

# AUDIO VMESNIK ZA RAČUNALNIK

Vladimir Jenuš, Bogomir Horvat

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**Ključne besede:** računalništvo, vmesniki avdio, vmesniki avdio računalniški, mikroprocesorji, SCSI vmesniki sistemski inteligentni računalnikov, SCSI vodila, A-D pretvorniki analogno-digitalni, D-A pretvorniki, zajemanja podatkov, sheme blokovne

**Povzetek:** Področji računalništva in telekomunikacij se vse bolj povezujeta. Telekomunikacijsko omrežje je vse bolj "inteligentno" in omogoča vedno večje hitrosti prenosa informacij. Tako je omogočen prenos jezikovnih, slikovnih in podatkovnih informacij. Računalniki sami pa postajajo vse bolj "naprave za izmenjavo informacij". Na pohodu je večpredstavnost. Za potrebe študija večpredstavnosti in jezikovnih komunikacij je bil razvit audio vmesnik za delovno postajo. V pričujočem članku so predstavljene glavne značilnosti tega audio vmesnika.

## Audio Interface for Workstation

**Key words:** computer science, audio interfaces, audio interfaces for computers, microprocessors, SCSI interfaces, Smart Computer System Interfaces, SCSI busses, A/D converters, analog-digital converters, D/A converters, digital/analog converters, data acquisition, block diagrams

**Extended abstract:** Telecommunications and computing are more and more tied together. Telecommunication network offers higher and higher bit rates and behaves more and more intelligent. It is possible to transmit speech, movies and data over this network. Computers are more and more machines for exchange of information. The era of multimedia is begun. For studying multimedia and speech communication we develop an audio interface for workstation. It can be used for acquisition, conversion and reproduction of speech information, as a measurement system, etc.

In the process of designing we had to decide which material is the most suitable for audio interface. The most important decision was the decision which microprocessor to use. After detailed analysis we chose a 32 bit processor MC68020. After that we choose type and quantity of Memory. For storing basic program we chose to use 256kB of EPROM memory and for storing data 1-3MB of fast (35ns) SRAM. Next vital components were A/D and D/A converters. Because we wanted to design the audio interface, which can offer acquisition and distribution of audio signal in CD quality, we chose AD676 for A/D and AD669 for D/A converter.

In the process of designing we divided the audio interface into some basic blocks:

- Microprocessor with bus interface and clock generation
- SCSI bus interface
- RAM
- EPROM
- Frequency generator
- A/D converter
- D/A converter
- Analog input interface
- Analog output interface and
- Power supply unit

Functionality of these blocks can be described through four basic phases:

- Power up sequence
- Communication with initiator through SCSI bus
- Acquisition of analog signals and conversion into digital data
- Conversion from digital data into analog form and distribution of analog signal

After extensive testing, we realize that audio interface fulfill all our expectations. We use it very well in our research of speech recognition.

### 1. Uvod

Računalniška in telekomunikacijska tehnologija in tehnika sta doživeli izreden razvoj. Prvim 4 in 8 bitnim enoprocesorskim računalnikom so sledili 16 in 32 bitni računalniki z enim ali več mikroprocesorji, vse do 64 in 128 bitnih večopravilnih računalniških sistemov z velikimi procesnimi močmi.

Raziskovalci pa poizkušajo računalnikom še bolj povečati procesno moč in zmanjšati dimenzije, ter porabo energije.

Vzporedno z računalniki se hitro razvijajo tudi telekomunikacije. Namesto analognih visokofrekvenčnih sistemov s frekvenčnim multipleksom se vse bolj uporabljajo digitalni sistemi s časovnim multipleksom

in skoraj neomejenimi prenosnimi zmogljivostmi. Viden je napredek tudi pri načrtovanju in uporabi prenosnih poti, saj kable z bakrenimi vodniki kot prenosne medije polagoma nadomeščajo kabli s steklenimi optičnimi vlakni. Vse to pogojuje uporabo novih linijskih sistemov in razvoj novih tehnologij ter storitev.

Obe področji se med seboj vedno bolj prepletata. Računalniki niso več samo naprave za računanje, ampak tudi naprave za izmenjavo informacij. Z večanjem prenosnih zmogljivosti računalniških omrežij se spreminjajo tudi informacije, ki se prenašajo med računalniki. Najprej so se prenašale samo tekstovne informacije, sedaj pa se prenašata tudi zvok in slika. Pri prenašanju in računalniški obdelavi teh informacij pa je potrebno te informacije pretvoriti v primerno obliko.

Zato potrebujemo dodatne vmesnike za zajemanje in pretvorbo podatkov v ustrezno obliko.

V pričujočem članku predstavlja značilnosti in osnovno zgradbo audio vmesnika, ki omogoča zajemanje in distribucijo audio signala v večpredstavnostnih sistemih.

## 2. Značilnosti audio vmesnika

Audio vmesnik omogoča zajemanje analognih signalov in pretvorbo v digitalne ter pretvorbo digitalnih signalov v analogne. Zaradi tega ga lahko uporabljamo za zajemanje, pretvorbo in reprodukcijo govornih informacij, kot merilni sistem, kot vmesnik za krmiljenje naprav z analognim signalom itn.

Vmesnik je načrtovan tako, da so uporabljeni elementi večinoma dostopni v prosti prodaji. Priključimo ga na vodilo SCSI. Zasnova audio vmesnika omogoča:

- 16 bitno A/D pretvorbo na dveh ločenih kanalih
- 16 bitno D/A pretvorbo na dveh ločenih kanalih
- izbiro vzorčevalne frekvence 8, 14.7, 16, 25, 29.4, 32, 44.1 in 48 kHz
- krmiljenje preko vodila SCSI - II (kabel A)
- dva dvokanalna audio vhoda:
  - mikrofoni občutljivosti 3mV / 68 k $\Omega$
  - kasetofon občutljivosti 300mV / 10k $\Omega$
- dva dvokanalna audio izhoda:
  - zvočnik izhodnega nivoja 1V<sub>PP</sub> / 10 k $\Omega$
  - kasetofon izhodnega nivoja 300mV / 10k $\Omega$
- prenos podatkov po vodilu SCSI zlog za zlogom ali blok naenkrat
- programsko izbiro vhodov in izhodov
- nastavitve naslova audio vmesnika z mostički
- priključitev 1 - 3 MB pomnilnika RAM

Vmesnik je skupaj z napajalnikom vgrajen v ohišje dimenzij 500 x 250 x 90 mm.

### 2.1 Splošen opis delovanja

Audio vmesnik je relativno kompleksna naprava. Njegovo delovanje lahko najboljše ponazorimo z opisom po fazah:

#### 2.1.1 Vklon

Ob vklopu audio vmesnika drži vezje za reset linijo RESET\* na nivoju logične ničle okoli 0.5s. V tem času se stabilizirajo napajalne napetosti, pri A/D pretvorniku pa se izvede cikel interne kalibracije. Ko linija RESET\* preide na logično enico, mikroprocesor naloži v kazalec sklada vrednost na naslovu \$0, v programski števec pa vrednost na naslovu \$4. Fizično sta ti vrednosti zapisani v pomnilniku EPROM. S tem začne mikroprocesor izvajati program. Najprej ugotovi koliko pomnilnika RAM je prisotnega in ga preveri. Nato prepíše program iz pomnilnika EPROM v pomnilnik in nadaljuje z izvajanjem programa v pomnilniku RAM.

#### 2.1.2 Komunikacija preko vodila SCSI

Po zagonu mikroprocesor preverja kontrolne linije vodila SCSI vse dokler iniciator ne izbere audio vmes-

nika. Ko je audio vmesnik izbran, mikroprocesor zaseže vodilo SCSI, poskrbi za izmenjavo sporočil in prebere ukaze. Ukazi, ki jih lahko izvrši audio vmesnik so:

- prenos podatkov z audio vmesnika byte za bytom (A/D pretvorba)
- prenos podatkov z audio vmesnika blok za blokom (A/D pretvorba)
- prenos podatkov v audio vmesnik byte za bytom (D/A pretvorba)
- prenos podatkov v audio vmesnik blok za blokom (D/A pretvorba)

Mikroprocesor na audio vmesniku kontrolira podatkovni del in kontrolni del vodila SCSI.

Po fazi selekcije in prenosu sporočil ter ukazov se navadno začne faza prenosa podatkov preko vodila SCSI. Cikel prenosa podatkov preko vodila SCSI je za mikroprocesor audio vmesnika praktično enak kot pomnilniški cikel. Po prenosu vseh podatkov preko vodila SCSI, mikroprocesor pošlje sporočilo iniciatorju, da je delo končal, in sprosti vodilo. Mikroprocesor nato spet ciklično preverja kontrolne linije vodila SCSI.

#### 2.1.3 Zajemanje podatkov in pretvorba v digitalno obliko

Po sprejemu ukaza za začetek zajemanja analognih podatkov mikroprocesor najprej vpiše ustrezne vrednosti v statusni register A/D in D/A pretvornika. Z biti D0 - D3 je določena frekvenca vzorčenja, z bitom D5 se izbere zajemanje podatkov z vhoda za mikrofoni ali vhoda za kasetofon, bit D7 pa omogoči A/D pretvorbo.

Generator frekvenc začne v skladu z vrednostmi v D0 - D3 generirati pravokotni signal zelene frekvence. Ta signal vodimo na A/D pretvornik. Ob postavljenem bitu D7 za začetek pretvorbe in signalu iz generatorja frekvenc se A/D pretvorba začne. Po končani pretvorbi A/D pretvornik postavi izhod BUSY\* na nizek nivo. Ko je končana pretvorba na obeh kanalih, kontrolno vezje A/D pretvornika s postavitvijo linije IPL1\* na nizek nivo prekine mikroprocesor. Le-ta izvede avtovektorizirani cikel potrditve prekinitve in izvede prekinitveno rutino. V njej mikroprocesor iz A/D sklopa prebere digitalno vrednost signala z audio vhoda in jo zapiše v pomnilnik ali prenese preko vodila SCSI do iniciatorja. Po končani prekinitveni rutini mikroprocesor nadaljuje z "opazovanjem" kontrolnih linij vodila SCSI.

Pri novem impulzu iz generatorja frekvenc se postopek ponovi.

Ko se prebere želeno število digitalnih vrednosti z A/D pretvornika, se postavi bit D7 v statusnem registru A/D in D/A pretvornika na 0, s čemer se A/D pretvorba konča.

#### 2.1.4 Pretvorba digitalnih vrednosti v analogne

Mikroprocesor na začetku D/A pretvorbe v statusnem registru A/D in D/A pretvornika izbere frekvenco D/A pretvorbe (biti D0 - D3), izhod iz D/A pretvornika (bit D4 omogoča izbiro med izhodom na močnostni ojačevalnik ali kasetofon) in omogoči D/A pretvorbo (bit D6).

Signal iz generatorja frekvenc aktivira linijo IPL1\* in s tem prekine mikroprocesor. Le-ta izvede avtovektorizirani

rani cikel potrditve prekinitve in izvede prekinitveno rutino. V njej najprej vpiše v A/D pretvornik digitalno vrednost, ki naj bi se pretvorila v analogno, nato pa omogoči D/A pretvorbo.

Po izvedeni prekinitveni rutini mikroprocesor "servisira" vodilo SCSI in čaka na novo prekinitvev.

### 2.1.5 A/D in D/A pretvorba hkrati

Veže audio vmesnika je zasnovano tako, da je mogoča "hkratna" pretvorba analognega signala v digitalni in digitalnega signala v analognega. V tem primeru je pomnilnik, rezerviran za podatke, razdeljen na del za vhodne in del za izhodne podatke. Inicijator preko vodila SCSI pošlje izhodne podatke v izhodni del pomnilnika, bere pa jih iz vhodnega dela pomnilnika.

Mikroprocesor na audio vmesniku v skladu z zahtevo inicijatorja v statusnem registru A/D in D/A pretvornika izbere frekvenco pretvorbe (biti D0 - D3), ki je enaka tako za A/D kot za D/A pretvorbo in s postavitvijo bitov D6 in D7 omogoči obe pretvorbi. Signal iz generatorja frekvenc začne A/D pretvorbo. Po izvedbi te pretvorbe vezje A/D pretvornika prekine mikroprocesor s postavitvijo linije IPL1\* na nizek nivo. Mikroprocesor na enak način kot v točki 4.1.3 izvede avtovektorizirani cikel potrditve prekinitve in izvede prekinitveno rutino. V prekinitveni rutini prebere vrednost iz A/D pretvornika in jo shrani v vhodni del pomnilnika. Iz izhodnega dela pomnilnika nato prenese digitalno vrednost v D/A pretvornik in omogoči D/A pretvorbo.

Po končani prekinitveni rutini mikroprocesor nadaljuje s pošiljanjem podatkov po vodilu SCSI.

Ob prihodu vsakega impulza iz signalnega generatorja se postopek ponovi. A/D in D/A pretvorba se končata, ko mikroprocesor postavi bita D6 in D7 na nizek nivo.

## 3. Izbira elementov

Pri načrtovanju audio vmesnika je bilo potrebno izbrati elemente mikroračunalniškega sistema tako, da je delovanje vmesnika optimalno. Poglejmo, po katerem kriteriju so izbrane posamezne komponente.

### 3.1 Mikroprocesor

Mikroprocesor je srce audio vmesnika. Skrbeti mora za pravočasno A/D pretvorbo, pravočasno zajemanje podatkov z A/D pretvornika, pravočasno pisanje podatkov v D/A pretvornik in komunikacijo po vodilu SCSI.

Hitrost zajemanja podatkov z A/D pretvornika kot tudi hitrost pisanja podatkov v D/A pretvornik mora biti po specifikaciji najmanj 48 kS/s. Ker je pri audio vmesniku pretvorba 16 bitna, je potrebno vsakih 20.8  $\mu$ s prenesti do D/A ali A/D pretvornika 4 zloge ali eno dolgo besedo.

Po odločitvi, da se v audio vmesniku uporabi Motorolin mikroprocesor, se je potrebno odločiti samo še glede tipa mikroprocesorja. Na razpolago so 16 bitni (MC68000) in 32 bitni mikroprocesorji (MC68020, MC68030). Da bi lahko v oba A/D ali D/A pretvornika hkrati vpisali ali prebrali informacijo, se je potrebno odločiti za 32 bitni mikroprocesor. V poštev prideta torej mikroprocesorja MC68020 in MC68030.

Mikroprocesor komunicira z drugimi napravami preko zunanje vodila. Hitrost komunikacije se lahko meri v urinih ciklih. Oba 32 bitna mikroprocesorja potrebuje za en cikel na vodilu 3 urine cikle. Za izvršitev enega ukaza branja ali pisanja v periferno napravo pri indirektnem naslavljanju pa je potrebnih najmanj 6 in največ 8 urinih ciklov, kar je odvisno od zadetka v interni cache pomnilnik mikroprocesorja oz. od internega načina izvajanja ukazov. V času A/D ali D/A pretvorbe naj bi bil mikroprocesor sposoben izvesti čim več ukazov, saj mora poleg kontrole pretvorbe komunicirati še preko vodila SCSI. Zaradi tega smo se odločili za uporabo mikroprocesorja MC68020, ki deluje z največjo frekvenco ure 25 MHz, medtem ko je ta pri MC68030 "le" 20 MHz. Izvršitev enega ukaza branja ali pisanja na zunanjo vodilo pri MC68020 traja lahko pri indirektnem naslavljanju največ 320 ns. V času ene pretvorbe lahko mikroprocesor izvrši 65 takih instrukcij. Ker pa ne gre samo za izvršitev instrukcij READ ali WRITE z indirektnim načinom naslavljanja, ampak tudi drugih, je število instrukcij med dvema pretvorbama še manjše. Izkaže se, da zadošča, če se lahko med dvema A/D in D/A pretvorbama izvrši najmanj 50 instrukcij. Torej MC68020 temu kriteriju "komaj" zadošča.

### 3.2 Pomnilnik

Pri izbiri pomnilnika se je bilo potrebno odločiti predvsem za tip, hitrost in kapaciteto. V mikroprocesorskem sistemu sta potrebna dva tipa pomnilnika: pomnilnik v katerem je spravljen program in ostane v njem tudi ob izklopu napajanja in pomnilnik namenjen shranjevanju podatkov med delovanjem. Pri pomnilnikih iz prve skupine je mogoče izbirati med pomnilniki ROM, EPROM, EEPROM, FLASH RAM... Pomnilnika iz druge skupine pa sta statični in dinamični pomnilnik RAM.

Zaradi relativne cenenosti in razširjenosti za pomnilnik, v katerem bo shranjena programska koda, izberemo pomnilnik tipa EPROM.

Dinamični pomnilniki tipa RAM so enostavnejši, imajo večje kapacitete, vendar potrebujejo osveževanje, kar pomeni dodatna vezja in v določenih pogojih tudi dodatne zakasnitve pri prenosu informacij. Statični pomnilniki so glede izdelave zahtevnejši, porabijo malce več energije, so hitrejši in ne potrebujejo dodatnih vezij za osveževanje. Predvsem zaradi hitrosti in enostavnije izvedbe drugih vezij smo se odločili za uporabo statičnih vezij RAM.

#### 3.2.1 Pomnilnik EPROM

Pri izbiri pomnilnika igra pomembno vlogo hitrost. Dostopni časi za pomnilnike tipa EPROM so relativno veliki. Gibljejo se od 120 ns do 300 ns. To je za naš primer preveč, saj mikroprocesor v najslabšem primeru zahteva dostopni čas 45 ns. Zato se v vezju audio vmesnika ob vklopu napajanja ves program iz pomnilnika EPROM prepíše v hitrejši pomnilnik RAM in se izvaja tam. Torej nam hitrost pomnilnika EPROM določa samo še čas, potreben od vklopa vmesnika do njegove pripravljenosti za delovanje, na samo delovanje pa nima vpliva.

Izbrali smo pomnilnik organizacije 64k x8 in oznako 27512. Zaradi 32 bitne širine podatkovnega vodila potrebujemo 4 integrirana vezja 27512. To nam da

velikost pomnilnika 256kB, kar zadošča za kontrolni program audio vmesnika.

### 3.2.2 Pomnilnik RAM

Najvažnejša lastnost, ki jo pri audio vmesniku zahtevamo od pomnilnika, je njegova hitrost. Če naj bi mikroprocesor deloval s polno hitrostjo, morajo imeti integrirana vezja pomnilnika RAM dostopni čas manjši od 45ns.

Za pomnilnik RAM smo izbrali pomnilniške čipe proizvajalca HITACHI z oznako 624256. Kapaciteta teh je 256kB x 4 z dostopnim časom 45 ali 35 ns, odvisno od verzije. Za izvedbo audio vmesnika potrebujemo hitrejšo verzijo. Zaradi zunanjega podatkovnega vodila širine 4 bitov in podatkovnega vodila mikroprocesorja širine 32 bitov je potrebno uporabiti 8 integriranih vezij. To pomeni 1 MB pomnilnika.

Pri delovanju audio vmesnika je pomembna tudi količina pomnilnika. V primeru, če bi se samo program izvajal v pomnilniku RAM, bi zadoščalo za delovanje do 512kB pomnilnika. Če pa pomnilnik RAM uporabljamo tudi kot vmesni pomnilnik za podatke, se potrebna količina pomnilnika poveča. Zato je na audio vmesniku predvideno, da količino lahko spreminjamo v odvisnosti od potreb. Predvidene so tri pomnilniške banke po 1MB. Za samo delovanje je potrebno vstaviti na ploščo audio vmesnika 1 pomnilniški modul - 1MB. Postopek prenosa podatkov preko vodila SCSI v načinu "zlog naenkrat", kjer je za vsak prenesen zlog potreben postopek ponovne izbire iniciatorja, največkrat ni izvedljiv (novi podatek iz A/D pretvornika je na razpolago vsakih 20.8  $\mu$ s, ponovna izbira pa lahko traja tudi nekaj sekund), zato je potrebno prenos podatkov opravljati v blokih. 1MB pomnilnika se pri vzorčevalni frekvenci 48 kHz in dvokanalnem vzorčenju s 16 biti napolni v 5.4 s. Torej je potrebno najmanj vsake 5.4s izvesti preko vodila SCSI prenos bloka podatkov dolžine 1 MB. S povečevanjem pomnilnika RAM se ta interval lahko

podaljša in znaša pri pomnilniku velikosti 3 MB okrog 15 s. Torej je priporočljivo napolniti s pomnilnikom vse tri pomnilniške banke.

### 3.3 A/D pretvornik

Od A/D pretvornika se zahteva 16 bitna A/D pretvorba s frekvenco vzorčenja najmanj 48kHz. Zaradi uporabe standardnega mikroprocesorja za krmiljenje A/D pretvornika in za manipulacijo s podatki mora imeti A/D pretvornik paralelno zunanje podatkovno vodilo.

Glede na zgornje zahteve je popolnoma ustrežal A/D pretvornik proizvajalca Analog devices z oznako AD676.

To je 16 bitni A/D pretvornik z največjo hitrostjo vzorčenja 100kS/s in s paralelnim izhodom. Vhodno območje pretvorbe je enako  $\pm V_{REF}$ .

### 3.4 D/A pretvornik

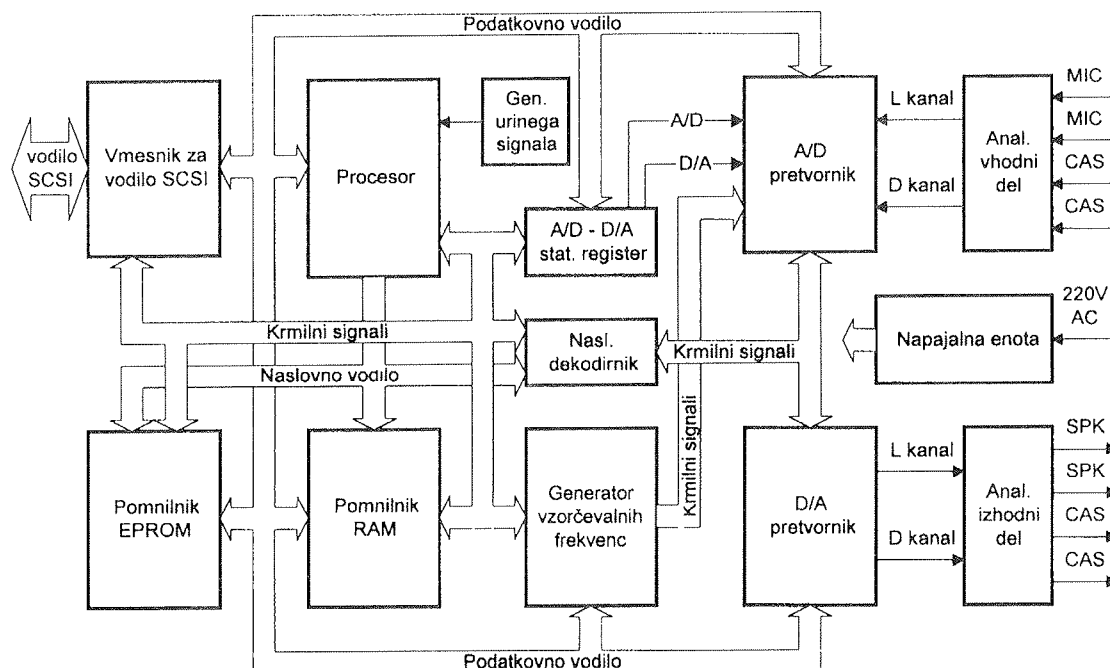
Od D/A pretvornika je pričakovati, da 16 bitno besedo pretvori v analogno vrednost. Hitrost D/A pretvorbe mora biti najmanj 48kS/s. Zaradi priključitve na vmesnik mikroprocesorja je zahtevano paralelno podatkovno vodilo.

V skladu s temi zahtevami smo izbrali D/A pretvornik z oznako AD669, proizvajalca Analog devices.

To je 16 bitni D/A pretvornik s paralelnim vhodom. Največji čas D/A pretvorbe je 13  $\mu$ s, izhodno analogno območje pa do  $\pm 10V$ .

### 3.5 Vhodni in izhodni multiplekser

Na vhod audio vmesnika lahko priključimo mikrofonski in kasetofonski vhod. Med tema dvema izbiramo s postavitvijo ustreznega bita v statusnem registru A/D - D/A pretvornika. Postavitev tega bita pomeni preklon vhodnega multipleksorja v želeni položaj.



Slika 1. Blokveni diagram audio vmesnika

Pri izbiri vhodnega multipleksorja sta v splošnem pomembna predvsem dva parametra:

- hitrost preklopa in
- električne stikalne karakteristike ( $R_{ON}$ ,  $R_{OF}$ )

Z uporabo dveh A/D in D/A pretvornikov smo se izognili kritičnim hitrostim preklopa in smo za vhodne in izhodne multipleksorje lahko zaradi idealnih stikalnih karakteristik izbrali stikala, izvedena z miniaturnimi releji. Le-ti so preko ustreznih tranzistorjev krmiljeni s postavitvijo ustreznega bita v statusnem registru A/D - D/A pretvornika.

#### 4. Blokovna shema audio vmesnika

Sam audio vmesnik smo pri načrtovanju razdelili na več enot:

- mikroprocesor z gonilniki za vodilo in generatorjem urinega signala
- naslovni dekodirnik
- vmesnik za vodilo SCSI
- pomnilnik RAM
- pomnilnik EPROM
- generator vzorčevalnih frekvenc
- A/D pretvornik
- D/A pretvornik
- analogni vhodni del
- analogni izhodni del
- napajalno enoto

Povezavo enot prikazuje blokovna shema na sliki 1.

Naloge zgoraj naštetih enot so naslednje:

- Mikroprocesor izvaja program, zapisan v pomnilniku. S tem koordinira delovanje vseh enot in izvršuje naloge, ki jih preko vodila SCSI zahteva iniciator.
- Naslovni dekodirnik razvrsti enote audio vmesnika v naslovni prostor mikroprocesorja in poskrbi za pravilne časovne poteke krmilnih signalov na vodilu audio vmesnika.
- Vmesnik za vodilo SCSI pretvarja signale na vodilu SCSI v interne signale audio vmesnika (mikroprocesor) in obratno.
- V pomnilniku RAM se izvaja program in v njem shranjujejo rezultati A/D pretvorbe kot tudi podatki za D/A pretvorbo.
- V pomnilniku EPROM je shranjen program audio vmesnika.
- Generator vzorčevalnih frekvenc generira vse potrebne frekvence za A/D in D/A pretvorbo.
- A/D pretvornik je s svojimi dodatnimi vezji namenjen za vzorčenje, kvantiziranje in kodiranje analognega signala na izhodu analogne vhodne enote v digitalno obliko.
- D/A pretvornik pretvarja digitalne vrednosti v analogne in jih posreduje analogni izhodni enoti.
- Analogna vhodna enota amplitudno in impedančno prilagodi signal na vhodu audio vmesnika na vhod A/D pretvornika. Vršiti tudi izbiro med signalom iz mikrofona in kasetofona.

- Analogna izhodna enota omogoča izbiro močnostnega ojačevalnika ali kasetofona na izhodu in prilagodi signal z izhoda D/A pretvornika na vhoda močnostnega ojačevalnika ali kasetofona.
- Napajalna enota zagotavlja vse potrebne napetosti za delovanje audio vmesnika.

#### 5. Sklep

Opisani audio vmesnik smo izdelali v laboratoriju za telekomunikacije. Po začetnem testiranju in odpravi otroških bolezni v programski kodi se je pokazal kot zelo dobro orodje pri zajemanju audio signalov in ga uporabljamo tako v raziskovalne namene kot v pedagoškem procesu. V prihodnosti bi mogoče bilo potrebno razmisliti o nadgradnji vmesnika še z DSP procesorjem.

#### 6. Literatura

- /1./ Multimedia Systems, John F. Koegel Buford, University of Massachusetts Lowell
- /2./ SCSI: Understanding The Small Computer System Interface, PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- /3./ MC 68020 32-bit Microprocesspr User's Manual Second Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- /4./ Standard X3T9.2, Project 375D, revision 10L - standard za vodilo SCSI - 2
- /5./ Data Converter Reference Manual Volume I, Analog Devices, 1992
- /6./ Data Converter Reference Manual Volume II, Analog Devices, 1992
- /7./ Mikroprocesor - Datebuch 1, Elektor Verlag GmbH, 5100 Aachen, 1990
- /8./ Mikroprocesor - Datebuch 2, Elektor Verlag GmbH, 5100 Aachen, 1990
- /9./ Mikroprocesor - Datebuch 3, Elektor Verlag GmbH, 5100 Aachen, 1990
- /10./ Hitachi IC Memory DATA BOOK, Hitachi
- /11./ Dahms elektronik HANDBUCH, 1989
- /12./ Tehniški opis za komunikacijski krmilnik za mikroročunalnik TK 68000, dr. Bogomir Horvat, Nenad Črnko ing., Rado Slatinek dipl. ing., Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta, VTO Elektrotehnika, računalništvo in informatika, Maribor, junij 1987
- /13./ Diagnostični program za komunikacijski krmilnik za mikroročunalnik TK 68000, dr. Bogomir Horvat, Rado Slatinek dipl. ing., Nenad Črnko ing., Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta, VTO Elektrotehnika, računalništvo in informatika Maribor, junij 1987
- /14./ Priročnik za laboratorijske vaje iz mikroročunalniških sistemov, Zmago Brezočnik, Bogomir Horvat, Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta, Elektrotehnika, računalništvo in informatika, Maribor, september 1990

Vladimir Jenuš,  
Bogomir Horvat  
Univerza v Mariboru,  
Fakulteta za elektrotehniko,  
računalništvo in informatiko  
Smetanova 17  
2000 Maribor  
tel.: +386 62 25 461  
fax: + 386 62 225 013

Prispelo (Arrived): 14.10.1998 Sprejeto (Accepted): 16.10.1998