

REALIZACIJA VOLTMETRA PRIMENOM USB MIKROKONTROLERA

Ivan Mezei i Dušan Majstorović, *Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu*

Sadržaj – Radi povezivanja personalnih računara i periferija razvijene su odgovarajuće magistrale za prenos podataka. U radu je dat pregled magistrala, prikazane su osnovne osobine univerzalne magistrale za serijsku komunikaciju (USB magistrale) i pregled postojećih USB mikrokontrolera. Jedna primena USB mikrokontrolera je ilustrovana na primeru hardverske i programske realizacije USB voltmetra.

1. UVOD

Personalni računari danas imaju veoma široku oblast primene. Iz početka su služili isključivo za olakšanje računanja složenih aritmetičkih operacija. Danas se personalni računari sve više povezuju sa različitim perifernim jedinicama. To mogu biti uređaji kao što su štampač, skener, digitalna kamera, drugi računari itd.

Povezivanje personalnog računara sa perifernim jedinicama je uvek povezano sa odgovarajućim prenosom podataka, brzinom, količinom i smerom prenosa. U zavisnosti od konkretne primene postoje različiti načini sprežavanja periferija sa personalnim računarom. Nekada je bila široko u upotrebi ISA magistrala. Danas su je zamenile PCI i PCI Express magistrale. Ove magistrale služe za sprežavanje računara sa namenskim hardverom koji se nalazi unutar računara i instalacija ovakvog hardvera je povezana sa otvaranjem računara i raznim podešavanjima.

Za potrebe povezivanja sa spoljašnjim periferijama postoji više različitih mogućnosti. Paralelni printer port postoji i dalje u većini računara. Nekada se koristio za povezivanje računara i štampača, ali polako prestaje da se koristi i retko se sreće u savremenim lap-top računarima. Za serijsku komunikaciju se uobičajeno koristi RS232 port kada brzina prenosa nije kritična. Osim RS232, postoje i drugi serijski protokoli kao što su *IrDA*, *Microwire*, *SPI* i *PC* ali se oni ređe sreću kao standardni priključci na računaru. Za povezivanje putem interneta se koristi Ethernet protokol, koji je isto jedna vrsta serijskog protokola.

Protokoli za serijsku komunikaciju koji se često sreću u savremenim računarima su *Firewire* (IEEE-1394) i *USB*. Ove magistrale postepeno zamenjuju ostale u aplikacijama povezivanja spoljašnjih periferija sa personalnim računarima. Osnovni razlog je što se sa njima postiže mnogo veća brzina prenosa podataka. *Firewire* magistrala se koristi obično za prenos foto i video podataka. Pregled osnovnih karakteristika različitih magistrala je dat u Tabeli 1.

USB magistrala je doživela veoma široku primenu u različitim aplikacijama jer omogućava veliku brzinu prenosa podataka i jednostavnu upotrebu. Ovo podrazumeva da korisnik jednostavno priključi periferiju, bez isključivanja računara, i bez ikakve potrebe za podešavanjem uređaja je spreman za rad.

Jednostavnost upotrebe USB magistrale za korisnika ima za posledicu složenu strukturu hardverske, a pogotovo programske podrške. Zbog toga je preporučljiva upotreba razvojnih sistema u procesu projektovanja USB periferija. Oni obično sadrže gotove ključne komponente programske podrške koje je realizovao proizvođač i koje se mogu koristiti uz manje modifikacije u procesu razvoja novog sistema.

Tabela 1. Pregled magistrala personalnih računara

magistrala	brzina prenosa	max. dužina kabla [m]	tipična upotreba
PCI Exp.	250MB-8GB	-	razno
AGP 8x	2GB/s	-	grafika
PCI	132-512MB/s	-	razno
(E)ISA	8MB/s (32MB/s)	-	zastarela
Printer port	8Mb/s	do 30	štampači, skeneri
RS232	do 115Kb/s	do 30	miš, modem, instrumentacija
Ethernet	10M/100M/1Gb/s	500	rač. mreže
Firewire	400M/3.2Gb/s	5	video
USB2.0	1.5M/12M/480Mb/s	5	razno

2. KARAKTERISTIKE USB MAGISTRALNE

Prva verzija USB-a (1.0) je definisana 1996. godine. Vrlo brzo se pojavila verzija 1.1 koja ima dve brzine transfera podataka 1.5Mb/s (*low speed*) i 12 Mb/s (*full speed*). Tek pojavom verzije 2.0, koja ima brzinu prenosa 480Mb/s (*high speed*), je omogućeno povezivanje periferija koje imaju potrebu za velikom brzinom prenosa.

USB je tzv. *host-centric* magistrala, što znači da ne postoji mogućnost da se direktno povežu dva USB uređaja, nego je jedan od uređaja personalni računar.

Električno, USB se sa periferijama spreže putem kabla sa pet provodnika. Pored prenosa napona napajanja od pet volti i mase, podaci se prenose serijski (diferencijalno) putem D+ i D- provodnika. Ova četiri provodnika su oklopljena zaštitnim provodnikom radi smanjenja smetnji.

Za prenos podataka na USB magistrali definisano je četiri vrste transfera. To su: kontrolni, prekidni (*interrupt*), *bulk* i izohroni. Svaki od ovih tipova transfera se koristi za odgovarajuće primene u zavisnosti od osobina. Svi tipovi transfera mogu biti u oba smera. Kontrolni tip transfera se koristi za prenos kontrolnih podataka koji obično ima malo i oni se po pravilu koriste za aktivaciju određenih aktivnosti i praćenje rezultata njihovog izvršenja. Bulk tip transfera se koristi kada je potreban brz prenos velike količine podataka i koji moraju biti tačno prenešeni. Dakle ovaj tip prenosa, kao i kontrolni, ima kontrolu grešaka pri prenosu i njihovu automatsku korekciju. Prekidni tip transfera se koristi kada je potrebno periodično prenošenje podataka i gde se zna period između dva prenosa. Takođe ima proveru tačnosti. Izohroni tip transfera se koristi u tzv. *streaming* aplikacijama gde

tačnost nije od značaja već je bitno da se prenos odvija kontinualno. Detaljan opis USB magistrale, njenih karakteristika i osobina se može naći u [1] i [2].

3. PREGLED USB MIKROKONTROLERA

Da bi se periferni jedinice mogle priključiti na USB magistralu potrebno je na neki način signale USB magistrale prilagoditi signalima koji su pogodni za sprezanje sa mikrokontrolerima ili mikroprocesorima. Primeri ovakvih integrisanih kola su PDIUSB12, ISP1181 i najnoviji ISP1583 proizvođača Phillips [3] ili USBN9603 proizvođača National Semiconductor [4]. U [5] je prikazan akvizicioni sistem koji omogućava sprezanje USB magistrale sa mikrokontrolerom pomoću ISP1181.

Upotreba USB mikrokontrolera koji u sebi sadrži deo za direktno povezivanje sa USB magistralom je hardverski bolji metod jer je potrebno manje integrisanih kola. Sa druge strane pojavom USB2.0 verzije koja ima brzinu prenosa od 480Mb/s pojavljuju se i problemi sa integritetom signala pa je pogodno da je to rešeno unutar integrisanog kola. Danas postoji više proizvođača mikrokontrolera koji nude ovakve mogućnosti. Delimičan pregled USB mikrokontrolera je dat u Tabeli 2, a detaljan spisak postoji u [6].

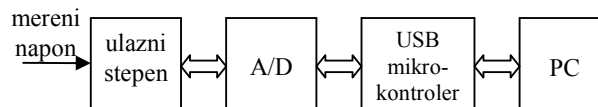
4. IDEJNO REŠENJE VOLTMETRA

Da bismo realizovali USB voltmetar opredelili smo se za Cypress CY7C68013-128AC USB mikrokontroler. Reč je o mikrokontroleru koji bazira na unapređenoj 8051 arhitekturi [7]. Ovaj mikrokontroler ne sadrži u sebi A/D konvertor pa je potrebno odabrati odgovarajući. U konkretnom rešenju smo koristili AD7892AR-3 kompanije Analog Devices [8].

AD7892 je 12-bitni A/D konvertor sa sukcesivnom aproksimacijom i veoma malom potrošnjom snage (60 mW). Ima bipolarni ± 2.5 voltni ulaz i serijski ili paralelni izlaz. Vreme trajanja konverzije je $1.47\mu s$ i brzina odabiranja 600kSPS. Teorijska osetljivost (greška kvantizacije) ovog A/D konvertora, prema (1), iznosi 1.22mV.

$$\text{osetljivost} = \frac{\text{naponski opseg}}{2^{\text{broj bita ADC}} - 1} [V] \quad (1)$$

Za povezivanje ovog konvertora sa USB mikrokontrolerom nisu potrebne nikakve dodatne elektronske komponente (osim kondenzatora radi smanjenja uticaja smetnji). Ulazni naponski opseg se proširuje ulaznom prilagodnom elektronikom koja omogućava više mernih opsega. Slika 1 ilustruje blok šemu sistema.



Slika 1. Blok šema sistema

Osnovni zadatak mikrokontrolera je da periodično aktivira A/D konverziju i nakon njenog završetka pošalje 12 bita podataka prema personalnom računaru preko USB magistrale. Ovu funkcionalnost omogućuje odgovarajuća programska podrška u mikrokontroleru (*firmware*).

Prilikom priključenja mikrokontrolera na USB magistralu se na osnovu identifikacionih podataka koji se u njemu nalaze, aktivira sistemski drajver koji u sebi sadrži program mikrokontrolera i prebacuje ga na mikrokontroler. Ovaj postupak se zove enumeracija. Nakon toga se mikrokontroler automatski električno isključi sa magistrale i ponovo priključi. Sada se na osnovu novih identifikacionih podataka aktivira drajver koji je obezbedio proizvođač mikrokontrolera i on konačno dobija željenu funkcionalnost. Ovaj postupak se naziva renumeracija i kao i enumeracija se odvijaju automatski po priključenju na USB magistralu [1].

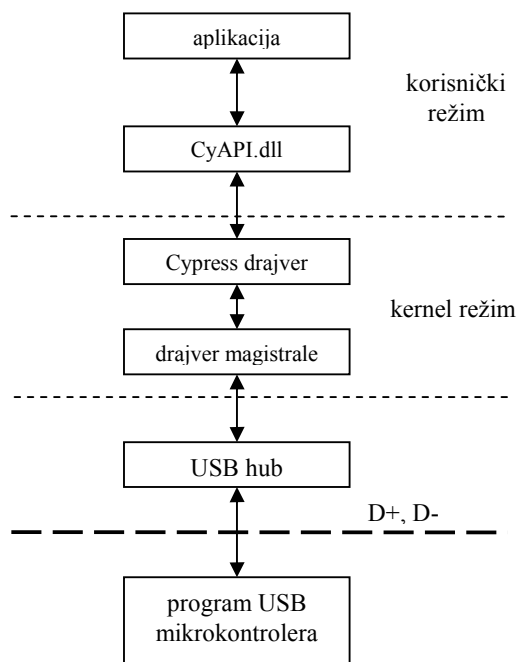
Nakon renumeracije program treba da realizuje potrebne signale na mikrokontroleru koji omogućavaju aktivaciju A/D konverzije i po njenom završetku serijski prijem podataka koji se dalje putem USB magistrale šalju na personalni računar. S obzirom da se zna trajanje svake A/D konverzije, odabran je prekidni tip USB transfera čije funkcionisanje obezbeđuje program mikrokontrolera.

Tabela 2. Pregled USB mikrokontrolera

Proizvođač	Mikrokontroler	brzina	Osnovne karakteristike
Microchip	PIC18F4550	full speed	12 MIPS, 32KB FLASH, EEPROM: 256B, 2kB RAM, 10-bit ADC, dva analogna komparatora, LVD, PDIP40
Microchip	PIC16C745	low speed	OTP, 256B RAM, 14438B ROM, 8bit ADC, USART, PDIP28
Atmel	AT76C713	full speed	AVR serija, DMA, 2KB internal RAM, SPI, UART, 8x16-bit in-system SRAM for microcode storage, 2K DPRAM
Cypress	CY7C68013	high speed	EZUSB FX2, bazira na 8051, 8.5kB RAM, 4kB FIFO, GPIF, GPIO, TQFP128
Sanyo	LC87F1564A	full speed	8-bit, 64kB Flash, 2kB RAM, 2x PWM, 8-bit x12 ADC, 5V, QFP48
Texas Instruments	TUSB3210	full speed	bazira na 8052, 8kB Program RAM, 256B RAM, 512B On-chip XRAM, TQFP64
STMicroelectronics	ST7265X	full speed	low-power, 8-bit, 32K FLASH, 5K RAM, Flash Card interface, timer, PWM, ADC, I2C
AMD	AM186CU	full speed	16-bit, glueless memory interface, DRAM controller; serial port, Smart DMA, UART, PQR160

Programska podrška na personalnom računaru se sastoji od sistemske i korisničke programske podrške. Sistemsku programsku podršku (drajvere) obezbeđuje proizvođač USB mikrokontrolera i ona ima za cilj da olakša dizajneru realizaciju korisničkog dela programske podrške. U sistemsku programsku podršku spada i drajver USB magistrale. Sistemska programska podrška realizuje USB komunikaciju najnižeg nivoa između personalnog računara i mikrokontrolera.

Korisnički deo programske podrške se sastoji od aplikacije i biblioteke funkcija. Aplikacija omogućava vizualizaciju merenog napona i aktivaciju svih potrebnih aktivnosti. Ona poziva funkcije iz biblioteke funkcija (CyAPI.dll) koje dalje komuniciraju sa sistemskim delom programske podrške. Slika 2 ilustruje strukturu programske podrške celog sistema.



Slika 2. Struktura programske podrške

Slika 3. prikazuje izgled prozora korisničke aplikacije. Analogni pokazivač daje približnu vrednost merenog napona, dok digitalni daje tačnost na tri decimale što odgovara osetljivosti od 1mV.



Slika 3. Prikaz merenog napona na personalnom računaru

Na osnovu izvršenih merenja i upoređivanja merenih napona sa drugim voltmetrima, pokazuje se da je najmanja

vrednost napona koju može da prikazuje ovako realizovan voltmetar 1mV na opsegu od 5 volti. Ovakvi rezultati merenja se poklapaju i sa teorijskim, jer prema (1) za 12-bitni A/D konvertor maksimalna osetljivost koju može da meri u opsegu napona od 5 volti iznosi 1.22mV.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je dat pregled osnovnih magistrala i načina povezivanja sa personalnim računarem. Prikazane su osnovne osobine USB magistrale, različiti USB mikrokontroleri i konkretna hardverska i programska realizacija USB voltmetra na bazi Cypress CY7C68013 mikrokontrolera i AD7892 A/D konvertora.

U daljem radu je potrebno precizno ustanoviti klasu tačnosti ovog voltmetra. Nakon realizacije merenja jednosmernih napona ovaj rad se može dalje nastaviti u smislu nadgradnje programske podrške tako da omogući realizaciju jednostavnog osciloskopa.

LITERATURA

- [1] J. Axelson, *USB Complete: Everything you need to Develop Custom USB Peripherals*, Lakeview Research, USA, 2001.
- [2] D. Anderson, *USB System Architecture (USB 2.0)*, Mindshare, Inc., 2001.
- [3] Phillips Semiconductor, ISP1583, [Online] <http://www.semiconductors.philips.com/pip/ISP1583BS.html>
- [4] National Semiconductor, USBN9603, [Online] <http://www.national.com/pf/US/USBN9603.html>
- [5] M.Popa, M.Marcu i A.S.Popa, "A microcontroller based data acquisition system with USB interface", Proc. International Conference on Electrical, Electronic and Computer Engineering, ICEEC '04., Cairo, Egypt, 5-7 Sept. 2004, pp. 206-209
- [6] Spisak USB mikrokontrolera, [Online] <http://www.lvr.com/usbchips.htm>
- [7] Cypress CY7C68013-128AC datasheet, [Online] www.cypress.com
- [8] Analog Devices, AD7892 datasheet, [Online] www.analog.com

Abstract – To connect personal computer with peripherals, different buses were developed. This paper presents overview of buses, basic Universal Serial Bus (USB) features and USB microcontroller overview. An USB microcontroller application is depicted by means of hardware and software realization of USB voltmeter.

MICROCONTROLLER BASED USB VOLTMETER

Ivan Mezei and Dušan Majstorović