik LPC2148, in ugotovili, da je hitrost, ki jo lahko dosežemo prek gonilnika za navidezna serijska vrata in omenjenega sklada USB premajhna. Uporabili smo namensko vezje FT245 za USB komunikacijo, na vzporedno vodilo pa smo poleg mikrokrmilnika priklopili še medpomnilnika FIFO za zgornjih in spodnjih 8 bitov (slika 6).



Slika 6: Interno podatkovno vodilo.

Figure 6: Internal data bus.

S tem smo se izognili nepotrebnemu branju vzorcev z mikrokrmilnikom, saj se prenos na vodilo USB izvede neposredno iz pomnilnika FIFO. Mikrokrmilnik smo uporabili zgolj za nadzor in časovno sinhronizacijo vodila. Mikrokrmilnik preverja zasedenost vodila USB, izmenično priklaplja na vodilo oba pomnilnika in signalizira pisanje podatkov na USB. Ta del kode je časovno najbolj kritičen, zato smo ga napisali v zbirnem jeziku in časovno optimizirali.

Vse nastavitve se pred začetkom zajemanja prenesejo v mikrokrmilnik. Zaporedje kanalov je lahko poljubno, posamezen kanal se lahko v eni sekvenci tudi večkrat ponovi, na 8 je omejena le dolžina zaporedja kanalov. Preklop kanala je sinhroniziran s časovnikom, ki proži pretvorbo A/D in se zgodi takoj, ko pretvornik A/D zajame vzorec, tako da je čas za stabilizacijo napetosti na drugem kanalu do naslednjega zajemanja čim daljši. Uporabili smo prednostno nizkonivojsko prekinitev (FIQ), v kateri preračunamo pogoje za nastavitev naslednjega kanala in jo po potrebi tudi izvedemo.

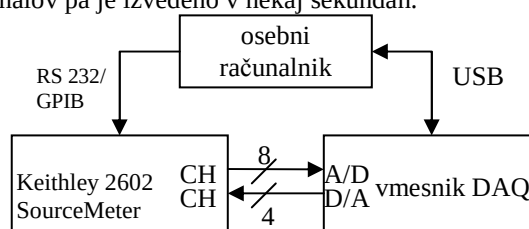
Pri najvišji frekvenci vzorčenja ima mikrokrmilnik na voljo 240 urnih ciklov za pripravo, obdelavo in prenos posameznega vzorca, kar je premalo, da bi zajete vzorce lahko tudi matematično obdelal. Sprotna kalibracija vhodnega dela in povprečenje zajetih vzorcev se izvajajo v gonilniku DLL, ki iz vmesnika DAQ prebere vse potrebne parametre in izračuna končno vrednost posameznega vzorca. V gonilniku so zajete vse osnovne funkcije branja in povprečenja vzorcev, pisanja vzorcev, kalibracije in nastavitve vmesnika. S pomočjo gonilnika DLL je mogoče upravljanje z vmesnikom DAQ s poljubno aplikacijo, ki podpira klicanje funkcij DLL. Gonilnik za komunikacijo z vmesnikom DAQ uporablja d2xx gonilnike proizvajalca FTDI.

Z gradniki LabVIEW smo omogočili preprosto izvedbo poljubnih uporabniških aplikacij. Zaporedne vzorce, prenesene na osebni računalnik, šele v gradnikih

LabVIEW sortiramo po kanalih, jim dodamo časovno informacijo in končno obdelane podatke posredujemo uporabniku. Prek gradnikov LabVIEW lahko poteka tudi vsa nastavitvena komunikacija med uporabnikom in vmesnikom DAQ.

4 Umerjanje vmesnika DAQ

Vmesnik DAQ je treba po izdelavi umeriti. Postopek umerjanja posameznih kanalov in s tem izničenje ničelnih napetosti ojačevalnikov ter korekcijo ojačenja, smo popolnoma avtomatizirali in s tem izključili možnost človeške napake, celotno umerjanje vseh kanalov pa je izvedeno v nekaj sekundah.



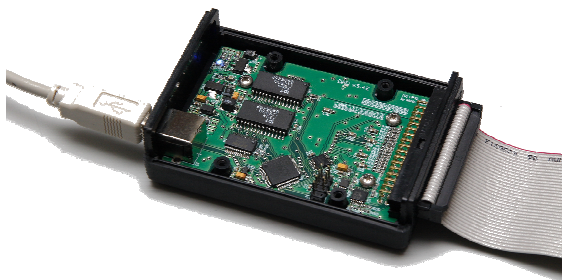
Slika 7: Blokovna shema vezja za avtomatsko

Figure 7: Umerjanje vmesnika DAQ. Automatic calibration scheme.

Za umerjanje smo napisali aplikacijo v programskem paketu LabVIEW. Referenčne napetosti generiramo in merimo s Keithleyjevim preciznim štirikvadrantnim virom/merilnikom, krmiljenim prek vodila RS232 ali vodila GPIB. Na vsakem kanalu izmerimo 20 točk, jih zapišemo v tabelo ter izvedemo linearno interpolacijo. Izračunamo odmik in korekcijo strmine od idealne premice in ju zapišemo v pomnilnik flash vmesnika DAQ (slika 8).

5 Sklep

Razviti DAQ vmesnik predstavlja celovito rešitev za izvajanje laboratorijskih in terenskih meritev. Omogoča meritve do osmih diferencialnih vhodnih kanalov s 16 bitno ločljivostjo s skupno frekvenco vzorčenja nastavljivo od 1 Hz do 250 kHz. Vhodno merilno območje za protifazne signale je od -5 V do +5 V, dopustno sofazo vhodno območje pa je od 0 V do 5.20 V. Avtomatsko spreminjanje vhodnega napetostnega območja za boljšo ločljivost majhnih signalov sicer ni mogoče, kljub temu pa je 153 μ V ločljivosti dovolj za zelo širok spekter aplikacij. Merilni šum znaša ± 3 LSB oz. 190 μ V_{RMS} v celotnem vhodnem frekvenčnem območju, dušenje sofazne komponente pa -68 dB. Izhodno območje je definirano proti masi in znaša od 0 V do +5 V, izhodni šum je v območju 99 μ V_{RMS} pri pasovni širini 128 kHz. Vmesnik je zelo primeren za prenosne aplikacije, saj se napaja iz osebnega računalnika ali notesnika prek vodila USB in je razmeroma majhnih dimenzij (82 mm x 56 mm x 15 mm).



Slika 8: vmesnik DAQ.
Figure 8: DAQ interface.

6 Reference

- [1] 90 H. W. Ott, "Noise reduction techniques in electronic systems", J. Wiley & Sons, 1976
- [2] C. Jensen, "Layout guidelines for switching power supplies", Application note, 1999, <http://www.national.com/an/AN/AN-1149.pdf>
- [3] USB.ORG, "Universal Serial Bus Revision 2.0 specification", http://www.usb.org/developers/docs/usb_20_071607.zip

- [4] L. Stanton, "Achieving high-performance DAQ via USB", http://www.eetasia.com/ART_8800447822_480400_NT_1666d954.HTM, 2007
- [5] T. Martin, "The Insider's Guide To The NXP ARM7-Based Microcontrollers", Hitex, 2005

Matic Herman je diplomiral leta 2006 na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Zdaj je zaposlen na Fakulteti za elektrotehniko kot mladi raziskovalec na področju senzorike v vgrajenih sistemih.

Marko Jankovec je leta 2004 doktoriral na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, kjer je od leta 2001 zaposlen kot asistent. Področja njegovega raziskovanja so materiali in aplikacije v tankoplastni optoelektroniki, šumna analiza detektorjev in elektronska vezja.

Marko Topič je redni profesor na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, kjer je predstojnik Laboratorija za fotovoltaike in optoelektroniko. Njegovo raziskovalno delo obsega področje polprevodniških materialov, elektronskih elementov, vezij in sistemov s poudarkom na aplikacijah v fotovoltaike in optoelektroniki.

Prof. Jernej Virant, zaslužni profesor UL (1932 – 2008)

Zapustil nas je prof. Jernej Virant, zaslužni profesor Ljubljanske univerze in eden od pionirjev računalništva v Sloveniji. Smrt nas je na Fakulteti za računalništvo in informatiko močno prizadela. Ker je prof. Virant tudi po upokojitvi leta 1997 ohranil mladostnega in delovnega duha, smo z njim še vedno strokovno sodelovali tako pri podiplomskem študiju kot pri projektih. Poleg tega je s člani fakultete sodeloval tudi pri dejavnosti, ki mu je bila izredno pri srcu – pri pisanju strokovnih knjig in učbenikov.

Prof. Virant je bil rojen leta 1932. Osnovno šolo, nižjo gimnazijo in Tehniško srednjo šolo je obiskoval v Ljubljani. Po končani srednji šoli se je zaposlil, opravil gimnazijsko maturo in se vpisal na tehniško fakulteto, kjer je diplomiral leta 1957. Zaposlil se je na Inštitutu IEV, ki je takrat tesno sodeloval s Fakulteto za elektrotehniko. Leta 1960 je bil izbran za člana mednarodne ekipe za merjenje atmosferskih motenj (predvsem strel) v Švici. Leta 1966 je prof. Virant doktoriral z disertacijo Funkcijska zmogljivost in zanesljivost polprevodniških pragovnih logičnih elementov. Že tema njegovega doktorskega dela nakazuje težišče njegovega kasnejšega zanimanja in dela.

Kljub vabilu za nadaljevanje poklicne poti na univerzi v Uppsali na Švedskem, se je vrnil na Fakulteto za elektrotehniko, kjer je bil izvoljen za predavatelja. Prof. Virant je zatem celotno poklicno pot opravil na takratni Fakulteti za elektrotehniko, po ustanovitvi nove fakultete pa na Fakulteti za računalništvo in

informatiko. Na tedanji Fakulteti za elektrotehniko je prof. Virant ustanovil Laboratorij za digitalne sisteme, v okviru katerega je potekal razvoj prvega slovenskega elektronskega računalnika. Ustanovil je tudi Laboratorij za računalniške strukture in sisteme, ki je opravil pionirsko razvojno-raziskovalno delo za telekomunikacijsko industrijo na področju razvoja elektronskih telefonskih central v drugi polovici 60. in v začetku 70. let. Temu je sledilo daljše obdobje sodelovanja z Gorenjem na področju razvoja osebnih računalnikov in uvajanja mehke logike v gospodinjstve aparate.

Profesor Virant je največ energije vložil predvsem v projekte, pri katerih je fakulteta sodelovala z industrijo. Trdno je bil namreč prepričan, da mora fakulteta, ki je po svoji usmeritvi tehniška in inženirska, poleg čistih raziskav gojiti tudi raziskave, ki vodijo v izdelke in storitve. V takšnem sodelovanju med akademsko in industrijsko sfero je videl svoje poslanstvo univerzitetnega profesorja. Tako so vsi projekti, pri katerih je sodeloval vodili do industrijskih prototipov. Med vidnejše rezultate njegove usmeritve lahko štejemo to, da so njegova dela pripomogla k razcvetu slovenske telekomunikacijske industrije. Ob koncu svoje kariere se je vedno več ukvarjal z mehko logiko in njenimi aplikacijami v industrijskem okolju, zato je aktivno sodeloval tudi v Evropskem kongresu za inteligentne tehnologije in mehko računanje (European Congress on Intelligence Techniques and Soft Computing).