

# Implementácia USB do mikrokontroléra IgorPlug-USB (AVR) (1)

Tento článok si kladie za cieľ oboznámiť čitateľov s implementáciou rozhrania USB do jednočipového mikrokontroléra, ktorý toto rozhranie nepodporuje. Ide teda o implementáciu USB na úrovni firmware (podobne ako sa rieši emulácia rozhrania RS232 v mikrokontroléroch, ktoré RS232 priamo nepodporujú). Predložený projekt zahŕňa vývoj firmware na strane mikrokontroléra, vývoj ovládača (drivera) na strane počítača (pre operačný systém Windows), vývoj knižnice DLL na sprístupnenie funkcií zariadenia iným programom (programátorská úroveň) a vývoj demonštračného programu (používateľská úroveň), ktorý ukazuje všetky možnosti zariadenia. Zariadenie je pomenované IgorPlug-USB (AVR; ako nasledovník zariadenia na diaľkové ovládanie počítača IgorPlug cez sériový port).

## Úvod

V súčasnosti je rozhranie USB veľmi populárne najmä medzi bežnými používateľmi. Je to spôsobené jeho jednoduchosťou vzhľadom na koncových používateľov (Plug and Play, bez reštartu). Pre vývojárov je však implementácia USB do ich prístrojov omnoho zložitejšia (voči RS232 je to neporovnateľne zložitejší protokol). Navyiac je tu aj potreba programovej podpory na strane PC – ovládače zariadenia. Preto sa množstvo zariadení od malých výrobcov naďalej prikláňa ku komunikácii cez RS232. Toto rozhranie je asi najstaršie v histórii PC a má aj dobrú podporu operačných systémov. V poslednom období sa však vytráca zo štandardnej výbavy PC (nové počítače už rozhranie RS232 neobsahujú). Vtedy pomôže iba kúpa prídavnej karty PCI s týmto rozhraním.

Implementácia USB do externého zariadenia v súčasnosti spočíva v dvoch možnostiach:

- Prvou je použitie mikrokontroléra, ktorý má rozhranie USB implementované už v hardvéri. Vtedy treba vedieť, ako USB pracuje a podľa toho napísať firmware do mikrokontroléra. Navyiac je tu ešte nutnosť napísať ovládač (driver) na strane počítača (ak ho už operačný systém neobsahuje ako štandardnú triedu USB). Nevýhodou týchto mikrokontrolérov (PIC, Cypress, Atmel, Intel, ...), a to pre malých výrobcov a amatérov tou hlavnou, je ich malá dostupnosť a vysoká cena (rádovo vyššia voči jednoduchým mikrokontrolérom RS232).
- Druhou možnosťou je použitie niektorý univerzálny prevodník medzi USB a „iným“ rozhraním. Toto „iné“ rozhranie závisí od typu prevodníka: používa sa najmä RS232, 8-bitová údajová zbernica, I2C zbernica. Tu odpadá písanie špeciálneho firmware (nemusíme dokonca ani vedieť, ako USB pracuje) a ovládača (výrobca obvodu poskytuje ovládače zdarma). Nevýhodou je opäť vysoká cena koncového zariadenia a väčšie rozmery výrobku (potreba jedného obvodu navyiac).

Riešenie opísané ďalej je implementovanie USB do lacného mikrokontroléra pomocou emulovania protokolu USB cez firmware mikrokontroléra. Problémom pri návrhu bola rýchlosť mikrokontroléra. Rýchlosť zbernice USB je totiž vysoká: LowSpeed – 1,5 MBit/s, FullSpeed – 12 MBit/s, HighSpeed – 480 Mbit/s. Bežné mikrokontroléry majú maximálny výpočtový výkon asi takýto: AT89C2051 – 2 MIPS = 24 MHz/(12 takt/inšt.), PIC16F84 – 5 MIPS = 20 MHz/(4 takt/inšt.), AT90S23x3 – 10 MIPS = 10 MHz/(1 takt/inšt.). Existujú síce aj mikrokontroléry s vyššou rýchlosťou, ale tie sú už ťažšie dostupné (najmä cenovo) a rozmernejšie (veľa pinov – zložitejšia konštrukcia). Voľba preto padla na populárne mikrokontroléry Atmel AVR AT90S23x3-10, ktoré sú jednoduché a vďaka svojej architektúre RISC výkonné v oblasti 8-bitových mikrokontrolérov. Navyiac ich vhodná inštrukčná sada

ešte podporuje ich výkon. Pre synchronnosť so zbernicou USB sa použilo taktovanie procesora na 12 MHz (AT90S23 x 3-10 alebo ATtiny2313). Takto získame dostatok výkonu na emuláciu protokolu USB. V pôvodnom návrhu je mikrokontrolér AT90S2313-10 mierne pretaktovaný (z 10 MHz na 12 MHz), ale v súčasnosti použitím obvodu ATtiny2313 toto obmedzenie odpadá (je určený až na maximálnych 16 MHz). Prípadné pretaktovanie nie je kritické, lebo napr. v katalógovom liste od výrobcu sa uvádzajú pre AT90S2313 niektoré parametre až pri 15 MHz (napr. napájací prúd).

## Konštrukcia

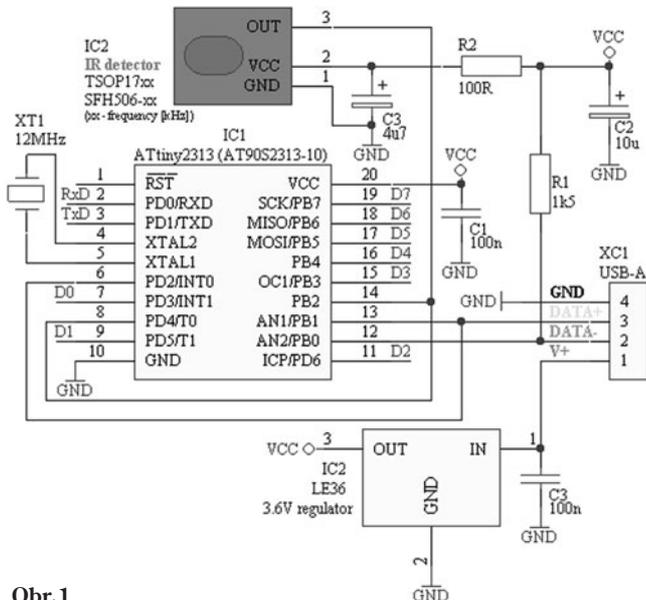
Pri tomto riešení je hardvér veľmi jednoduchý a lacný (cca 200,- Sk). Celú inteligenciu zabezpečuje obslužný firmware. Konštrukcia je riešená ako infračervené diaľkové ovládanie počítača na port USB (nasledovník konštrukcie na sériový port), zároveň je univerzálne použiteľné aj rozhranie USB.

Toto zariadenie umožňuje:

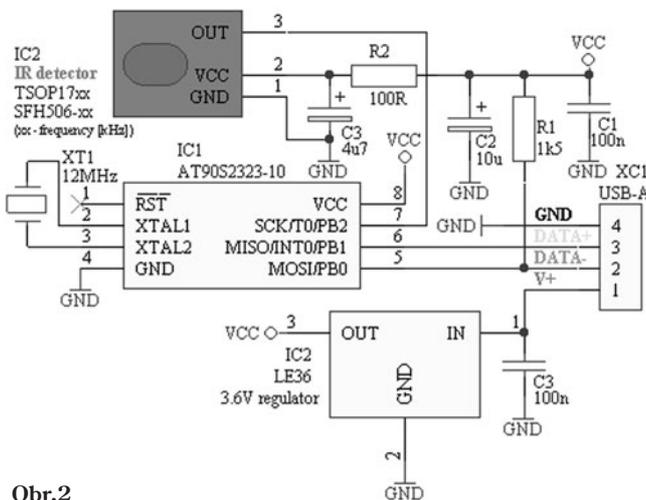
- príjem infračerveného kódu (časový diagram prijatého kódu – posielala sa aj po sériovej linke v reálnom čase) pomocou mikroprocesora do jeho vlastného bufera bez účasti PC (nulové vytázenie PC),
- ovládanie 8-bitovej vstupno-výstupnej brány (každý bit môže byť nezávisle vstupom alebo výstupom, môžu sa nezávisle riadiť aj pull-up rezistory na vstupných pinoch),
- čítanie a zápis do internej 128-bytovej EEPROM (uchovanie dát aj pri výpadku napájania – pre používateľa je prístupná celá pamäť EEPROM),
- vyslanie alebo prijatie znaku po sériovej linke (zatiaľ iba jedného nebufferovaného znaku; zmenou firmware však možno urobiť interný bufer na úkor bufera infrakódu – podobne ako obvody FTDD),
- zmena rýchlosti sériovej linky v rozsahu cca 4800 Baud až 700 000 Baud (po zapnutí zariadenia je rýchlosť 57 600 Baud). (Dostupná rýchlosť zo štandardného radu je: 4800, 9600, 19 200, 38 400, 57 600. Obslužná knižnica DLL automaticky zistí neplatnú rýchlosť.)

Vďaka univerzálnosti možno použiť mikroprocesor na mieste univerzálneho prevodníka, napr. v aplikácii, kde chceme iba ovládať (čítať a zapisovať) niekoľko vstupno-výstupných pinov. Možné aplikácie sú: k pinom pripojíme priamo I2C teplomer, prevodník AD alebo DA, vstupy a výstupy zabezpečovacej ústredne alebo iba jednoducho diódy LED alebo display LCD/LED a podobne. Funkcia zariadenia bude takto určená aplikáciou na počítači.

Na obr. 1 je schéma hardware s mikroprocesorom AT90S2313-10 alebo ATtiny2313 (univerzálne rozhranie s dátovou bránou D0-D7



Obr. 1



Obr. 2

a sériovou linkou). Na obr. 2 s mikroprocesorom AT90S2323-10 (iba na príjem kódu IR) a fyzické stvárnenie konštrukcie (prijímač kódu IR: diaľkové ovládanie počítača v programe Girder) je na obr. 3.

Jednoduchosť zariadenia je naozaj obdivuhodná. Preto je dostupná aj amatérom, aby svoje zariadenia pripojili na USB (tu nie je až taká dôležitá rýchlosť prenosu, ale skôr možnosť pripojenia zariadenia na USB). Firmware, ktorý je srdcom celého zariadenia, je pre všetky tri mikroprocesory rovnaký. V 8-pinovej verzii (AT90S2323-10) sa však využíva iba príjem infrakódu a zápis/čítanie do/z EEPROM. Konštrukcia s 8-pinovou verzou mikroprocesora je rozmerovo snád tým najmenším, čo sa dá na USB pripojiť (najmä ak sa použijú SMD verzie súčiastok).

Zariadenie nájde uplatnenie aj v používateľskej sfére ako diaľkové ovládanie počítača. Toto je v súčasnosti veľmi aktuálne, lebo sa začína vo veľkom rozširovať prehrávanie filmov vo formáte DVD a DivX na PC. Technicky je prehrávanie zvládnuté, chýba však univerzálne diaľkové ovládanie, ktoré by prinieslo komfort ako pri sledovaní televízie. Opisované zariadenie spolu s programom Girder ([www.girder.nl](http://www.girder.nl)) sa v tejto úlohe osvedčilo, preto by malo dobré uplatnenie aj v masovom nasadení na trhu ako kompletný výrobok: prijímač IgorPlug-USB (AVR), inštaláčny CD (ovládače a prednastavený program Girder), príp. aj vhodný diaľkový ovládač.

### Inštalácia zariadenia IgorPlug-USB (AVR)

Aby zariadenie USB komunikovalo s počítačom, treba k nemu poskytnúť ovládač (driver). Tento ovládač si operačný systém vypýta



Obr. 3

pri prvom zapojení IgorPlug-USB (AVR) do konektora USB v počítači. V budúcnosti možno ovládač nebude potrebný: zmenou firmware sa môže zariadenie prihlásiť ako štandardná trieda USB (HID class, Storage Class, ...), na ktoré má už operačný systém zabudované ovládače (napr. trieda HID je zabudovaná už od Windows 98, Storage Class je súčasťou operačného systému až od verzie Windows 2000). Výhodou vlastného ovládača je to, že máme nad ním kontrolu. Voľba „vlastného“ ovládača bola podmienená najmä snahou porozumieť komunikácii aj na tejto úrovni prenosového reťazca USB, ale najmä pre jednoduchosť implementácie do zariadenia firmware (úspora pamäťového priestoru mikrokontroléra).

Na internetových stránkach [www.cesko.host.sk](http://www.cesko.host.sk) sú podrobné obrázky a postup ukazujúci jednotlivé kroky inštalácie zariadenia (a ovládača) pri prvom pripojení IgorPlug-USB (AVR) na konektor USB. Ovládač je spoločný pre Windows 98, Windows ME, Windows 2000 aj Windows XP (pod Windows 95 nepracuje).

*Pokračovanie v budúcom čísle.*

**Ing. Igor Češko**

e-mail: [cesko@internet.sk](mailto:cesko@internet.sk)  
<http://www.cesko.host.sk>

36