

UNIVERZA V NOVI GORICI
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

DIPLOMSKO DELO

**IZBIRA PRETVORNIKA SIGNALOV ZA LABORATORIJSKE
POTREBE**

Domen Krajnik

Mentor: prof. dr. Juš Kocijan

Nova Gorica, 2008

ZAHVALA

Za strokovno pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju prof. dr. Jušu Kocijanu in mojim staršem, ki so mi vedno stali ob strani in me skozi študij vsestransko podpirali in mi je z njihovo pomočjo uspelo dokončati diplomsko delo.

Rad bi se zahvalil podjetjem: Sinabit d.o.o., Conphis d.o.o., HPE d.o.o., Belmet d.o.o., National Instruments d.o.o., ki so mi prijazno dovolili uporabo njihovega slikovnega gradiva za potrebe diplomske naloge.

Diplomsko nalogo posvečam svojim pokojnima prijateljema, ki sta letos (2007) v gorah izgubila življenji. Mir z vama, Davorin Likar in Jurij Uršič.

IZVLEČEK

Diplomska naloga opisuje in predstavlja izbiro pretvornika signalov, ki se bo uporabljal v laboratorijske potrebe pri predmetu Projektiranje in avtomatizacija tehnoloških sistemov na Univerzi v Novi Gorici. Pretvornik bo deloval v povezavi med računalnikom in modelno napravo in bo namenjen poučevanju avtomatskega vodenja. V nalogi smo poizkušali nazorno prikazati potek izbire. Za pomoč pri razumevanju izrazov smo na začetku obrazložili njihov pomen. Z uporabo svetovnega spleta smo poiskali sedem pretvornikov različnih proizvajalcev, ki so ustrezali postavljenim zahtevam. Vsakega od teh sedmih pretvornikov smo podrobneje opisali. Predstavili smo tehnične in ekonomske lastnosti, ki so najpomembnejše in so hkrati tudi najodločilneje vplivale na končno izbiro. S pretvornikom se bo študentom omogočilo samostojno delo na praktičnih primerih in preizkus teoretično dobljenih rezultatov.

KLJUČNE BESEDE

Signal, pretvornik, analogno, digitalno, pretvorba, modelne naprave

ABSTRACT

The thesis describes the course of selection of a signal converter to be used in the laboratory at the University of Nova Gorica for the needs of the course 'Design and automation of technology systems'. The converter shall be computer-aided, shall operate in connection with a model device, and shall be used as an aid for the teaching of automatic control. In order to depict the process of selecting as clearly as possible, some of the key expressions used in the text are explained at the very beginning of the thesis. Seven converters (fulfilling certain requirements) of different producers were chosen via Internet. Each of them is described in detail. Each description states technical and economic properties - vital features according to which we made our final selection. Students shall be given the opportunity to work independently on practical application cases with the selected converter and to review theoretically obtained results.

KEY WORDS

Signal, converter, analog, digital, conversion, test rigs

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	Obrazložitev tehničnih pojmov in izrazov.....	3
2.1	Signal.....	3
2.1.1	Analogni signal.....	4
2.1.2	Digitalni signal.....	5
2.2	Vzorčenje.....	6
2.3	Komunikacijski kanali.....	6
2.4	Bit.....	7
2.5	Resolucija.....	7
2.6	Vodilo.....	9
2.7	PCI vodilo.....	10
2.8	USB vodilo.....	11
2.9	RJ-45.....	12
3	NAMEN AD/DA PRETVORNIKA.....	13
4	RAZDELITEV PRETVORNIKOV.....	14
4.1	PC – zasnovani pretvorniki.....	15
4.1.1	Prenosni pretvorniki.....	15
4.1.2	Vgradni pretvorniki.....	16
4.2	Integrirani pretvorniki.....	16
4.2.1	Samostojni pretvorniki.....	17
4.2.2	Distribuirani pretvorniki.....	17
5	SESTAVA IN DELOVANJE PRETVORNIKOV.....	18
5.1	Delitev procesov obdelave signala iz analogne v digitalno obliko.....	18
5.1.1	Prenapetostna zaščita.....	19
5.1.2	Nizkopasovno filtriranje.....	19
5.1.3	Izbiralnik.....	19
5.1.4	A/D pretvornik.....	20
5.2	Delitev procesov obdelave signala iz digitalne v analogno obliko.....	23
5.2.1	Principi delovanja D/A pretvornikov.....	24
5.2.2	Razdelilnik.....	25
5.2.3	Zadrževalnik.....	26

5.2.4	Izhodna stopnja	26
6	KOMPONENTE SISTEMA VODENJA.....	27
6.1	Modelne naprave.....	28
6.1.1	Modelna naprava avtomatski pralni stroj.....	28
6.1.2	Modelna naprava enosmerni električni motor	29
6.2	Programska oprema	30
6.2.1	Delphi.....	31
7	LASTNOSTI IZBRANIH AD/DA PRETVORNIKOV.....	32
7.1	Pretvornik ADVANTECH USB-4711.....	34
7.2	Pretvornik USBDAQ-9100-MS.....	36
7.3	Pretvornik LabJack UE9	38
7.4	Pretvornik MODEL DT9802	40
7.5	Pretvornik KUSB-3102.....	42
7.6	Pretvornik USB-1408FS	44
7.7	Pretvornik NI USB-6009	46
8	VREDNOTENJE IN OCENA	48
8.1	Analiza rezultatov	49
9	ZAKLJUČEK.....	53
10	LITERATURA.....	54

1 UVOD

Ustanove, ki izobražujejo na področju tehnike, se soočajo s posredovanjem novih tehnoloških dosežkov slušateljem. V področje tehnike spada tudi avtomatizacija in računalniško vodenje procesov, ki jo poučujejo na Univerzi v Novi Gorici. Za lažje razumevanje in poučevanje smo želeli uvesti nov in učinkovitejši način podajanja snovi študentom z uporabo modelnih naprav, ki predstavljajo procese iz vsakodnevnega življenja, bodisi doma ali v določeni organizaciji. Boljša predstavitev principov delovanja bi doprinesla k lažjemu in hitrejšemu razumevanju delovanja avtomatizacije in računalniškega vodenja. Zato se v pomoč boljšemu izobraževanju študentov uveljavljajo tehnični pripomočki, ki otipljivo prikažejo tehnične probleme.

Projektiranje in avtomatizacija tehnoloških sistemov (PATS) je obvezen predmet drugega letnika smeri Ekonomika in vodenje proizvodnih in tehnoloških sistemov in ekvivalenten predmetu Osnove avtomatskega vodenja na prenovljenem programu Gospodarski inženiring 1. stopnje na Poslovno-tehniški fakulteti (PTF) na Univerzi v Novi Gorici. Vsebina predmeta zajema avtomatsko vodenje procesov in vse, kar je s tem povezano. Z avtomatizacijo se študenti podrobneje seznanijo pri praktičnem delu (laboratorijske vaje), kjer se uporabljajo modelne naprave in pripomočki za simulacijo. Pri izbiri naprave je eden od pogojev tudi možnost vodenja z že obstoječo programsko opremo, programska paketa Matlab in Scilab, ker je ta že v uporabi in je dobro integrirana v sam sistem izobraževanja

Namen diplomske naloge je na enostaven in pregleden način prikazati izbiro pretvornika za pretvorbo analognih in digitalnih signalov. Na izbiro ustreznega pretvornika vplivajo predvsem tehnične lastnosti in ekonomske vrednosti. Pretvornik je pomemben vmesni člen med računalnikom in modelnimi napravami. Za iskanje pretvornika bomo uporabili svetovni splet iz katerega bomo povzeli lastnosti posameznih pretvornikov in te zapisali v tabele. Končno ekonomsko vrednost bomo določili na podlagi nakupne cene in pripadajočih stroškov.

V začetnih poglavjih bodo predstavljeni nekateri pojmi, ki bodo kasneje uporabljeni pri opisih in komentarjih izbranih pretvornikov. Opisali in obrazložili bomo modele različnih proizvajalcev ter nekatere načine pretvorb iz analognih v digitalne signale in obratno. Predstavili bomo tudi zahteve, ki jih mora izpolnjevati pretvornik, da bi ustrezal tako napravam na katere bo priključen, kot tudi njihovi programski opremi. Necompatibilnost je pojav v tehniki na katerega moramo biti posebej previdni. Nadaljevali bomo s predstavitvijo modelnih naprav, na katere bo priključen pretvornik ter programskega orodja, ki bo uporabljeno za pisanje računalniških programov. V predstavitvi bomo natančneje prikazali in opisali lastnosti izbranih pretvornikov. V zadnjem poglavju bodo navedeni razlogi, za odločitev o nakupu izbranega modela.

2 Obrazložitev tehničnih pojmov in izrazov

V poglavju so predstavljeni najpomembnejši pojmi in izrazi, ki so potrebni za splošno razumevanje delovanja pretvornikov in njihove tehnične sestave. Poglavje je razdeljeno na opis procesov in na opis naprav, ki omogočajo delovanje pretvornikov. Pri večini pojmov so priložene slike za lažjo predstavitev tehničnega delovanja. Za predstavitev pojmov in izrazov sledi del s predstavitev naprav, ki določajo okolje in namen uporabe ter način povezave z zunanjim okoljem.

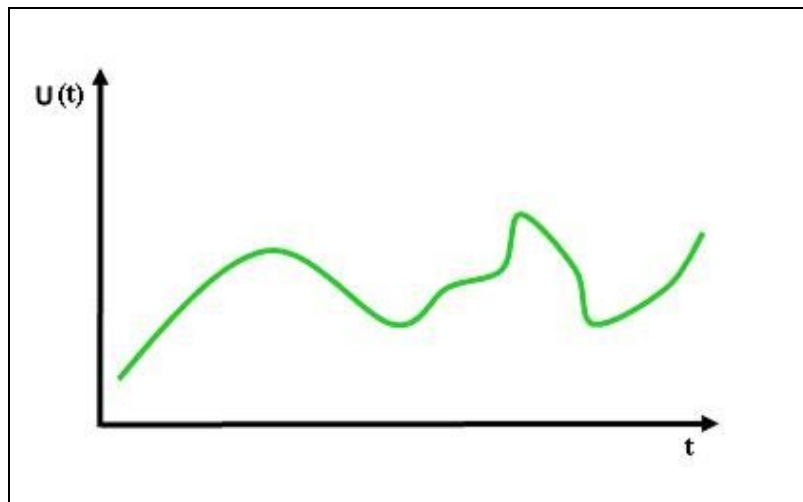
2.1 Signal

Signal je funkcija, ki prenaša informacije o stanju in obnašanju fizičnih sistemov. Matematično tako funkcijo predstavimo kot zvezo neodvisnih spremenljivk, stvarno pa signali pomenijo niz časovnih sprememb neke veličine ali pa sprememb stanj (položaja) v prostoru. Signale opazujemo in spremljamo v času. Matematično si jih lahko ponazorimo kot zvezne ali diskretne. Diskretni so določeni le v zaporednih, ločenih časovnih trenutkih neodvisne spremenljivke, zato jih obravnavamo kot zaporedje števil. Obdelava signalov temelji na postopkih in napravah, ki so skladni z naravo signalov. Zvezne signale »razumejo« analogne naprave, diskretne, ki so nizi števil, pa digitalne naprave. Med analognimi in digitalnimi signali ter sistemi obstaja tesna, eno veljavna zveza, ki omogoča, da probleme in njihove rešitve pretvarjamo med obema vrstama sistemov.¹

¹ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta (<http://sl.wikipedia.org/wiki/Signal>)

2.1.1 Analogni signal

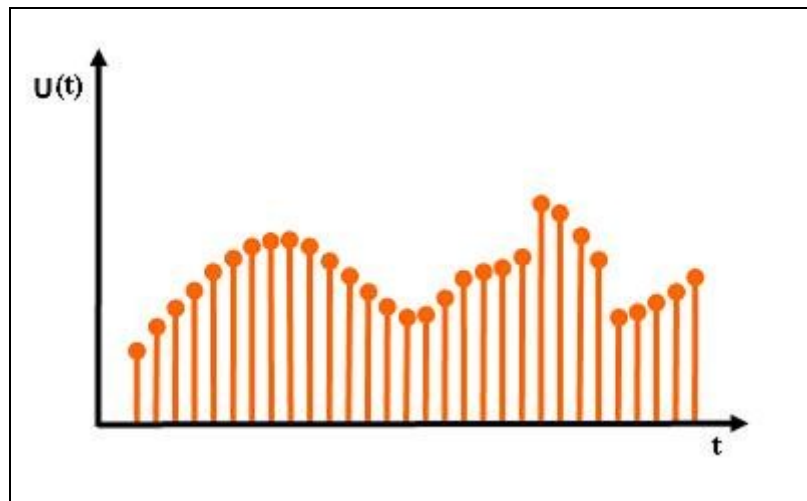
V tehniki ločimo zvezne, diskretne in digitalne signale. Analogni signali so zvezno časovno kontinuirani signali, ki so po vrednosti sorazmerni določeni fizikalni veličini. Zveznim signalom lahko za vsak trenutek v času določimo njihovo vrednost, medtem ko so diskretni signali kvantizirani po času, po amplitudi pa ne. Analogni signali (slika 1) so neprekinjeni v času in napetosti ali toku.



Slika 1: Potek zveznega analognega signala

2.1.2 Digitalni signal

Digitalni signal je po vrednosti in času diskreten. Če individualne časovne vrednosti diskretnega časovnega signala, namesto natančnega merjenja (ki bi zahteval neskončno število vrednosti) približamo do izbrane natančnosti (ki zahteva le določeno število vrednosti), potem je rezultat znan kot digitalni signal. Naprave, ki uporabljajo digitalne signale in uporabljajo binarno logiko, imenujemo digitalne naprave. Digitalne signale ponavadi prikažemo v dvojiškem sistemu zato, da lahko uporabimo binarno logiko. Posamezne vrednosti napetosti, ki ustrezajo logični nič ali ena, so odvisne od vezij. Večina digitalnih naprav uporablja TTL (tranzistorsko-tranzistorska logika) vezja, ki delujejo na napetosti $5\text{ V} \pm 0.25\text{ V}$. V vhodnem logičnem nivoju je vrednost za »0«: 0 do 0.8 V; za »1«: 2 do 5 V. Za izhodni logični nivo pa je vrednost za »0«: 0 do 0.4 V; za »1«: 2.4 do 5 V.



Slika 2: Potek digitalnega diskretnega signala

2.2 Vzorčenje

Vzorčenje je pretvorba analognega (zveznega) signala v digitalnega (diskretnega) z analogno - digitalnim pretvornikom. Izberemo si vzorčevalno frekvenco oziroma vzorčevalno periodo, ki določa razmik med vzorci v digitalnem signalu. Vzorčenje je predstavitev zveznega signala na diskreten način in omogoča zamenjavo analognega procesiranja signalov z digitalnim.

2.3 Komunikacijski kanali

Kanali v komunikaciji (najpogosteje jih imenujemo komunikacijski kanali) se nanašajo na medij, ki se uporablja za prenos informacij od pošiljatelja (ali oddajnika) do sprejemnika.

- **Izmenično dvosmerni kanal** (angl. half duplex) sistem zagotavlja komunikacije v obe smeri, ampak samo v eno smer v določenem času (nesimultano). Kadar ena stran sprejema signal, mora najpogosteje počakati da oddajnik konča z oddajanjem, preden lahko odgovori.
- **Sočasno dvosmerni kanal** (angl. full duplex) sistem omogoča komunikacijo v obe smeri in za razliko od izmenično dvosmernega sistema dovoljuje, da se to dogaja simultano. Stacionarno telefonsko omrežje je sočasno dvosmerno in omogoča, da oba udeleženca v pogovoru lahko govorita in poslušata v istem trenutku.

2.4 Bit

Bit je osnovna in hkrati najmanjša enota informacije, ki se uporablja v računalništvu in teoriji informacij. En bit (ime bit izhaja iz angleškega izraza »binary digit«) predstavlja neko informacijo o opazovanem objektu, ki je lahko 1 (da, angl. true), ali 0 (ne, angl. false), ali katerikoli dve drugi, medsebojno izključujoči se stanji. Bajt (zlog) je skupina bitov; v zgodnejših letih računalništva je bila velika od 5 do 9 bitov, danes pa je velikost bajta standardizirana na osem bitov. Osembitne bajte ponekod imenujejo tudi oktet. 16 bitno pa pomeni, da je zapis sestavljen iz 16 enic oziroma ničel in na ta način lahko zapišemo 2^n različnih dvojiških vrednosti. To pa pomeni, da vzorec lahko vsebuje katerega koli od 65.536 unikatnih vrednosti, sestavljenih iz enic in ničel. Za večkratnike bitov ali bajtov se uporabljajo predpone, npr. kilobit, megabit, gigabit, vendar je pri tem pretvornik 1024 namesto 1000. Ker je sicer izven računalništva pretvornik kilo = 1000, je bila predlagana nova rešitev: kilobit = 1000 bitov.²

2.5 Resolucija

Najlažje razumemo koncept resolucije tako, da opravimo primerjavo z uporabo palice, dolžine enega metra. Palico razdelimo na milimetske delce. Sama palica ima resolucijo 1000 delcev na 1 meter.

Resolucija n-tega dela bajta pri analogno-digitalni pretvorbi je funkcija, ki določi, na koliko delov se lahko razdeli maksimalni signal. Pri bajtu z n-bitni je resolucija 2^n . Za primer vzemimo 12-bitni analogno-digitalni pretvornik, ki ima resolucijo $2^{12} = 4,096$. Torej je naša ločljivost 1 del od 4,096 ali 0.0244% celotne skale.

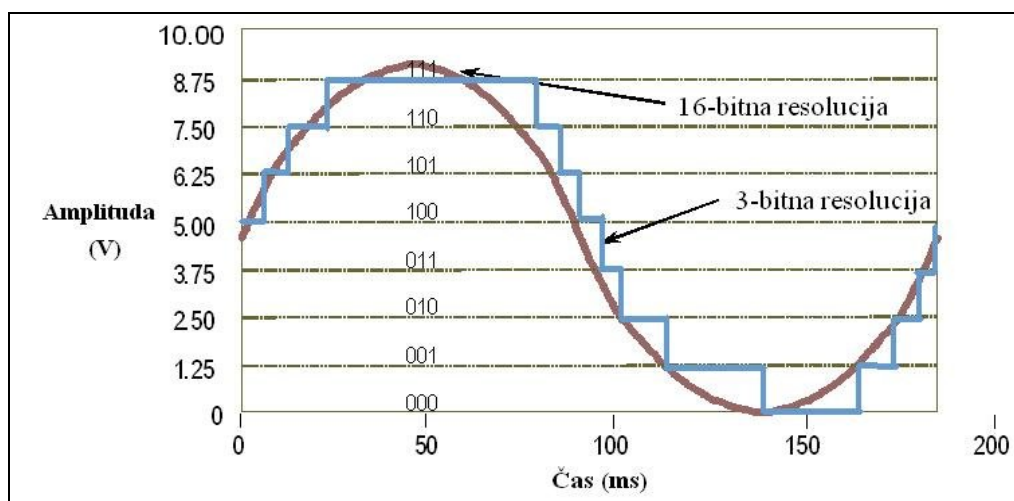
² Pridobljeno 13.10.2007 iz svetovnega spleta (<http://sl.wikipedia.org/wiki/Bit>)

Analogno-digitalni (A/D) pretvornik pretvarja analogni signal v binarno število. Torej vsako binarno število predstavlja določen nivo napetosti. Rezolucija je najmanjša razlika vnosa napetosti, ki jo pretvornik lahko zazna. Rezolucija se lahko izrazi v bitih, razmerjih ali procentih celotnega vzorca.

Rezolucija omejuje natančnost merjenja. Višja kot je resolucija (število bitov), natančnejša je meritev. Tri bitni A/D pretvornik razdeli območje vhodnih signalov na 8 diskretnih nivojev. Z vertikalno razporeditvijo 10 V 3-bitni A/D pretvornik ne more razločiti napetostne razlike manjše od 1,25V. Za primerjavo: 16-bitni pretvornik A/D s 65,536 diskretnimi nivoji lahko idealno reši napetostne razlike, ki so velikosti do 15 μ V pri področju vhodne napetosti 10V.

Poglejmo, kako bi izgledalo sinusno valovanje pri prehodu skozi A/D pretvornik z različnimi resolucijami. Primerjali bomo 3-bitni A/D pretvornik z 16-bitnim A/D pretvornikom.

Kot lahko vidimo na sliki 3, prikaz sinusne krivulje s 3-bitno resolucijo izgleda bolj stopničasta funkcija, kot pa sinusna krivulja. Kakorkoli, 16-bitni A/D pretvornik pokaže lepo sinusno krivuljo. V primeru, da uporabljate 3-bitni A/D pretvornik, nihanja, manjša od 1,25V, v napetosti pri vhodnem signalu ne bodo odkrita.³



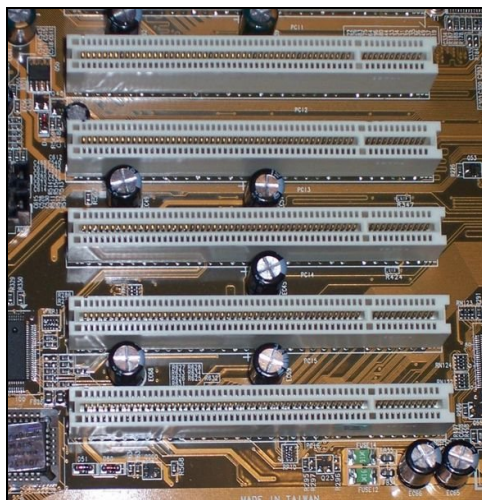
Slika 3: sinusna krivulja z 3-bitnim in 16-bitnim A/D⁴
(Slika je uporabljena z dovoljenjem podjetja National Instruments Corporation)

³ Pridobljeno 13.10.2007 iz svetovnega spleta (<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/4806>)

⁴ Pridobljeno 13.10.2007 iz svetovnega spleta
(<http://zone.ni.com/cms/images/devzone/tut/b/9ee38d1a85.gif>)

2.6 Vodilo

Vodilo je povezava za prenos podatkov med tremi ali več napravami. Vse naprave so priključene na isto (edino) povezavo. Število povezav je mnogo manjše kot pri načinu povezave »vsak z vsakim«. Slabost vodila je, da lahko oddaja le ena naprava naenkrat. Da ne bi prišlo do kršitve tega pravila, se uporabljajo posebni krmilni signali (zahteva, odobritev, sprostitev itd.) Značilni primer uporabe vodila je računalnik. V njem različna vodila povezujejo enote kot so procesor, notranji pomnilnik, vmesniki itd. Vodila v notranjosti računalnikov so običajno vzporedna. To pomeni, da imajo veliko linij (žic). Podatki potujejo hkrati po več linijah, kar pripomore k večji hitrosti. Zunanja vodila (povezava med računalnikom in oddaljeno napravo) so običajno zaporedna. To pomeni manj linij in manjšo hitrost. Najbolj znani vodili sta USB in PCI, ki je prikazano na sliki 4. Obe vodili sta podrobneje opisani v poglavjih, ki sledita.⁵



Slika 4: PCI - vodilo⁶

(Slika je pridobljena s spletne strani www.wikipedia.org in je v javni lasti)

⁵ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta (<http://sl.wikipedia.org/wiki/Vodilo>)

⁶ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta (<http://sl.wikipedia.org/wiki/Slika:Pci-slots.jpg>)

2.7 PCI vodilo

Vodilo, v praksi najpogosteje okrajšano kot PCI (ang. Peripheral Component Interconnect), določi »reže«, preko katerih lahko priklopimo periferne naprave na računalniško matično ploščo. Take naprave so najpogosteje v obliki razširitvenih kartic, ki so oblikovane tako, da se jih vstavi na matično ploščo računalnika. PCI »reža« je nadomestila nekatera zastarela vodila v računalništvu. Vodilo PCI bo sčasoma nadomestilo novejše vodilo PCI Express, ki je že standard v večini novejših računalnikov in preostali tehnologiji.⁷



Slika 5: Vgradni AD/DA pretvornik/kartica na PCI vodilu⁸
(Slika je uporabljena z dovoljenjem podjetja National Instruments Corporation)

⁷ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta
(http://en.wikipedia.org/wiki/Peripheral_Component_Interconnect)

⁸ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta
(http://sine.ni.com/images/products/us/040514_pci8430_2_1.jpg)

2.8 USB vodilo

Univerzalno serijsko vodilo s kratico USB (ang. Universal Serial Bus) (slika 6) je večnamensko vodilo, namenjeno priklopu različnih perifernih naprav na računalnik. Naenkrat lahko priključimo do 127 naprav. K njegovi priljubljenosti prispeva preprostost uporabe. Naprave z manjšo porabo električne moči se lahko napajajo kar iz tega vodila. Operacijski sistem sam poskrbi za nalaganje gonilnika, ko priključimo napravo na osebni računalnik, oziroma pri prvem priklopu zahteva zgoščenko z gonilniki. Prenos poteka po štiri žilnem kablju (ozemljitev, napajanje +5 V in parica za prenos podatkov). Hitrosti vmesnika USB so med 1,5 in 12 Mbps, novejša različica USB2 pa zmore delovati z višjo hitrostjo, ki je 480 Mbps.⁹



Slika 6: USB – priklopni vtič¹⁰
(Slika je pridobljena s spletne strani www.wikipedia.org in je v javni lasti)

⁹ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta
(http://sl.wikipedia.org/wiki/Univerzalno_serijsko_vodilo)

¹⁰ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta
(http://en.wikipedia.org/wiki/Image:USB_TypeA_Plug.jpg)

2.9 RJ-45

Vodilo 8P8C se pogosto napačno poimenuje kot vodilo RJ-45 (slika 7), čeprav se RJ-45 nanaša tako na standardni vmesnik kot tudi na standardni načrt žične vezave. Navkljub temu se 8P8C priključek skoraj vedno poimenuje kot priključek »RJ-45«. Priključek 8P8C je lahko dveh oblik, in sicer kot vtič ali vtičnica. Vsak ima osem prevodnikov (žic). Najbolj znana uporaba vodila 8P8C je pri lokalnih mrežnih povezavah. Od leta 2000 dalje je skorajda univerzalni tip priklopa za prenos podatkov pri lokalnih mrežnih povezavah in je zamenjal več starejših tipov priključkov.



Slika 7: RJ-45 priklopni vtič¹¹
(Slika je pridobljena s spletne strani www.wikipedia.org in je v javni lasti)

¹¹ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta
http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Ethernet_RJ45_connector_p1160054.jpg

3 NAMEN AD/DA PRETVORNIKA

Ključni elementi vsakega sistema, ki uporablja digitalno tehniko za procesiranje analognih podatkov so analogno-digitalni (A/D) in digitalno-analogni (D/A) pretvorniki.

Glavni namen pretvornika signalov je pretvorba signala iz digitalne v analogno obliko in obratno zaradi potreb ene ali druge naprave, ki sodeluje pri medsebojni komunikaciji ali posredovanju podatkov. Pomembno je tudi, da je pretvorba kakovostna in hitra, kar pomeni, da mora pretvornik izločiti zunanje šume in vplive na pretvorbo oz. mora le-te izničiti, kar je tudi lahko samostojen namen pretvornika.

Merjeni signali se najpogosteje obdelujejo digitalno, zato je potrebno izvršiti pretvorbo analognih signalov v digitalne (diskretne) signale, kar izvaja analogno-digitalni (A/D) pretvornik. Nato sledi digitalno procesiranje v računalniku, izhod iz računalnika pa je namenjen temu, da vpliva na končni sistem. Ker so izvršni sistemi (aktuatorji) večinoma vodeni analogno, je potrebno izvesti pretvorbo iz digitalnih signalov v analogne signale, kar izvaja digitalno-analogni (D/A) pretvornik.¹²

¹² Matko, D. (1995) Računalniško vodenje procesov. Ljubljana, Fakulteta za računalništvo in informatiko

4 RAZDELITEV PRETVORNIKOV

AD/DA pretvorniki (v nadaljevanju pretvorniki) se ločijo glede na vrsto uporabe in načina priklopa oz. komunikacijskega vodila. National Instruments Corporation deli te pretvornike na več skupin (slika 8).

Prva skupina pretvornikov je zasnovana za osebne in prenosne računalnike. Ločimo zunanje prenosne enote, povezljive z eno izmed podatkovnih vodil, ki omogočajo hiter in enostaven priklop ter vgradne pretvornike, ki se razlikujejo predvsem po tem, da je potrebna njihova interna vgradnja v računalnik.

Druga skupina pretvornikov pa je zasnovana za industrijsko uporabo in se po tem tudi fizično razlikuje od pretvornikov, namenjenih za osebne računalnike. Večinoma so namenjeni vgradnji v industrijske procesne enote ali celo delujejo kot samostojne enote, ki so lahko povezane med seboj in kasneje tudi s centralnimi procesnimi enotami preko različnih vodil in vezji.



Slika 8: Razdelitev pretvornikov¹³
(Slika je uporabljena z dovoljenjem podjetja National Instruments Corporation)

¹³ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta
(<http://zone.ni.com/cms/images/devzone/tut/pcbasedembeddedsmall.jpg>)

4.1 PC – zasnovani pretvorniki

PC- zasnovani pretvorniki se lahko razlikujejo od enostavnih, nizko cenovnih, nizko napetostnih do pretvornikov, ki delujejo v industrijskem okolju in vključujejo visoke napetosti in zahtevne dinamične signale.

4.1.1 Prenosni pretvorniki

Za enostavnejši prenos enot so pretvorniki najpogosteje v obliki zunanjih modulov z različnimi povezavami na prenosni računalnik, namizni računalnik ali dlančnik. Izdelani so iz trpežne umetne mase, ki ščiti notranjost pred poškodbami in škodljivimi vplivi zunanjih dejavnikov (slika 9).



Slika 9: Prenosni pretvorniki¹⁴
(Slika je uporabljena z dovoljenjem podjetja National Instruments Corporation)

¹⁴ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta
(<http://zone.ni.com/cms/images/devzone/tut/Presentation2.jpg>)

4.1.2 Vgradni pretvorniki

Najpogostejša uporaba pretvornikov je v povezavi z namiznimi računalniki. Najustreznejši pretvorniki za take vrste računalnikov so vgradni (slika 10). Te enote nimajo ohišja, ker jih vgradimo v že obstoječe ohišje osebnih računalnikov. Največkrat uporabljeno vodilo za medsebojno povezavo je PCI vodilo.



Slika 10: Vgradni pretvornik¹⁵
(Slika je uporabljena z dovoljenjem podjetja National Instruments Corporation)

4.2 Integrirani pretvorniki

Integrirani sestavljajo večjo mrežo pretvornikov, ki so med seboj povezani v enotno centralo, kjer poteka več kanalna pretvorba signalov. Ti se lahko prenesejo v centralno procesno enoto preko žične ali brezžične povezave. Nekatere vrste pretvornikov omogočajo tudi lokalno shranjevanje podatkov o prejetih signalih na samostojne spominske enote. Ločimo samostojne in distribuirane pretvornike.

¹⁵ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta
(<http://zone.ni.com/cms/images/devzone/tut/Presentation2.jpg>)

4.2.1 Samostojni pretvorniki

Pretvorniki te vrste so zelo odporni, saj so namenjeni delovanju v težjih pogojih kot so visoka temperatura, tresljaji ipd. Vsebujejo tudi samostojno enoto za delno obdelavo in shranjevanje zajetih signalov (slika 11).



Slika 11: Samostojni pretvornik¹⁶
(Slika je uporabljena z dovoljenjem podjetja National Instruments Corporation)

4.2.2 Distribuirani pretvorniki

Za obdelavo signalov na več različnih lokacijah se uporablja distribuirne vrste pretvornikov. Ti so namenjeni zajemanju signalov in njihovo distribucijo do glavne centralne postaje, kjer se opravljajo vse pretvorbe in obdelava zajetih signalov iz več pretvornikov skupaj (slika 12).



Slika 12: Distribuirani pretvornik¹⁷
(Slika je uporabljena z dovoljenjem podjetja National Instruments Corporation)

¹⁶ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta
(<http://zone.ni.com/cms/images/devzone/tut/Presentation2.jpg>)

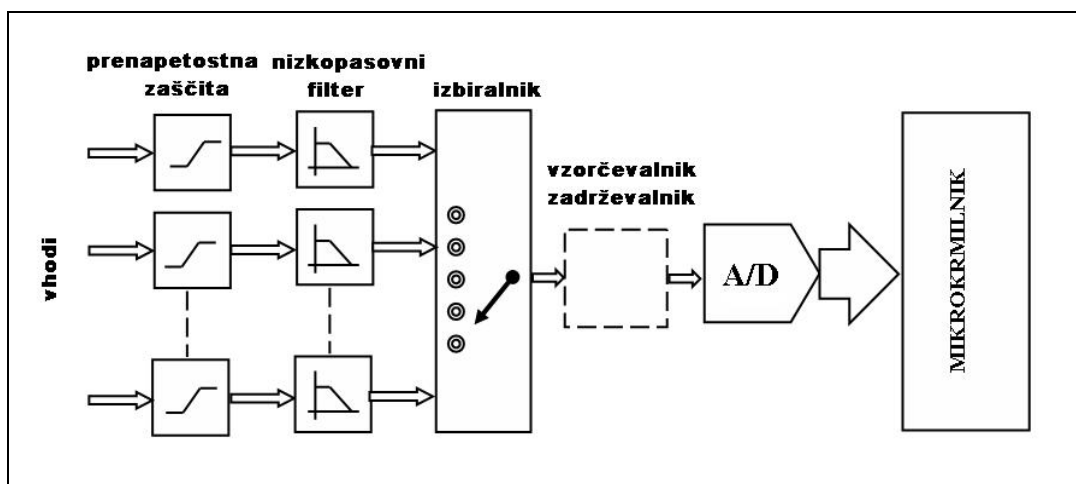
¹⁷ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta
(<http://zone.ni.com/cms/images/devzone/tut/Presentation2.jpg>)

5 SESTAVA IN DELOVANJE PRETVORNIKOV

Signali v elektronski tehnologiji so lahko digitalni ali analogni. Prenos analognih signalov se deli na tokovni in napetostni, pri katerih je jakost odvisna od naprave, ki jih proizvaja. Tako oblikovanih analognih signalov digitalni sistemi neposredno ne morejo obdelati. Analogni podatki se morajo zato pretvoriti v digitalno vrednost, kjer A/D pretvornik z n biti omogoča kvantizacijo področja analognega signala na 2^n delov oziroma nivojev.

5.1 Delitev procesov obdelave signala iz analogne v digitalno obliko

Pri pretvorbi analognega signala v digitalno obliko gre signal skozi proces obdelave, ki ga delimo na več stopenj, prikazanih na sliki 13.



Slika 13: Procesi pretvorbe signala iz analognega v digitalno obliko

5.1.1 Prenapetostna zaščita

Vhodni signali so speljani naprej preko pre-napetostne ali pre-tokovne zaščite. To ščiti preostali del sistema pred poškodbami, ki jih lahko povzroči kratek stik, napačna vezava, razelektritev statičnega naboja teles itd.

5.1.2 Nizkopasovno filtriranje

Nizkopasovni filter prilagodi frekvenčni spekter vhodnega signala za vzorčenje. Pri tem moramo biti pozorni na tiste komponente vzorčnega signala, ki se spreminjajo hitreje od signala vzorčenja, saj bi se lahko te komponente preslikale v nižjo frekvenco in jih ne bi bilo več mogoče ločiti od koristnega dela signala. Z nizkopasovnimi filtri znižamo amplitude nekaterih komponent vhodnih signalov, prav tako znižamo prispevek šumnih signalov, ki so posledica merilnih postopkov.

5.1.3 Izbiralnik

Izbiralnik obdela več vhodnih signalov z enim samim analogno-digitalnim pretvornikom. Mikrokrmilnik v vsakem vzorčevalnem ciklu izbere enega za drugim vse vhodne signale in vsakega poveže z A/D pretvornikom. Včasih je med izbiralnikom in A/D pretvornikom potrebna še ojačevalna stopnja, s katero ojačamo signal, ter vzorčevalno-zadrževalno vezje, ki zadrži vrednost merjenega signala med časom, ki ga A/D pretvornik potrebuje za pretvorbo.

5.1.4 A/D pretvornik

Poznamo več principov A/D pretvorbe in načinov izvedb A/D pretvornikov. Najpogostejši so Flash A/D, ki so zelo hitri in natančni, a zaradi velikega števila elementov, ki jih sestavljajo, precej dragi, in so cenovno nepraktični za pretvorbe nad 8 bitov. Zelo pogosti so tudi pretvorniki, ki imajo v povratno zvezo vključen digitalno-analogni pretvornik. Glede na princip pretvorbe ločimo:

- Prištevalni A/D

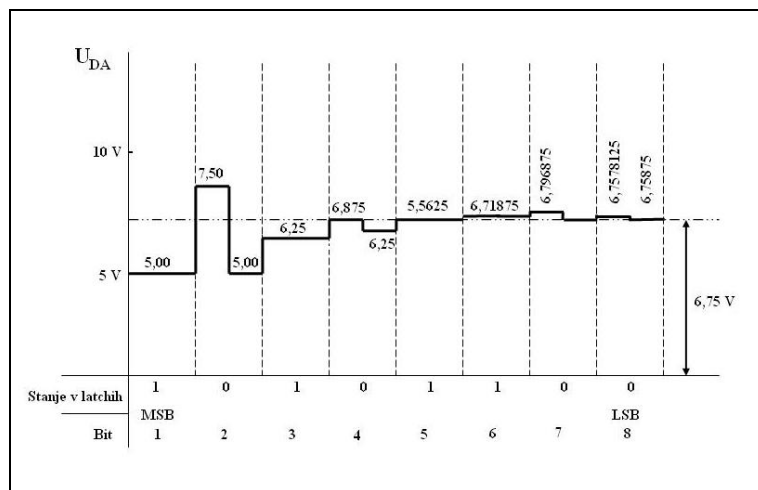
Na vsakih 2^n taktnih impulzov (n je število digitalnih mest) ti proizvedejo po eno analogno-digitalno pretvorbo. Zato potrebujejo za pretvorbo več časa in so primerni le za pretvorbe počasi spreminjajočih analognih veličin. Analogni podatek pri teh pretvornikih je na razpolago šele po končanem ciklu pretvorbe.

- Sledilni A/D

Sledilni A/D so sorazmerno preprosti glede izvedbe in uporabe, potrebujejo manj časa za pretvorbo in so zato hitrejši, njihova prednost pa je v tem, da ne potrebujejo dodatnega zadrževalnega vezja za shranjevanje pretvorjenega podatka. Ta tip A/D pretvornika ni primeren za pretvarjanje signalov, ki vsebujejo poleg koristne informacije še izrazite motnje, kar lahko povzroči prevelika odstopanja od natančne vrednosti. V tem primeru postane A/D nestabilen, posledica je nihanje digitalne vrednosti.

- Pretvorba z zaporednim približevanjem

A/D pretvornik z zaporednim približevanjem je pretvornik s povratno zvezo. V le-to je vključen tudi D/A-pretvornik. Logično vezje, ki krmili delovanje D/A-pretvornika, je zasnovano drugače kot pri sledilnih A/D. Za pretvorbo v digitalni podatek A/D z zaporednim približevanjem potrebuje le $n + 1$ taktnih impulzov, kar omogoča uporabo v sistemih, kjer imamo opravka s hitro spreminjajočimi se analognimi veličinami. Na sliki 14 je prikazano približevanje signala svoji končni vrednosti.



Slika 14: Prikaz sprememb vrednosti pretvorbe v osem bitnem A/D¹⁸

¹⁸ Štandeker, C. (2002) Digitalni sistemi in krmilja. Del 1, Logične strukture in vezja. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

Postopek pretvorbe je naslednji:

- a) Postavi se bit najvišje utežne vrednosti, ki ima težo polovice maksimalne vrednosti, kar znaša 5 V. Ker je to nižje od priključene napetosti, se ta bit ohrani.
- b) Postavi se bit 2, ki ima težo četrte maksimalne vrednosti. Ker vsota, ki jo ponazarjata bit 1 in 2, presega priključno vrednost ($5 + 2.5 > 6.75$), se ta bit briše.
- c) Postavi se bit 3, ki ima težo osmine maksimalne vrednosti. Ker je vsota, ki jo ponazarjata postavljena bita 1 in 3 manjša ($5 + 1.25 < 6.75$) od priključene napetosti, se ta bit ohrani.
- d) Postopek se ponavlja do bita 8 tako, da se ob prekoračitvi vrednosti 6.75 postavljeni bit briše. Če je vsota, ki jo predstavljajo postavljeni biti, manjša od 6.75, pa se postavljeni bit ohrani.

Ko je pretvorba končana, dobimo na izhodu digitalni podatek, ki ima vrednost 6.71875V.

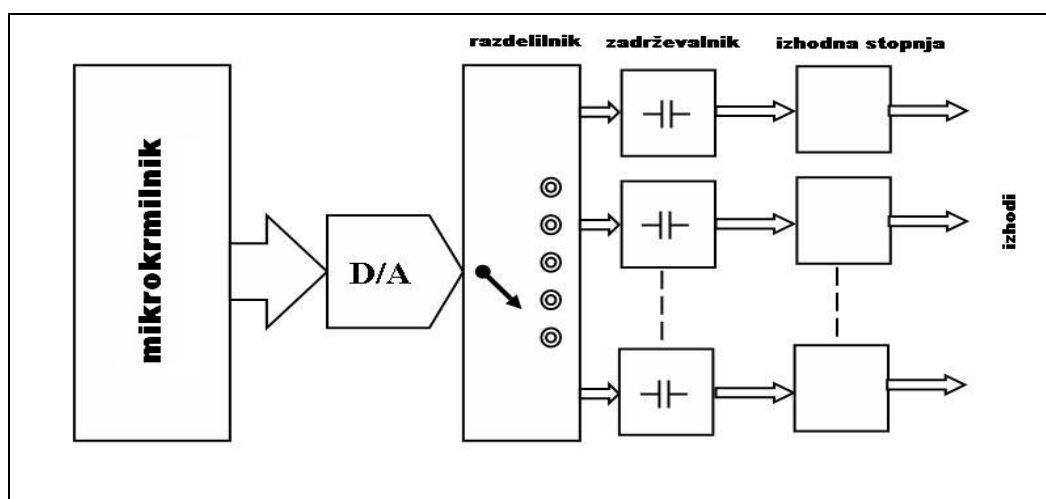
10101100 ←	→ (172/256) · 10 V ←	→ 6.71875 V
-------------------	-----------------------------	--------------------

Vhodna vrednost znaša 6.75, razlika je enaka 0.03125 ali približno -0.46 %; negativni predznak smo zapisali zato, ker je pretvorjeni podatek manjši od dejanske vrednosti. Če bi se omejili samo na štiri bite, bi rezultat vseboval napako 0.5, kar pomeni, da se s povečanjem števila bita napaka zmanjšuje. V našem primeru bi dal zanesljivo natančnejšo vrednost 10 bitni A/D pretvornik.¹⁹

¹⁹ Štandeker, C. (2002) Digitalni sistemi in krmilja. Del 1, Logične strukture in vezja. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

5.2 Delitev procesov obdelave signala iz digitalne v analogno obliko

Pri pretvorbi digitalnega signala v analogno obliko gre signal skozi proces obdelave, ki ga delimo na več stopenj, prikazanih na sliki 15.



Slika 15: Procesi pretvorbe signala iz digitalne v analogno obliko

5.2.1 Principi delovanja D/A pretvornikov

Obstaja več principov D/A pretvorbe in prav tako načinov izvedb D/A pretvornikov. Te pretvornike lahko razdelimo na naslednje izvedbe:

- Pretvorba z utežnostnim vezjem

Vrednosti upornosti v vezju so »utežene« glede na binarne mnogokratnike 1, 2, 4, 8, 16 itd, od tod tudi izvira ime tega pretvornika. Kot lahko vidimo je količnik med dvema zaporednima vrednostima upornosti v vezju konstantna vrednost. Osnovni princip je prikazan v tabeli 1.

Tabela 1: Prikaz vrednosti izhodne napetosti na uporih pri različnih kombinacijah vhodnih signalov

Digitalni vhodi			Analogni izhodi
$d_2 \cdot C$	$d_1 \cdot B$	$d_0 \cdot A$	
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7

Prednost digitalno-analognih pretvornikov z utežnostnim vezjem je v preprosti izvedbi, slabost pa v veliko različnih vrednostih upornosti. Natančnost izhodne napetosti je odvisna predvsem od natančnosti oziroma razreda natančnosti teh upornosti. To je vsekakor neugodno za proizvodnjo, ki bi morala zagotoviti veliko število različnih upornosti visoke natančnosti.

- Pretvorba z lestvičastim vezjem

Lestvičasto vezje uporabimo namesto utežnostnega, da se izognemo veliki raznolikosti upornosti oziroma visokemu razmerju med najvišjo in najnižjo upornostjo. Zgradba vezja je takšna, da zahteva le dve različni vrednosti upornosti. Prednost pa je predvsem v tem, da je lažje izdelati natančne upore dveh različnih vrednosti, kot pa natančne upore z nizom različnih vrednosti.²⁰

- Pretvorba na osnovi integracije

Prednost integracijskega pretvorniškega postopka je prav v integraciji, ki ima izrazit nizko pasovni filterjski značaj. Pravzaprav da kot rezultat povprečno vrednost signala v določenem času, za razliko od A/D pretvorbene metode z zaporednim približevanjem, pri kateri poteka pretvorba trenutne vrednosti signala. Žal pa je integracijska metoda počasna in ni primerna za hitra vzorčenja na veliko vhodnih kanalih.²¹

5.2.2 Razdelilnik

Če sistem vsebuje le en D/A pretvornik, lahko njegove izhodne vrednosti razdelimo z razdelilnikom med več izhodnih kanalov. Nekatera vezja izhodne vrednosti tudi zadržijo s kondenzatorji.

²⁰ Štandeker, C. (2002) Digitalni sistemi in krmilja. Del 1, Logične strukture in vezja. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

²¹ Strmčnik, S. (ur.) (1998). Celostni pristop k računalniškemu vodenju procesov. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko.

5.2.3 Zadrževalnik

Zadrževalno vezje zadrži vrednost merjenega signala med časom, ki ga A/D pretvornik potrebuje za pretvorbo. Potrebno je pogosto osveževanje, saj se kondenzatorji neprestano praznijo.

5.2.4 Izhodna stopnja

Izhodna stopnja pretvori interni izhodni signal v obliko, ki je primerna za prenos. Končna stopnja mora biti skonstruirana tako, da prenese kratek stik ter podobne nepravilnosti in napake, ki se pojavljajo pri prvem zagonu ali med obratovanjem.

Za prenos analognega signala na večje razdalje se uporablja tokovna zanka z jakostjo 4-20 mA, za krajše razdalje pa različni napetostni signali, katerih jakost je odvisna od standarda prenosa podatkov, ki ga naprava uporablja. Za pretvorbe pri prenosu se uporabljajo različna logična vezja, ki jih skupno imenujemo družine logičnih vezji. Dandanes najpogosteje uporabljena vezja iz logične družine so: ECL, TTL, CMOS in BiCMOS.²²

V tem poglavju smo se seznanili s procesi pretvorbe signala iz analognega v digitalno okolje in obratno. Ugotovili smo, da pogosto uporabljeni D/A delujejo po principu lestvičastega vezja; A/D, ki jih uporabljamo za povezavo digitalnih sistemov (npr. računalnikov) z analognim okoljem, pa delujejo po večini po principu z zaporednim približevanjem.²³

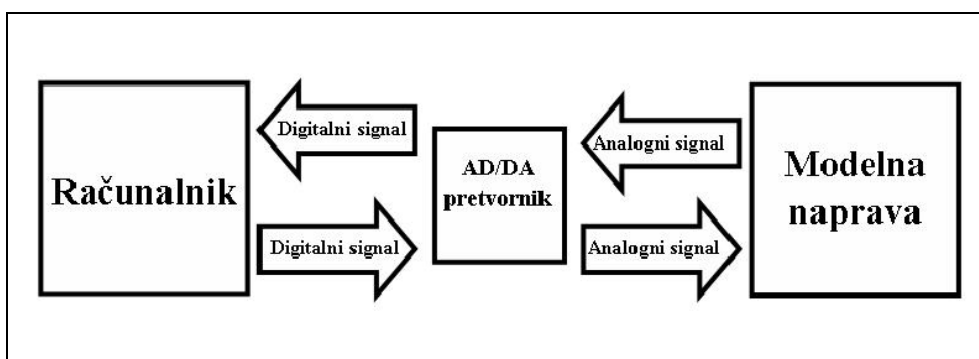
²² Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta (http://en.wikipedia.org/wiki/Logic_family)

²³ Štandeker, C. (2002) Digitalni sistemi in krmilja. Del 1, Logične strukture in vezja. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

6 KOMPONENTE SISTEMA VODENJA

Potek ustvarjanja podatkov in pretvorba signala od programa do modelne naprave lahko razložimo na naslednji način:

Komponente sistema za vodenje predstavlja shema na sliki 16, ki ponazarja pretok signalov od uporabnika do modelne naprave in obratno. Podatki, ustvarjeni v računalniškem programu bodo poslani v digitalni obliki signala na določen izhod računalnika. Signal bo nato potoval do AD/DA pretvornika, kjer bo pretvorjen v analogno obliko. Od tu bo pretvorjeni signal v obliki električne napetosti potoval na izhod. Tu bo priklopljena modelna naprava, ki bo delovala glede na posredovane analogne signale.



Slika 166: Prikaz medsebojne povezave komponent

V nadaljevanju so predstavljene modelne naprave, programska oprema, ki se bo uporabljala pri programiranju, ter tehnične zahteve za iskani pretvornik.

6.1 Modelne naprave

Modelne naprave lahko opišemo kot elektronske naprave, ki simulirajo delovanje določene realne naprave ali stroja, ki ga vodi programabilni logični krmilnik (PLK) ali druga enota, namenjena vodenju. V tem primeru pa želimo modelno napravo voditi preko AD/DA pretvornika, na katerega je priključen osebni računalnik. Oglejmo si dve izmed modelnih naprav, za kateri iščemo pretvornike signalov.

6.1.1 Modelna naprava avtomatski pralni stroj

Avtomatski pralni stroj (angl. Automatic Washing Mashine) je interaktivni elektronski simulator gospodinjskega pralnega stroja.

Splošno lahko to modelno napravo opišemo kot elektronsko vezje, na katero so postavljene razne kontrolne lučke in stikala za spreminjanje postopkov pranja, kot se to dogaja v gospodinjskem pralnem stroju. Naprava je sestavljena iz povezovalnega podnožja na vrhu plošče, s katero jo preko elektronskega vmesnika povežemo na krmilnik, ter iz devetih svetlobnih indikatorjev. Štirje svetlobni indikatorji stikala predstavljajo razne funkcije pranja, med katerimi lahko izbira uporabnik. Ostalih pet svetlobnih indikatorjev predstavlja izhode senzorjev, ki bi v pravem pralnem stroju odgovarjali posameznim stanjem stroja.²⁴

Za povezavo AD/DA pretvornika z modelno napravo je predvidena uporaba digitalnega vhoda, ki deluje po TTL standardu. Digitalni izhod AD/DA pretvornika bo povezan na digitalni vhod modelne naprave brez elektronskega vmesnika. Vlogo krmilnika bo prevzel računalnik, opremljen z ustreznim programskim orodjem.

²⁴ Trojer D, (2006) Postavitev praktičnega izobraževanja za avtomatsko vodenje. Diplomaska naloga. [Trojer D.]

6.1.2 Modelna naprava enosmerni električni motor

Modelna naprava enosmerni električni motor (DC motor) je prilagodljiva enota za poučevanje in prikazovanje osnov avtomatskega vodenja na različnih primerih, ki se razlikujejo tudi po težavnostni stopnji. Enosmerni električni motor je zgrajen iz statorskega in rotorskega navitja, komutatorja, ščetk, ležajev, in gredi. Poleg tega ima za vodenje še sledeče pomembne sestavne dele: mikrokontroler, merilnik hitrosti in ojačevalnik (slika 17). Sistem omogoča regulacijo položaja in hitrosti vrtenja motorja. Povezava enosmerne električnega motorja s Quanserjevim mikrokontrolerjem oziroma programabilnim inteligentnim računalnikom z imenom QIC ter programskim orodjem z interaktivnim vmesnikom QICii (angl. QIC Interactive Interface) omogoča izvajanje preddefiniranih eksperimentov za modeliranje motorja, regulacijo hitrosti in položaja motorja, preizkušanje robustnosti vodenja ter enostavnega haptičnega vmesnika.²⁵

Pozornost moramo nameniti tudi digitalnim in analognim izhodom na AD/DA pretvorniku. Njihovi napetostni nivoji se morajo ujemati z analognim in digitalnim vhodom modelne naprave. Digitalni vhodi in izhodi delujejo po TTL standardu. Modelna naprava ima tudi analogne vhode in izhode, ki delujejo na napetosti med 0 in 5 V. Nanje lahko priklopimo AD/DA pretvornik, preko katerega bomo lahko zajemali in dovajali signale v napravo.



Slika 177: Modelna naprava enosmerni električni motor (Quanser DC motor control)

²⁵ Trojer D, (2006) Postavitev praktičnega izobraževanja za avtomatsko vodenje. Diplomski naloga. [Trojer D.]

6.2 Programska oprema

Nekatere modelne naprave že imajo programsko opremo za vodenje, ki pa ni kompatibilna s programskim orodjem, ki ga Univerza v Novi Gorici že uporablja. To sta programska paketa Matlab (okrajšano iz angl. MATrix LABoratory) in Scilab (okrajšano iz angl. SCIENCE LABoratory), ki vsebuje paket Scicos (okrajšano iz angl. SCILab Connected Object Simulator). Scicos je program za modeliranje in digitalno simulacijo, ki se ga pogosto uporablja pri analizi dinamičnih sistemov. Naš namen je, da bomo iz Matlaba ali Scilaba preko gonilnikov pretvorili podatke v obliko, primerno za AD/DA pretvornik.

Zahtevan pogoj pri izbiri AD/DA pretvornika je tudi, da mora imeti podporo (gonilnike) za programski jezik za razvoj aplikacij - Delphi. S tem jezikom se bo izdelalo programe vodenja v kolikor programi v Matlabu in Scilabu ne bodo dovolj hitri. Tako se bo lahko izbrane naprave poganjalo neodvisno od teh dveh programskih paketov.

6.2.1 Delphi

Delphi je programski paket za objektno programiranje na osnovi jezika Pascal. Z Delphijem bomo tvorili programe za vodenje, v kolikor se ugotovi, da je komunikacija med Scilabom ali Matlabom in napravami prepočasna, da bi lahko avtomatsko vodenje delovalo pravilno. Neposredno vodenje z namenskim računalniškim programom je namreč precej hitrejše, kot če se uporablja interpreterske programe kot sta Scilab in Matlab.

Programski jezik Delphi so zasnovali pri podjetju Borland (nekaj časa znan tudi kot Inprise) v letu 1995. Sprva je bil namenjen razvoju aplikacij v Windows okolju, kmalu pa se je pojavila tudi različica namenjena razvoju programov pod Linux okoljem. Prednost Delphi-ja pred drugimi jeziki je v tem, da ima veliko podporo bazam in prijazen razvoj komponent. Jezik je v veliki meri podoben Pascalu s tem, da je objektno orientiran, kar pomeni, da uporabljamo pri programiranju razne objekte (tako vizualne kot nevizualne). Vizualni objekti so npr. gumbi, nevizualne pa so npr. niti. V programskem jeziku objekte kličemo po imenu in s tem prikličemo njihove lastnosti.²⁶

²⁶ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta (<http://sl.wikipedia.org/wiki/Delphi>)

7 LASTNOSTI IZBRANIH AD/DA PRETVORNIKOV

Tehnične zahteve, ki jih mora izpolnjevati pretvornik, so predstavljene v tabeli 2 o tehničnih zahtevah za iskani pretvornik. Izpostavljene so najpomembnejše lastnosti, ki zagotavljajo pravilno in učinkovito delovanje in kompatibilnost vseh členov, namenjenim vodenju. Členi, ki se med seboj povezujejo, so na kratko predstavljeni v poglavju o sestavnih komponentah celotnega sistema za vodenje.

Tabela 2: Tehnične zahteve za iskani AD/DA pretvornik

SPLOŠNE LASTNOSTI	ZAHTEVE
ANALOGNI VHODI	
Komunikacijski kanali	8 ali več
Resolucija	12 bit ali več
Vzorčenje	1000 vzorcev/s (S/s) ali več
DIGITALNI VHODI / IZHODI	
Komunikacijski kanali – vhodni	8 ali več
Komunikacijski kanali – izhodni	8 ali več
Napetost na vhodu (TTL)	Nizka 0-8 V, visoka 2-5 V
Napetost na izhodu (TTL)	Nizka 0-0.4 V, visoka 2.4-5 V
ANALOGNI IZHODI	
Komunikacijski kanali	2 ali več
Resolucija	10 bitna ali več
Napetost	0-5V
NAČIN PRIKLOPA	
USB	Zahtevano
RJ – 45	Priporočljivo
NAPAJANJE	
Samodejno preko USB	Priporočljivo
Zunanji vir napajanja	Priporočljivo
PROGRAMSKA PODPORA	
Delovanje v okolju Windows - XP	Zahtevano
Podpora za Delphi 5	Zahtevano

Pri iskanju zahtevanega pretvornika smo uporabljali zgolj svetovni splet in njegove storitve. Za tak način pridobivanja informacij smo se odločili, ker je enostaven in omogoča pregledno podajanje iskanih vsebin. Na svetovnem spletu oglašujejo in predstavljajo predvsem podjetja, ki uspešno nastopajo po celotnem svetovnem trgu. Takšna podjetja so najbolj kredibilna in od njih lahko poleg same naprave nudijo tudi druge storitve in usluge kot sta svetovanje in tehnična pomoč. Velika prednost svetovnega spleta je tudi hitrost komuniciranja, saj je bilo pri poizvedovanju za iskano napravo potrebno veliko komunikacije. Tako smo tudi izločili nekatera podjetja, ki niso vračala odgovorov na vprašanja oziroma poizvedbe za določene pretvornike. Na končni seznam predstavljenih pretvornikov se je tako uvrstilo sedem podjetij iz celotnega sveta.

Za podjetja, ki delujejo izven meja Evropske unije (EU), je bilo potrebno v nekatere izračune cene dodati tudi stroške carinjenja, nekatera podjetja so ponujala brezplačno dostavo, druga so stroške dostave prepuščala kupcu, kar je vplivalo na nakupno ceno naprave.

V nadaljevanju je opis vsakega pretvornika prikazan v dveh tabelah in obrazložen s spremnim besedilom ter sliko naprave. Poleg osnovnih lastnosti so pripisani tudi podatki o proizvajalcu ter njegovem zastopniku v Sloveniji.

7.1 Pretvornik ADVANTECH USB-4711

V tabelah 3 in 4 so predstavljene tehnične in druge lastnosti pretvornika USB-4711.

Tabela 3: Tehnične lastnosti za USB - 4711

ANALOGNI VHODI	
Komunikacijski kanali	16
Resolucija	12-bitna
FIFO velikost	1000 vzorcev
Vzorčenje	100 kS/s max.
Vhodna napetost	$\pm 10\text{ V} \pm 5\text{ V} \pm 2.5\text{ V} \pm 1.25\text{ V} \pm 0.635\text{ V}$
DIGITALNI VHODI / IZHODI	
Komunikacijski kanali – vhodni	8
Komunikacijski kanali – izhodni	8
Vhodna visoka napetost	$2.0\text{ V}_{\min}, 5\text{ V}_{\max}$
Vhodna nizka napetost	$0\text{ V}_{\min}, 1\text{ V}_{\max}$
Izhodna visoka napetost	$2.0\text{ V}_{\min}, 5\text{ V}_{\max}$
Izhodna nizka napetost	$0\text{ V}_{\min}, 0.8\text{ V}_{\max}$
ANALOGNI IZHODI	
Komunikacijski kanali	2
Resolucija	12-bitna
Napetost	$0-5\text{ V}, 0-10\text{ V}, \pm 5\text{ V}, \pm 10\text{ V}$
NAČIN PRIKLOPA	
USB	Da
RJ – 45	Ne
NAPAJANJE	
Preko USB priklopa	Da
Zunanji vir napajanja	Ne
PROGRAMSKA PODPORA	
Podpora za Delphi 5 ali novejši	Da
PRIPADAJOČA OPREMA	
USB podatkovni kabel	
Zgoščenka z gonilniki in navodili za uporabo v angleškem jeziku.	

Pretvornik podjetja Advantech Corporation Ltd. iz Amerike ponuja poleg samega pretvornika in k njemu pripadajoče osnovne opreme tudi programsko orodje za izdelavo aplikacij (AdamVIEW), podobno LabView-u za dodatnih 200€. Zastopnik za slovenski trg je podjetje Sinabit d.o.o, (<http://sl.sinabit.si>), ki je tudi ponudilo možnost brezplačnega predhodnega preizkusa pretvornika. Pretvornik je predstavljen na sliki 18.

Tabela 4: Preostali podatki o USB-4711

Garancijska doba	2 leti
Cena pretvornika	468 €
DDV	93 €
Poštni stroški	Ni poštnih stroškov
Skupni stroški	561 €



Slika 18: Pretvornik podjetja Advantech, USB-4711²⁷
(Slika je uporabljena z dovoljenjem podjetja Sinabit d.o.o.)

²⁷ Vir: http://www.advantech.com.tw/images/products/USB-4711A-02_B.jpg

7.2 Pretvornik USBDAQ-9100-MS

V tabelah 5 in 6 so predstavljene tehnične in druge lastnosti pretvornika USBDAQ-9100-MS.

Tabela 5: Tehnične lastnosti za USB-9100-MS

ANALOGNI VHODI	
Komunikacijski kanali	8
Resolucija	12-bitna
FIFO velikost	4096 vzorcev
Vzorčenje	500 kS/s max.
Vhodna napetost	$\pm 10\text{ V} \pm 5\text{ V} \pm 2.5\text{ V} \pm 1.25\text{ V}$
DIGITALNI VHODI / IZHODI	
Komunikacijski kanali – vhodni	8
Komunikacijski kanali – izhodni	8
Vhodna visoka napetost	$\pm 3.5\text{ V}_{\min}, \pm 24\text{ V}_{\max}$
Vhodna nizka napetost	$- 2.5\text{ V}_{\min}, 2.5\text{ V}_{\max}$
Izhodna visoka napetost	Ni podatka
Izhodna nizka napetost	Ni podatka
ANALOGNI IZHODI	
Komunikacijski kanali	2
Resolucija	12-bitna
Napetost	$\pm 10\text{ V}$
VRSTA PRIKLOPA	
USB	Da
RJ - 45	Ne
NAPAJANJE	
Preko USB priklopa	Ne
Zunanji vir napajanja	Da
PROGRAMSKA PODPORA	
Podpora za Delphi 5 ali novejši	Da
PRIPADAJOČA OPREMA	
USB podatkovni kabel	
Tester za analogne izhode/vhode	
Razširitvena platforma s podatkovnim kablom	
Transformatorski pretvornik napetosti (220V) za napajanje	
Zgoščenka z gonilniki in navodili za uporabo v angleškem jeziku.	

Pretvornik podjetja AdLink Technologies Corp. iz Tajvana je z izdelavo slednjega zagotovo ciljalo v sam vrh zmogljivosti in lahko trdimo, da že delno spada v kategorijo za profesionalno uporabo v zahtevnejših okoljih. Preseneča podatek, da ima hitrost vzorčenja celih 500 KS/s. Seveda pa ima tudi svoje slabosti, saj je napajanje pretvornika zgolj preko dodatnega transformatorskega napajalnika ali zmogljive baterije, ki pa ne spada v osnovno ceno. Zastopnik za Slovenijo je podjetje Conphis d.o.o., dosegljivi pa so preko spletne strani: www.conphis.si. Pretvornik je predstavljen na sliki 19.

Tabela 6: Preostali podatki o USBDAQ-9100-MS

Garancijska doba	2 leti
Cena pretvornika brez DDV	684 €
DDV	136 €
Poštni stroški	Ni poštnih stroškov
Skupni stroški	820 €



Slika 19: Pretvornik podjetja AdLink Technologies, USBDAQ-9100-MS²⁸
(Slika je uporabljena z dovoljenjem podjetja Conphis d.o.o.)

²⁸ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta
(<http://www.adlinktech.cn/news/Products/img/USBDAQ-F.jpg>)

7.3 Pretvornik LabJack UE9

V tabelah 7 in 8 so predstavljene tehnične in druge lastnosti pretvornika LabJack-UE9.

Tabela 7: Tehnične lastnosti za LabJack UE9

ANALOGNI VHODI	
Komunikacijski kanali	8
Resolucija	12-bitna
FIFO velikost	4096 vzorcev
Vzorčenje	50 kS/s max.
Vhodna napetost	$\pm 5 \text{ V} \pm 2.5 \text{ V} \pm 1.25 \text{ V}$
DIGITALNI VHODI / IZHODI	
Komunikacijski kanali – vhodni	8
Komunikacijski kanali – izhodni	8
Vhodna visoka napetost	$2.3 \text{ V}_{\min}, 5.3 \text{ V}_{\max}$
Vhodna nizka napetost	$-0.3 \text{ V}_{\min}, 1 \text{ V}_{\max}$
Izhodna visoka napetost	$2.4 \text{ V}_{\min}, 5 \text{ V}_{\max}$
Izhodna nizka napetost	$0 \text{ V}_{\min}, 0.9 \text{ V}_{\max}$
ANALOGNI IZHODI	
Komunikacijski kanali	2
Resolucija	12-bitna
Napetost	0-5 V
VRSTA PRIKLOPA	
USB	Da
RJ – 45	Da
NAPAJANJE	
Preko USB priklopa	Da
Zunanji vir napajanja	Da
PROGRAMSKA PODPORA	
Podpora za Delphi 5 ali novejši	Da
PRIPADAJOČA OPREMA	
USB podatkovni kabel	
Transformatorski pretvornik napetosti (220V) za napajanje	
Zgoščanka z gonilniki in navodili za uporabo v angleškem jeziku.	
Izvijač	

Pretvornik podjetja LabJack Corporation iz Združenih držav Amerike je ustvarilo serijo različnih AD/DA pretvornikov, ki pokrivajo zelo širok spekter pri različnih AD/DA pretvorbah. Iz njihove ponudbe izdelkov smo se odločili za model LabJack UE9, saj predstavlja odličen kompromis med zahtevano zmogljivostjo in ceno. Zastopnik v Sloveniji je podjetje HPE d.o.o., ki je dosegljivo preko spletne strani www.hpe.si. Pretvornik je predstavljen na sliki 20.

Tabela 8: Preostali podatki o LabJack-UE9

Garancijska doba	1 leto
Cena pretvornika brez DDV	390 €
DDV	Cena že vključuje DDV
Poštni stroški	Ni poštnih stroškov
Skupni stroški	390 EUR



Slika 20: Pretvornik podjetja LabJack, LabJack-UE9²⁹
(Slika je uporabljena z dovoljenjem podjetja HPE d.o.o.)

²⁹ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta (http://www.labjack.com/images/ljue9_250.jpg)

7.4 Pretvornik MODEL DT9802

V tabelah 9 in 10 so predstavljene tehnične in druge lastnosti pretvornika DT9802.

Tabela 9: Tehnične lastnosti za DT9802

ANALOGNI VHODI	
Komunikacijski kanali	8
Resolucija	12-bitna
FIFO velikost	512 vzorcev
Vzorčenje	100 kS/s max.
Vhodna napetost	$\pm 10\text{ V} \pm 5\text{ V} \pm 2.5\text{ V} \pm 1.25\text{ V}$
DIGITALNI VHODI / IZHODI	
Komunikacijski kanali – vhodni	8
Komunikacijski kanali – izhodni	8
Vhodna visoka napetost	$2.0\text{ V}_{\min}, 5\text{ V}_{\max}$
Vhodna nizka napetost	$0\text{ V}_{\min}, 0.8\text{ V}_{\max}$
Izhodna visoka napetost	$2.4\text{ V}_{\min}, 5\text{ V}_{\max}$
Izhodna nizka napetost	$0\text{ V}_{\min}, 0.5\text{ V}_{\max}$
ANALOGNI IZHODI	
Komunikacijski kanali	2
Resolucija	12-bitna
Napetost	$0-5\text{ V}, 0-10\text{ V}, \pm 5\text{ V}, \pm 10\text{ V}$
VRSTA PRIKLOPA	
USB	Da
RJ – 45	Ne
NAPAJANJE	
Preko USB priklopa	Da
Zunanji vir napajanja	Ne
PROGRAMSKA PODPORA	
Podpora za Delphi 5 ali novejši	Da
PRIPADAJOČA OPREMA	
USB podatkovni kabel	
Zgoščenka z gonilniki in navodili za uporabo v angleškem jeziku.	

Pretvornik MODEL DT9802 je proizvod podjetja Data Translation Inc. in glede na zmogljivosti ne izstopa v nobeni lastnosti, torej je njegova cena razmeroma visoka v primerjavi s preostalimi moduli, ki za isto ceno ponujajo več. Prednost pred ostalimi pretvorniki je v dodatni programski podpori, namenjeni zgolj delu v Delphi-ju (Daedalus za Delphi 5), ki pa na žalost ni vključeno v ceno pretvornika in je na voljo samo z doplačilom za 409€. Slovensko tržišče pokriva Nemško podjetje - Data translation GmbH, ki je dosegljivo preko spletne strani www.datatranslation.de.

Tabela 10: Preostali podatki o Model-DT9802

Garancijska doba	1 leto
Cena pretvornika brez DDV	760 €
DDV	DDV ni obračunan
Poštni stroški	25 €
Skupni stroški	785 €

7.5 Pretvornik KUSB-3102

V tabelah 11 in 12 so predstavljene tehnične in druge lastnosti pretvornika KUSB-3102.

Tabela 11: Tehnične lastnosti za KUSB-3102

ANALOGNI VHODI	
Komunikacijski kanali	8
Resolucija	12-bitna
FIFO velikost	512 vzorcev
Vzorčenje	100 kS/s max.
Vhodna napetost	$\pm 10\text{ V} \pm 5\text{ V} \pm 2.5\text{ V} \pm 1.25\text{ V}$
DIGITALNI VHODI / IZHODI	
Komunikacijski kanali – vhodni	8
Komunikacijski kanali – izhodni	8
Vhodna visoka napetost	$2\text{ V}_{\min}, 5\text{ V}_{\max}$
Vhodna nizka napetost	$0\text{ V}_{\min}, 0.8\text{ V}_{\max}$
Izhodna visoka napetost	$2.4\text{ V}_{\min}, 5\text{ V}_{\max}$
Izhodna nizka napetost	$0\text{ V}_{\min}, 0.5\text{ V}_{\max}$
ANALOGNI IZHODI	
Komunikacijski kanali	2
Resolucija	12-bitna
Napetost	$0-5\text{ V}, 0-10\text{ V}, \pm 5\text{ V}, \pm 10\text{ V}$
VRSTA PRIKLOPA	
USB	Da
RJ – 45	Ne
NAPAJANJE	
Preko USB priklopa	Da
Zunanji vir napajanja	Ne
PROGRAMSKA PODPORA	
Podpora za Delphi 5 ali novejši	Da
PRIPADAJOČA OPREMA	
USB podatkovni kabel	
Zgoščenska z gonilniki in navodili za uporabo v angleškem jeziku.	

Pretvornik KUSB-3102 je eden od pretvornikov, ki ne odstopa od povprečja sorodnih proizvodov. Za tehnične lastnosti, ki jih ima, je kljub 3 letni garancijski dobi njegova nabavna cena precej visoka, saj za dodatnih 15 € dobimo zmogljivejši pretvornik. Ameriško podjetje Keithley Instruments Inc. v Sloveniji zastopa podjetje Belmet d.o.o., dosegljivo preko spletne strani, www.belmet.si. Pretvornik je predstavljen na sliki 21.

Tabela 12: Preostali podatki o KUSB-3102

Garancijska doba	3 leta
Cena pretvornika brez DDV	709 €
DDV	141 €
Poštni stroški	Ni poštnih stroškov
Skupni stroški	850 €



Slika 21: Pretvornik podjetja Keithley Instruments, KUSB-3102³⁰
(Slika je uporabljena z dovoljenjem podjetja Belmet d.o.o.)

³⁰ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta (<http://www.keithley.com/repoimages/50068>)

7.6 Pretvornik USB-1408FS

V tabelah 13 in 14 so predstavljene tehnične in druge lastnosti pretvornika USB-1408FS.

Tabela 13: Tehnične lastnosti za USB - 1408FS

ANALOGNI VHODI	
Komunikacijski kanali	8
Resolucija	14-bitna
FIFO velikost	Ni podatka
Vzorčenje	48 kS/s max.
Vhodna napetost	$\pm 10\text{ V} \pm 5\text{ V} \pm 2.5\text{ V} \pm 1.25\text{ V}$
DIGITALNI VHODI / IZHODI	
Komunikacijski kanali – vhodni	8
Komunikacijski kanali – izhodni	8
Vhodna visoka napetost	$2.0\text{ V}_{\min}, 5.5\text{ V}_{\max}$
Vhodna nizka napetost	$-0.5\text{ V}_{\min}, 0.8\text{ V}_{\max}$
Izhodna visoka napetost	$3.8\text{ V}_{\min}, 5\text{ V}_{\max}$
Izhodna nizka napetost	$0\text{ V}_{\min}, 0.7\text{ V}_{\max}$
ANALOGNI IZHODI	
Komunikacijski kanali	2
Resolucija	12-bitna
Napetost	0-5 V
VRSTA PRIKLOPA	
USB	Da
RJ – 45	Ne
NAPAJANJE	
Preko USB priklopa	Da
Zunanji vir napajanja	Ne
PROGRAMSKA PODPORA	
Podpora za Delphi 5 ali novejši	Da
PRIPADAJOČA OPREMA	
USB podatkovni kabel	
Zgoščenka z gonilniki in navodili za uporabo v angleškem jeziku.	

Pretvornik ameriškega podjetja Measurement Computing Corp., ki ga ravno tako zastopa podjetje Belmet d.o.o. (www.belmet.si) iz Slovenije, je eden izmed redkih, ki se ponaša s 14 bitno resolucijo pri analognem zajemu signalov. Sicer je hitrost vzorčenja manjša od preostalih (48 KS/s), ampak cena za tako splošno zmogljiv pretvornik je v primerjavi s preostalimi moduli zelo ugodna. Pretvornik je predstavljen na sliki 22.

Tabela 14: Preostali podatki o USB-1408FS

Garancijska doba	1 leto
Cena pretvornika brez DDV	301 €
DDV	60 €
Poštni stroški	Ni poštnih stroškov
Skupni stroški	361 €



Slika 22: Pretvornik podjetja Measurement Computing, USB-1408FS³¹
(Slika je uporabljena z dovoljenjem podjetja Belmet d.o.o.)

³¹ Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta
(http://www.measurementcomputing.com/cbicatalog/assets/product_images/PMD-1208FSsmall.gif)

7.7 Pretvornik NI USB-6009

V tabelah 15 in 16 so predstavljene tehnične in druge lastnosti pretvornika USB-6009.

Tabela 15: Tehnične lastnosti za USB-6009

ANALOGNI VHODI	
Komunikacijski kanali	8
Resolucija	14-bitna
FIFO velikost	512 vzorcev
Vzorčenje	48 kS/s max.
Vhodna napetost	$\pm 20\text{ V} \pm 10\text{ V} \pm 5\text{ V} \pm 4\text{ V} \pm 2.5\text{ V} \pm 2\text{ V}$
DIGITALNI VHODI / IZHODI	
Komunikacijski kanali – vhodni	12
Komunikacijski kanali – izhodni	12
Vhodna visoka napetost	$2.0\text{ V}_{\min}, 5.3\text{ V}_{\max}$
Vhodna nizka napetost	$-0.3\text{ V}_{\min}, 0.8\text{ V}_{\max}$
Izhodna visoka napetost	$2.0\text{ V}_{\min}, 5\text{ V}_{\max}$
Izhodna nizka napetost	$0\text{ V}_{\min}, 0.8\text{ V}_{\max}$
ANALOGNI IZHODI	
Komunikacijski kanali	2
Resolucija	12-bitna
Napetost	0-5 V
VRSTA PRIKLOPA	
USB	Da
RJ – 45	Ne
NAPAJANJE	
Preko USB priklopa	Da
Zunanji vir napajanja	Ne
PROGRAMSKA PODPORA	
Podpora za Delphi 5 ali novejši	Da
PRIPADAJOČA OPREMA	
USB podatkovni kabel	
Zgoščenka z gonilniki in navodili za uporabo v angleškem jeziku.	

Podjetje National Instruments Corp. izdeluje in prodaja pretvornik NI USB-6009. To je modul, ki ga proizvajalec uvršča v nizki cenovni razred. Prodajna cena je nadvse ugodna, saj prepriča s 14 bitno resolucijo in zastopnikom za slovenski trg, ki je podružnica National Instruments d.o.o. Edina slabost je, da v priloženi zgoščenki ni gonilnikov za Delphi. Po razgovoru z zastopnikom pa je le-ta zagotovil, da bodo posredovali tudi ta gonilnik. Spletni naslov slovenske podružnice je www.ni.com/slovenia. Pretvornik je predstavljen na sliki 23.

Tabela 16: Preostali podatki o USB - 6009

Garancijska doba	1 leto
Cena pretvornika brez DDV	205 €
DDV	41 €
Poštni stroški	Ni poštnih stroškov
Skupni stroški	246 €



Slika 23: Pretvornik podjetja National Instruments, USB-6009³²
(Slika je uporabljena z dovoljenjem podjetja National Instruments Corporation)

³² Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta
(http://sine.ni.com/images/products/us/051128_usb6009board_1.jpg)

8 VREDNOTENJE IN OCENA

Postavitev končne ekonomske vrednosti je enostavnejša, če poznamo vse dejavnike, ki vplivajo na končni rezultat. Ekonomski izračuni v našem primeru ne vsebujejo podatkov o življenjski dobi, vračilni dobi ali prihrankih.

Cilj naloge je poiskati najustreznejši AD/DA pretvornik za pomoč pri predstavitev avtomatskega vodenja pri laboratorijskih vajah predmeta Projektiranje in avtomatizacija tehnoloških sistemov. To pomeni, da ni potrebno izračunavati dobička ali kakršnega koli finančnega donosa, saj se z njim ne bo opravljala pridobitna dejavnost. Omejili smo se le na izračun stroškov nabave pretvornika. Nekatera podjetja so ponudila popust pri količinskem nakupu, ker pa smo kupovali samo dve napravi, to ni prišlo v poštev. Vsi ponudniki pretvornikov oz. njihovi predstavniki so iz držav Evropske unije, kar pomeni, da ni potrebno plačevati carinskih stroškov za nobenega od navedenih, zato tudi nismo uvrstili stroškov carinjenja na tabelo o preostalih lastnostih za posamezno napravo.

8.1 Analiza rezultatov

Pri iskanju na svetovnem spletu smo postavili za pogoj iskanja izbrane in določene tehnične zahteve, kar pomeni, da so vsi predstavljeni pretvorniki tehnično ustrezni in ni pri nobenem nikakršnega negativnega odstopanja pri lastnostih. Pri primerjavi smo ugotovili, da višja cena ni pogoj za boljšo kvaliteto ali zmogljivost, saj so nekateri manj kakovostni pretvorniki dražji od tehnično zmogljivejših. Za boljši pregled so v tabeli 17 prikazani končni stroški oziroma nabavna cena za posamezni pretvornik.

Tabela 17: Pregled in primerjava cen

NAZIV PRETVORNIKA	CENA
Advantech USB – 4711	561 €
USBDAQ – 9100 – MS	820 €
LabJack – UE9	432 €
Model – DT9802	785 €
KUSB – 3102	850 €
USB – 1408FS	361 €
NI USB – 6009	246 €

- Advantech Corporation Ltd.: USB – 4711

Za predstavljeni pretvornik izstopa predvsem dejstvo, da se glede na svoje tehnične lastnosti v povprečju ne razlikuje od ostalih. Najbolj preseneča cena pretvornika, saj za manj kot izračunanih 561 € dobimo pri konkurenci naprednejšega.

- AdLink Technologies Inc.: USBDAQ – 9100 – MS

Pretvornik podjetja AdLink Technologies Inc. je zagotovo tehnološko najboljši pretvornik v izbiri. Ampak sama zmogljivost tehnike ni dovolj, da bi upravičila ceno, ki znaša 820 €. Če bi izbirali zgolj po kriteriju tehnične zmogljivosti, bi ta zmagal brez konkurence, ker pa na odločitev vpliva tudi gospodarski vidik, je nakup dotičnega pretvornika ekonomsko neugodna.

- LabJack Corporation: LabJack – UE9

Slednji pretvornik izpolnjuje vse zahteve, tako tehnične kakor ekonomske, saj za sprejemljivo ceno 320 € vključuje še dejstvo, da ga lahko priklopimo na zunanji vir napajanja preko priloženega transformatorskega pretvornika. To je potrebno zato, da lahko nanj namesto USB priključimo podatkovni kabel z RJ-45 priklopom, preko katerega ni možno napajati pretvornika.

- Data Translation Inc.: MODEL – DT9802

Ameriško podjetje navkljub zelo široki ponudbi nima slovenskega zastopnika in slovensko tržišče tako pokriva podjetje iz Nemčije. Zato je dobava pretvornika malce težja in posledično tudi dražja. Tako končni seštevek stroškov znaša 785 €. Pozitivno dejstvo je, da podjetje nudi širok spekter gonilnikov za Delphi in preostala razvojna orodja.

- Keithley Instruments Inc.: KUSB-3102

Ocenjeni pretvornik po tehničnih lastnostih ne odstopa od povprečja. Iskanje in direktni dogovori s proizvajalcem so privedli do slovenskega podjetja Belmet d.o.o., ki je ponudilo pretvornik za ceno 850 €. To je najvišja cena med vsemi izbranimi napravami, kar pa zagotovo ne pomeni, da je tudi med najbolj zmogljivimi. Enako zmogljivosti dosegajo tudi cenejši pretvorniki v raziskavi.

- Measurement Computing Corporation: USB-1408FS

Ravno tako je slovensko podjetje Belmet d.o.o. zastopnik za podjetje Measurement Computing Corp., katerega opisani pretvornik izstopa od preostalih po tem, da omogoča 14 bitno resolucijo pri zajemu analognih signalov. Negativno dejstvo pa je, da je frekvenca vzorčenja 48 KS/s, medtem ko ima večina predstavljenih pretvornikov frekvenco vzorčenja 100 KS/s ali več. Ekonomski izračun prikaže primerno ceno 361 €.

- National Instruments Corporation: USB-6009

Zelo uspešno in poznano podjetje na področju zajema in pretvorbe signalov ima širok spekter različnih AD/DA pretvornikov. Kot najustreznejši je bil izbran model USB - 6009. Pri tehničnih lastnostih pozitivno izstopa 14 bitna resolucija pri obdelavi analognih signalov, razočara pa z nižjo frekvenco vzorčenja (48 KS/s). Neprijetno je dejstvo, da na priloženi zgoščenki ni gonilnikov za Delphi 5. Po razgovoru s tehničnim osebjem pri podjetju je bilo dogovorjeno, da bodo priskrbeli gonilnike za Delphi 5 in jih dostavili naknadno. Omenjeni pretvornik sodi pri proizvajalcu v kategorijo cenejših produktov. Pri slovenski podružnici National Instruments d.o.o. zahtevajo za omenjeni pretvornik 246 €.

Na podlagi sedmih izbranih opisov menimo, da se lahko kot najustreznejšega izbere pretvornik:

USB – 6009, podjetja National Instruments Corp.

Za izbiro omenjenega pretvornika smo se odločili iz več razlogov. Le-ti vključujejo pozitivno končno oceno na splošno uporabnost, cenovno ugodnost, podporo uporabnikom, tehnično podporo, zagotovljeno programsko podporo in možnost nadaljnjega sodelovanja s proizvajalcem.

9 ZAKLJUČEK

Cilj diplomske naloge je bil izbrati najustreznejši pretvornik signalov iz analognega v digitalno obliko in obratno. Zaradi splošnega razumevanja besedila so bili v začetku naloge predstavljeni in obrazloženi splošni tehnični pojmi in izrazi. V nadaljevanju so v poglavjih opisani principi in tehnike delovanja pretvornikov in modelnih naprav.

Jedro naloge je bilo namenjeno predstavitvi sedmih izbranih AD/DA pretvornikov. Vsi pretvorniki so ustrezali tehničnim zahtevam. Odločitev o ustreznosti sta tako določala predvsem višina cene in zmogljivost, ki jo pretvornik premore.

Tako namen kot cilj naloge sta bila izpolnjena, saj smo pregledno prikazali tako tehnične kot ekonomske lastnosti izbranih pretvornikov in glede na dobljene rezultate smo se odločili za izbiro NI USB - 6009 pretvornika podjetja National Instruments Corp. Pri primerjavi smo ugotovili, da višja cena ni pogoj za boljšo kvaliteto ali zmogljivost, saj so nekateri manj kakovostni pretvorniki dražji od tehnično zmogljivejših.

Diplomska naloga je namenjena izboljšanju opremljenosti za izobraževanje na Poslovno-tehniški fakulteti na Univerzi v Novi Gorici. Z izbranim pretvornikom bo omogočeno lažje razumevanje računalniškega vodenja in simulacije. S takšnimi praktičnimi primeri se prispeva k priljubljenosti študijskega predmeta ter k boljšemu razumevanju praktičnega dela pri laboratorijskih vajah.

10 LITERATURA

Strmčnik, S. (ur.) (1998). Celostni pristop k računalniškemu vodenju procesov. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko.

Matko, D. (1995). Računalniško vodenje procesov. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo.

Štandeker, C. (2002). Digitalni sistemi in krmilja. Del 1, Logične strukture in vezja. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

Trojer, D. (2006). Postavitev praktičnega izobraževanja za avtomatsko vodenje. Diplomaska naloga. Nova Gorica: [D. Trojer].

Wikipedia. Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta:

www.sl.wikipedia.org/wiki/Signal,

www.sl.wikipedia.org/wiki/Bit,

www.sl.wikipedia.org/wiki/Vodilo,

www.sl.wikipedia.org/wiki/Slika:pci-slots.jpg,

www.en.wikipedia.org/wiki/Peripheral_Component_Interconnect,

www.sl.wikipedia.org/wiki/Univerzalno_serijsko_vodilo,

www.en.wikipedia.org/wiki/Image:USB_TypeA_Plug.jpg,

www.en.wikipedia.org/wiki/Image:ethernet_RJ45_connector_p1160054.jpg,

www.en.wikipedia.org/wiki/Logic_Family.

Advantech Corporation. Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta:

http://www.advantech.com.tw/images/products/USB-4711A-02_B.jpg

Adlink Technologies. Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta:

<http://www.adlinktech.cn/news/Products/img/USBDAQ-F.jpg>

Labjack Corporation. Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta:
http://www.labjack.com/images/ljue9_250.jpg

Keithley Instruments. Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta:
<http://www.keithley.com/repoimages/50068>

Measurement Computing. Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta:
http://www.measurementcomputing.com/cbicatalog/assets/product_images/PMD-1208FSsmall.gif

National Instruments. Pridobljeno 13.10.2007 s svetovnega spleta:
<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/4523>