

Urob si sám PMD-85

Ing. Peter Chrenko

PMD-85 bol slávny 8-bitový mikropočítač hojne používaný v Československu v rokoch 1984 až 1994. Rozšírený bol hlavne cez krúžky vtedajšieho Zväzarmu, domov pionierov a mládeže i celkovou dostupnosťou v školstve. Cieľom tejto konštrukcie je umožniť nadšencom postaviť si vlastný klon PMDčeka. To znamená vytvorenie zariadenia, z ktorého sa po pripojení televízora, klávesnice a napájacieho zdroja preniesete do rokov 80-tych a zahráte si napríklad obľúbeného MANIC MINERa, alebo skúsite niečo naprogramovať v starom programovacom jazyku BASIC-G.

Toto všetko, vrátane asi 113 kB pôvodných hier a programov, sa podarilo postupnými iteráciami napokon vtesnať iba do dvoch integrovaných obvodov, a to: ATmega128-16 a pamäte RAM 64 kB. Zobrazovanie obrazu na televízore (TV), generovanie zvuku, obsluha klávesnice, ako aj vlastná emulácia chovania procesora Intel 8080, ktorý bol srdcom pôvodného PMD-85, je realizovaná čisto softvérovou.

Samozrejme, vždy je rozdiel medzi kópiou a originálom, a inak to nebude ani v našom prípade. Niektoré nepodstatné vlastnosti pôvodného PMDčeka boli zanedbané alebo vynechané, niečo bolo implementované zjednodu-

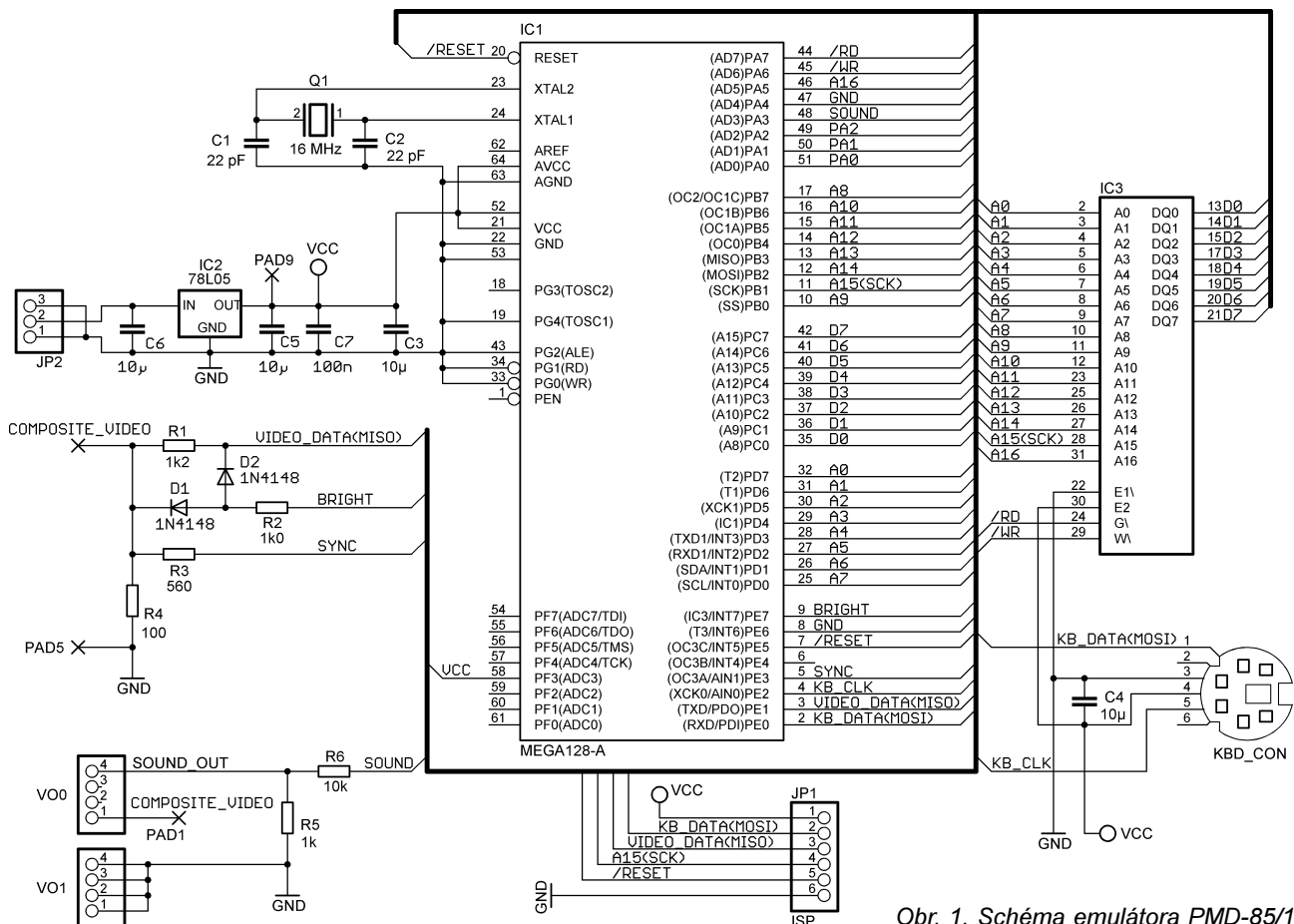
šene. Z pohľadu softvéru, pôvodných programov na PMDčeku, sa dosiahla kompatibilita takmer 100 %, bežia všetky známe programy vrátane výbornej hry HLÍPY od Karla Šuhajdu. Generovanie čiernobielyho TV obrazu vrátane atribútov blikanie a jas je veľmi vydatené, náhrada magnetofónu pamäťou FLASH na čítanie je taktiež výborná, nehovoriac o niekoľkonásobnom zrýchlení nahrávania programov. Pôvodná klávesnica PMDčeka ako jediné vstavané vstupné zariadenie je nahradená lacnou externou PS/2 klávesnicou. Najväčšie momentálne nedostatky v konštrukcii resp. obslužnom softvéri sú pri generovaní zvukového výstupu.



Takto vyzeralo originálne PMD

PMD-85

PMD-85 bol domáci 8-bitový mikropočítač so vstavanou klávesnicou a výstupom na klasický TV prijímač. Výstup na TV bol čiernobiely, ale bola možnosť pripojiť externý farebný monitor s rozhraním RGB. Ale aj tak boli grafické možnosti PMDčeka malé – rozlíšenie 288 x 256 pixelov, pričom každá šesťica mala spoločný 2-bitový grafický atribút. Na vtedajšiu dobu to bol výborný obraz, keďže ZX Spectrum malo ešte nižšie rozlíšenie, 256 x 192 + grafické atribúty. PMD bolo skonštruované a vyrábané niekdejšou Teslou Piešťany okolo roku 1982. Neskôr ho v rôznych obmenách začalo vyrábať viacero domácich výrobcov a vznikli modely PMD-85/2, PMD-85/2A, PMD-85/3, Didaktik Alfa 1, 2, Didaktik Beta, Maťo, Zbrojováček C2717 a iné. PMD malo vstavanú



Obr. 1. Schéma emulátora PMD-85/1

svojskú nespoľahlivú klávesnicu, zvukový výstup (speaker), zasúvateľný modul ROM s BASIC-G. Ako pamäť na uchovávanie programov slúžil klasický magnetofón.

Čo sa týka softvéru - bola to éra tvorby softvéru nadšencami, vzniklo a bolo preportovaných veľa hier. Veľmi činné bolo trio autorov VBG software - Vlastimil Veselý, Libor Bedrlík a Ladislav Gavar. Na PMD-85 teda existuje pár megabajtov hier - Manic Miner, Flappy, Boulder Dash, Fred, Penetrator, Saboter, Pampuch, Wurmi, Galaxia, Mikrotron, Willy atď. Niektoré z nich (dá sa konfigurovať) sú vstavané v tomto klone PMD-85 (ktorý interne volám kódom small_pmd_128, 128 = veľkosť FLASH pamäte v kB, small = rozmery PMD 3 x 4 cm).

Pôvodné PMD-85 bol mikropočítač postavený z v tej dobe populárnej procesorovej rodiny Intel 8080 (MHB8080). Jedna sa o obvody: 8080 - procesor, 8228 - radič zbernice, 8224 - hodinový generátor, 3x 8255 - paralelné rozhranie, 8251 - sériové rozhranie apod. Typickým pre systémy z 80-tych rokov bolo použitie aj obvodov s malou hustotou integrácie - logiky TTL. U PMD bol technológiou obvodov TTL zostavený kompletný videoprocessor, starajúci sa o cyklické zobrazovanie videopamäte na pripojenom televízore. PMD sa skladal z hardvérových modulov: procesorový modul, videoprocessor, modul interfejsov, klávesnica a modul ROM (BASIC-G).

Nebudeme rozoberať pôvodné obvodové riešenie PMD, problematike sú venované monografie dostupné v knižniciach. Uvedieme preto popis realizácie nášho klonu PMD-85/1. V krátkosti treba dodať, že verzie PMD-85/1, PMD-85/2, PMD-85/2A a PMD-85/3 boli navzájom čiastočne nekompatibilné a tiež väčšina softvéru vznikla práve pre model PMD-85/1. Treba tiež dodať, že PMD-85/1 komunikovalo s magnetofónom prostredníctvom USART 8251, čo znamená registrovo orientovaný pohľad na komunikáciu s magnetofónom. Je podstatne jednoduchšie emulovať prístup na magnetofónovú pásku po bajtoch

Tab. 1.

VIDEO DATA	BRIGHT	SYNC	COMPOSITE_VIDEO [V]
L	X	L	0 (synchro úroveň)
L	X	H	0,7 (úroveň čiernej)
H	L	H	1,0 (50 % jas)
H	H	H	1,4 (100 % jas = biela)

Tab. 3. Využitie adresného priestoru PMD-85/1

0x0000 až 0x7FFF	32 kB RAM
0x8000 až 0x8FFF	4 kB ROM firmware
0x9000 až 0xBFFF	12 kB neobsadené
0xC000 až 0xFFFF	16 kB VIDEORAM

s podporou handshake USART, ako emulovať čítanie z magnetofónovej pásky cez jeden bit (v reálnom čase), ako to bolo realizované u vyšších modeloch PMD. Je však pravda, že kvalita BASIC i firmware postupne u jednotlivých modelov stúpala, ale veľa softvérového vybavenia vzniklo pre PMD-85/1.

Cieľom konštrukcie bolo vyhotovenie zariadenia, z ktorého sa po pripojení napájacieho zdroja, PS/2 klávesnice a klasického televízora so vstupom kompozitného videa/SCART stane plnohodnotné PMD-85/1. Navyše s virtuálnou magnetofónovou kazetou 113 kB hier, medzi inými Manic Miner, Boulder Dash, Penetrator, Duch&Pampuch, Hlípa, Pampuch, Flappy, Wurmi či Saboter.

Na obr. 1 je znázornená obvodová schéma. Jeden z kľúčových prvkov konštrukcie je zvládnutie generovania úplného televízneho signálu v rozlíšení 288 x 256 pixelov, pričom každá šesťica pixelov v TV riadku má dvojitý grafický atribút, presne tak ako pôvodné PMD-85/1.

VIDEO D/A prevodník

Generovanie kompozitného videa (analogový signál) COMPOSITE_VIDEO umožňuje asymetrický D/A prevodník, realizovaný odporovou sieťou R1 až R4 a D1, D2, ktorá mixuje TTL videodáta VIDEO_DATA a synchronizačnú zmes SYNC do štandardného čiernobieleho videosignálu s amplitúdou asi 1 V_{šš}. Signál COMPOSITE_VIDEO je vyvedený na konektor Cinch V00. Vopred upozorňujem, že na jednovrstvovej doske s plošnými spojmi je nutné použiť prepajku medzi pinmi PAD1 a COMPOSITE_VIDEO. Obvod jasového atribútu, zložený z diód D1, D2 a rezistoru R2, zvýši jas zobrazovaného pixelu v prípade rovnakej hodnoty signálov BRIGHT = 1 a VIDEO_DATA = 1. Ja-

sový atribút BRIGHTNESS je softvérovo invertovaný po stlačení klávesy ALT+C. Opakované zatlačenie cyklicky prepína význam jasového atribútu. Napätové úrovne signálu COMPOSITE_VIDEO sú približne uvedené v tabuľke1, kde symboly logických úrovní H, L a X majú obvyklý význam. Z tabuľky je zrejme, že úrovne výstupného kompozitného signálu nie sú exaktne podľa odporúčania TV normy, ale neuberá to na funkčnosti zapojenia či ostrosť generovaného obrazu.

Tiež treba spomenúť fintu, ktorú používalo mnoho „8bitákov“ - namiesto generovania obrazu s 625 riadkami (čiže 2 rôzne polsnímky) s opakovacou frekvenciou 25 Hz sa generujú 312-riadkové polsnímky s opakovacou frekvenciou 50 Hz, čiže na TV obrazovke sú každé dva susedné riadky úplne zhodné. Zjednodušuje to logiku generovania, šetrí kapacitu videopamäte a obraz je ostrejší.

Pamäťový podsystem

K procesoru ATmega128 (IC1) je pripojená pamäť SRAM 128 kB (alebo 64 kB) IC2 v puzdre SOI s dobou prístupu 70 ns, z ktorej sa momentálne využíva iba prvých 64 kB.

Pamäť je adresovaná 17-bitovou adresnou zbernicou, vytvorenou z portov monolitického mikropočítača ATmega128 tak, aby procesor mohol v priebehu 2 taktov vyslať 16-bitovú časť adresy inštrukciou OUT. Šiestym adresným bitom sa prepína medzi dvoma 64 kB bankami pamäte a tento bit sa bežne nezúčastňuje adresnej aritmetiky. Podľa schémy na obr. 1 vidíme, že adresné bity 0 až 15 sú porozhadzované po portoch PB a PD na prvý pohľad neobvykle, tak, aby na jednovrstvovom plošnom spoji nevzniklo kríženie vodičov. Pamäť SRAM je necitlivá na výmenu poradia bitov adresnej a dátovej zbernice. Dátová obojsmerná zbernica je riešená pou-

Tab. 2. Využitie adresného priestoru ATmega128

interná FLASH, 64 k x 16 bitov (128 kB)	0x0000 až 0x0C9C	6,4 kB emulačný program - generovanie TV obrazu, emulácia 256 inštrukcií procesora 8080, obsluha klávesnice, emulácia ostatných periférií PMD-85/1
	0x0C9D až 0x1E9C	9 kB obsah ROM modulu pôvodného BASIC G
	0x1E9D až 0xFFFF	asi 113 kB, obsah magnetofónovej pásky PMDčka - hry a programy
interná EEPROM, 4 k x 8 bitov (4 kB)	0x0000 až 0x0FFF	4 kB ROM firmware PMD-85/1
interná RWM, 4 k x 8 bitov (4 kB)	0x0000 až 0x0FFF	4 kB - všeobecné použitie, zásobník, odkladanie častí obrazu pri zobrazení informácií o emulátore (po stlačení ALT+S),
externá RWM, 128 k x 8 bitov (128 kB)	0x00000 až 0x0FFFF	64 kB - Uloženie obrazu pamäte emulovaného PMD. Oblasť 0x08000 až 0x0BFFF je softvérovo chránená proti zápisu. Pri štarte emulátora sa skopíruje obsah internej EEPROM do oblasti 0x08000 až 0x0BFFF a následne sa spustí emulátor procesora 8080 od adresy 0x08000.
	0x10000 až 0x1FFFF	Oblasť nie je momentálne využitá, a preto môže byť doska plošného spoja osadená iba 64 kB SRAM

žitím celého 8-bitového portu PC. Signály čítania /RD a zápisu /WR sú generované 2 bitmi portu PA. Pamäť je trvalo vyberaná signálmi /E1 a E2.

Pre pamäť SRAM je použitý (odporúčaná) typ HYUNDAI HY628100B-70. Neodporúčam pamäť SAMSUNG K6X1008C2D, recenzent mal s ňou problém, aj v iných aplikáciách.

Takéto pripojenie externej pamäte RAM umožňuje zväčšiť priepustnosť pamäťového podsystemu oproti štandardne používanému zapojeniu z manuálu s použitím záchytného registra (ušetrí sa teda jeden integrovaný obvod, zjednoduší doska s plošnými spojmi). ATmega128 bohužiaľ nepodporuje lineárny pamäťový priestor externej RAM plných 64 kB, nakoľko vnútorná RAM a registre sú adresované tými istými inštrukciami ako externá pamäť. Aj z tohto dôvodu nie je použitie odporúčaného zapojenia externej pamäte podľa manuálu výhodné. Na emuláciu správania PMD je potrebných lineárnych 64 kB priestoru RAM, ktoré sú využívané podľa tab. 3.

Videoprocessor

Videoprocessor periodicky číta obsah videopamäte a zaisťuje generovanie TV signálu cez VIDEO D/A prevodník. Táto činnosť zaberá použitému mikroprocesoru ATmega128 približne $\frac{3}{4}$ z celkového strojového času. Zvyšná $\frac{1}{4}$ výkonu postačuje na simuláciu chovania procesora 8080, použitom v originálnom PMD-85. Pozrime sa podrobnejšie, ako a z čoho sa generuje videosignál.

Videopamäť je 16 kB pamäť RAM, logicky organizovaná do 256 riadkov po 64 bajtoch. Jeden riadok obsahuje 48 „viditeľných“ bajtov a 16 bajtov, ktoré sa nezobrazujú (doba spätného chodu TV lúča). Jeden bajt je podľa nasledovnej tabuľky organizovaný tak, že nesie informáciu o 6 pixeloch a k nim prislúchajúci 2-bitový atribút:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
BLINK	BRIGHTNESS	P0	P1	P2	P3	P4	P5

Zaujímavé je reverzné poradie pixelov P0 až P5, t.j. pixel vľavo má nižšiu bitovú váhu ako pixel ležiaci vpravo od neho v rámci každej šestickej pixelov. Takto organizovaný pamäťový priestor videopamäte umožňuje zobraziť obraz v rozlíšení 288 × 256 pixelov. Každá horizontálna šestickej pixelov môže byť zobrazená navyše v štyroch módoch:

BLINK	BRIGHTNESS	Zobrazenie
L	L	normálne
L	H	zvýšený jas
H	L	normálne + blikanie 1 Hz
H	H	zvýšený jas + blikanie 1 Hz

Najpracnejšou úlohou videoprocessora je serializácia jedného TV mikroriadku, t.j. rozklad 48 bajtov do 288 pixelov spolu s grafickými atribútmi v reálnom čase. To vyžaduje spracovať 48 bajtov počas 48 μ s, teda zvládnuť konverziu 8 Mb/s dát do 6 Mpx/s (megapixelov za sekundu). To znamená pre každý bajt vyslať adresu na adresnú zbernicu, prečítať ho, vyslať postupne 6 po sebe idúcich pixelov, inkrementovať ukazovatele Pri použití procesora ATmega128 taktovaného na 18 MHz by sme museli jeden pixel vygenerovať za 3 periódy hodín. Keďže bežne dostupný je procesor bežiaci na 16 MHz, bolo nutné urobiť kompromis a generovať nerovnako široké pixely. Dva pixely z každej šestickej sú skrátené na 2/3 šírky normálneho pixelu, aby 6 pixelov bolo vygenerovaných za 16 periód hodín, t.j. za 1 μ s. Pri takte 18 MHz sú pixely (po rekompilácii programu) rovnako široké. Frekvencia procesora je plne voliteľná konštantou v programe. Pri nastavení frekvencie (a rekompilácii) na nižšiu frekvenciu ako 16 MHz nie je možné generovať 288 pixelov na TV riadok, ale úmerne sa zníži počet pixelov na riadok. Napríklad pri 8 MHz je to 144 pixelov. Podotýkam o tejto možnosti - pri oživovaní konštrukcie

je možné začať s 8 MHz interným RC oscilátorom. Ale na reálne používanie je to veľmi pomalé, obraz sa trasie (pretože RC oscilátor je menej stabilný), je viditeľná iba asi polovica z každého TV riadku. Pri 8 MHz emulácia PMD nebeží už v reálnom čase, procesor je príliš pomalý.

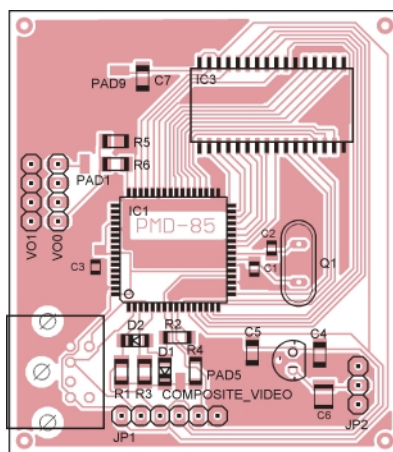
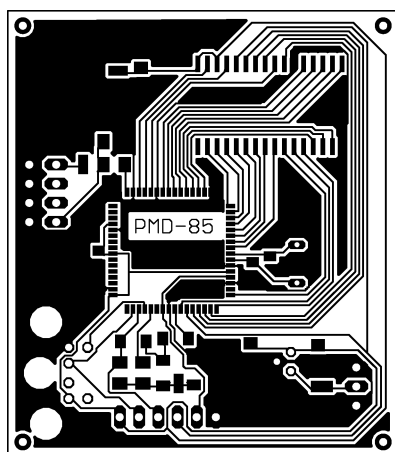
Serializácia videodát spolu s grafickými atribútmi je možná aj vďaka špeciálnemu rozloženiu signálov VIDEO_DATA a BRIGHT na porte PORTE, ktoré umožňuje využiť inštrukciu aritmetického posuvu vpravo (ASR). Blikací atribút BLINK je realizovaný čisto softvérovou.

Generovanie synchronizačných signálov

Na vytvorenie úplného kompozitného videa potrebujeme okrem modulačného signálu VIDEO_DATA taktiež synchronizačný signál SYNC. Horizontálny synchronizačný signál s opakovacou frekvenciou 15 625 Hz a šírkou impulzu 4,7 μ s negatívnej polarizácie je realizovaný interným PWM modulátorom vyvedeným na pine OC3A. Polohu horizontálneho synchronizačného impulzu je možné nastaviť takmer ľubovoľne vzhľadom na začiatok generovania TV mikroriadku - konštantou v programe. V súčasnej verzii sa 6 μ s po horizontálnom synchronizačnom impulze začína kresliť prvý pixel daného mikroriadku. Za jednu sekundu sa teda zobrazí 15 625 mikroriadkov, čo tvorí 312 mikroriadkov s opakovacou frekvenciou 50,08 Hz. Je zvolené neprekľadané riadkovanie, t.j. susedný páry aj nepáry snímok sú totožné. (Klasická TV norma uvažuje o 625 TV riadkoch, ktoré sa prenášajú s opakovacou frekvenciou 25 Hz systémom: najprv páry snímok tvorený 312,5 riadkami a potom nepáry snímok 312,5 riadkov. 312,5-riadkové snímky sa teda prenášajú frekvenciou 50 Hz.)

Z celkovej počtu 312 mikroriadkov sa aktívne zobrazuje 256 mikroriadkov. Zvyšné mikroriadky sú nepoužité, alebo slúžia na prenos snímkových (vertikálnych) synchronizačných impulzov. Vertikálny synchronizačný impulz tvorí 5 TV mikroriadkov tvorených s predĺženým horizontálnym synchronizačným impulzom na 32 μ s. Polohu - vertikálne a horizontálne posunutie obrazu je možné zmeniť v programe práve posunutím synchronizácie. Jedná sa o zjednodušené implementovanie TV normy. Konštrukcia bola overená na televízoroch: CTV 2134A a ďalších. Pri vývoji obslužného programu bola odhalená nutnosť generovať vertikálny synchronizačný impulz ako päťicu predĺžených horizontálnych impulzov na 32 μ s. Jeden impulz proste niektorým TV prijímačom jednoducho nestačil na snímkovú synchronizáciu.

(dokončenie nabudúce)



Obr. 2 a 3. Doska s plošnými spojmi emulátora PMD a rozmiestnenie súčiastok na doske

Urob si sám PMD-85

Ing. Peter Chrenko

(Dokončenie)

Emulácia procesora 8080

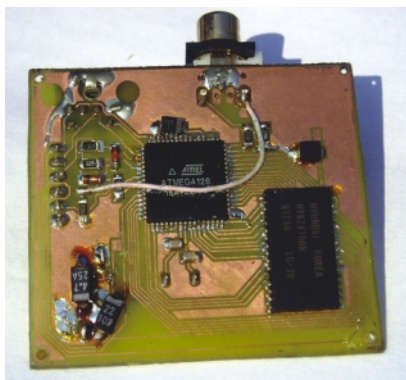
Keďže procesor ATmega128 je vyťažovaný generovaním videosignálu, vygenerovanie každého TV mikroriadku trvá asi 50 μ s zo 64 μ s. Zvyšný čas spätného chodu lúča asi 12 μ s je využitý práve na emuláciu správania procesora Intel 8080 a ostatných obvodov PMD.

Doska s plošnými spojmi (DPS)

Motív plošných spojov bol navrhnutý tak, aby doska bola jednostranná, ako vidíme na obr. 2. Najpracnejšou úlohou bolo zabezpečiť nekříženie vodičov, čo sa takmer podarilo až na jeden signál, ktorý je nutné viesť prepojkou medzi PAD1 a COMPOSITE_VIDEO (CINCH) konektorom. Aby sa ostatné signály na DPS nekřížili, to sa podarilo najmä vhodným priradením signálov I/O portov procesora ATmega128, na schéme je to vidieť ako nelogické poprehadzovanie jednotlivých signálov adresnej a dátovej zbernice. Taktiež niektoré bity I/O portov sú použité iba na rozvod iných signálov alebo napájania, najmä v priestore pod procesorom.

Dosku som vyrobil fotocestou. Pri výrobe je veľmi nutné dodržať bezpečnosť pracoviska vzhľadom na šírku spojov (10 mil) a medzier.

Na vyčistenú vyvolanú, vyleptanú a vyvrátnú DPS odporúčam naniesť vrstvu roztoku kolofónie v liehu, nechať chvíľu odschnúť a nalepiť procesor na zodpovedajúce miesto na DPS. Odporúčam ho zafixovať spájkovačkou aspoň na krajných ôsmich pinoch puzdra TQFP 64. Podobne nalepiť do kolofónie a zafixovať aj pamäť a ostat-



Obr. 3. Pohľad na stranu súčiastok emulátora PMD-85

né súčiastky. Čiže začíname osádzaním súčiastok od najdrahších s najviac vývodmi. Je to tým, že na osadenie 64-pinového „švába“ budete potrebovať priestor na jeho posúvanie v kolofónii pinzetou. Taktiež je vhodné osadiť súčiastky s klasickými vývodmi, prv než kolofónia vytvrdne.

Na montáž súčiastok SMD stačí použiť klasickú transformátorovú spájkovačku, na ktorej hrot upevníme tenký drôtik na naberanie mikrovkapiiek spájky. Kolofóniou dosiahneme, aby sa nezlepili piny súčiastok SMD.

Prvú vrstvu kolofónie odporúčam zotrieť liehom, nechať odschnúť a naniesť novú vrstvu roztoku kolofónie.

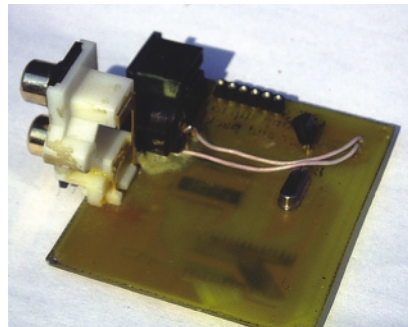
Oživenie konštrukcie

Po správnom osadení všetkých súčiastok a konektorov vyskúšajte pripojiť prúdovo obmedzený zdroj napätia (napr. adaptér) asi 9 až 15 V jednosmerných na napájací konektor. Na napájacích pinoch procesora skontrolujte prítomnosť napájacieho napätia +5 V. Ak je napájanie procesora v poriadku, pripojte ISP programátor na zbernicu SPI a skontrolujte opäť napätie, či pripojený programátor nemá veľkú spotrebu. Otestujte funkčnosť ISP SPI rozhrania napríklad prečítaním FLASH/EEPROM/fuse bitov z procesora.

Následne je možné prikročiť k nastaveniu poistiek (fuses) procesora a nahratiu obsahu pamäte FLASH a EEPROM do procesora ATmega128.

Download programu z PC

Na nahratie (upload) emulačného programu do pamäte FLASH a EEPROM a nastavenie poistiek (fu-



Obr. 4. Pohľad na stranu konektorov (CINCH - COMPOSITE_VIDEO, CINCH - SOUND_OUT, JACK - napájanie, PS/2 - klávesnica, SIP6 - ISP programátor)

ses) procesora ATmega128 využíva rozhranie SPI vyvedené na konektore JP1 (ISP). Pretože niektoré signály rozhrania sú používané aj rozhraním k PS/2 klávesnici, je bezpodmienečne nutné pred uploadom ju odpojiť, pretože klávesnica by prenos rušila. Počas uploadu môžeme na pripojenom TV sledovať horizontálne čiary, indikujúce prebiehajúci prenos – podobne ako kedysi na legendárnom ZX Spectre pri nahrávaní programov z magnetofónovej pásky. Na upload súborov cez SPI rozhranie sa osvedčil program PonyProg a avr-dude z balíka utilít WinAVR.

Nastavenie poistiek (fuses) procesora

Na prepnutie procesora do módu ATmega128 a použitie externého kryštálu 16 MHz je potrebné nastaviť poistky takto:

```
fuse_high_byte = 0x81
fuse_low_byte = 0xFE
fuse_ext_byte = 0xFF
```

To znamená:

```
EESAVE = 0
M103C = 1
BOOTSZ1 = 0
BOOTSZ0 = 0
SPIEN = 0
CKOPT = 0
CKSEL3 = 1
CKSEL2 = 1
CKSEL1 = 1
CKSEL0 = 0
```

Ostatné poistky nastaviť na hodnotu 1 (zakúpený procesor by mal mať tak nastavené). Nula v tabuľke znamená naprogramovaný bit (prepálená poistka). Upozornenie - ATmega128 je od výroby prednastavená v režime kompatibility s ATmega103, je nutné preto nastaviť správne poistky podľa tejto tabuľky, inak obslužný program nebude fungovať správne.

Upload obsahu FLASH a EEPROM do procesora ATmega128

Potrebné dátové súbory sú k dispozícii na www.aradio.cz. Po stiahnutí a rozbalení súboru *pmd-emu.zip* sú v adresári code/ predkompilované obsahy EEPROM pamäte *pmd.eep* a FLASH pamäte *pmd.hex*. S ich uploadom by ste nemali mať žiadne problémy. V prípade úspešného nahratia dát do pamäti (a správnom nastavení poistiek) by ste mali na pripojenom TV prijímači káblom CINCH-SCART prečítať hlásenie:

**** PMD-85 READY /1.0 ****

Následne stačí odpojiť ISP programátor a zasunúť PS/2 konektor AT klávesnice a môžete začať pracovať s vaším novým PMD. ISP programátor a klávesnica nesmú byť zapojené súčasne, pretože klávesnica zdieľa port spolu s ISP programátorom.

Ako do procesora napáliť progra-