

Stolní přehrávač mp3

Stanislav Mašláň

Už minimálně rok není možné postavit v kusovém množství mp3 přehrávač, který by cenou mohl konkurovat komerčně vyráběným. Proto jsem se původně do stavby vůbec nechtěl pouštět. Po nezávazných experimentech s řízením pevného disku a práci se souborovými systémy FAT16 a FAT32 mi jako vedlejší produkt vznikl jednoduchý přehrávač souborů PCM WAV. Zde už však stačilo místo převodníku D/A připojit vhodný mp3 dekodér, takže jsem se rozhodl to vyzkoušet. Výsledkem mého snažení je tato konstrukce.

Základní parametry

Podporované formáty:

MP3 (CBR, VBR, ABR), WMA,
PCM WAV, IMA ADPCM WAV,
MIDI SMF 0, MOD.

Paměťová média:

ATA HDD (zatím do 128 GB),
CF karta.

Formát dat:

FAT32/16/12 s podporou
fragmentace dat,
libovolná partition.

Displej: EL16032A (160x32 pixelů,
s řadičem ST7920).

Ovládání: 7 tlačítek,
3 rotační enkodéry.

Napájení: síť 230 V nebo
+12 V a +5 V.

Odběr: méně než 18 W s běžným
diskem 40 GB, bez zesilovače.

Odstup signál/šum: 70 dB.

Funkce:

digitální regulace hlasitosti,
hloubek a výšek,
podpora dvou úrovní adresářů,
podpora dlouhých názvů a tagů.

Popis konstrukce

Pro čistě softwarové dekódování souborů mp3 by byl zapotřebí velmi výkonný signálový procesor (DSP) a naprogramovat kvalitní dekodér mp3 je pro jednoho člověka téměř nemožný úkol, který by trval mnoho měsíců. Naštěstí už řadu let existují dekodéry mp3 ve formě samostatných obvodů, se kterými lze pracovat jako s koprocesory nebo jsou přímo součástí jednočipových mikroprocesorů (dále jen MCU).

Mezi nejznámější obvody patří především následující tři. Prvním z nich je obvod STA013 od firmy ST. Tento obvod umožňuje dekódování víceméně všech běžných formátů mp3 včetně některých VBR (proměnlivý datový tok), má integrován digitální regulátor hlasitosti, hloubek a výšek. Vyžaduje externí D/A převodník. Pracuje se s ním jako s koprocesorem,

takže do něj stačí po jedné sériové sběrnici posílat mp3 data a po druhé sběrnici řídit příkazy.

Dalším známým obvodem je AT8xC51SND1 od firmy ATMEL. Tento obvod je už postarší, takže nepodporuje všechny běžné formáty mp3, zato však jde o MCU s integrovaným dekodérem, takže už stačí připojit jen externí převodník D/A a všechny periferie může řídit sám. Mimo jiné má integrováno i rozhraní USB.

Posledním a dle mého názoru nejlepším typem dekodérů jsou obvody od firmy VLSI. Nejdříve to byl známý obvod VS1001, který bez přetaktování dokáže dekódovat všechny běžné mp3 do datového toku 256 kbit/s včetně VBR. Následovaly obvody VS1011, VS1002 a zatím nejnovější typ VS1003, který umí dekódovat mp3 všech datových toků (VBR i ABR), dále WMA soubory snad všech formátů, PCM WAV, IMA ADPCM WAV a nakonec i MIDI soubory s omezeným počtem nástrojů. Všechny tyto obvody obsahují už i převodník D/A a zesilovač pro sluchátka, což umožňuje značně zredukovat počet součástek i odběr. Pracuje se s nimi jako s koprocesory, ale mají v sobě navíc několik kilobajtů paměti RAM na uživatelský kód, který mimo jiné umí samy nabootovat z externí EEPROM, takže mohou pracovat i bez dalších obvodů. Dále VS1003 obsahuje digitální regulátor hloubek, výšek a hlasitosti. Na rozdíl od prvního obvodu VS1001 disponuje asi dvojnásobným výkonem, takže může i při maximálním datovém toku provádět ještě další operace; lze realizovat ekvalizér či spektrální analyzátor. Pro svůj přehrávač jsem si vybral právě tento obvod.

Byť jsem neměl šanci získat součástky za takovou cenu, abych se cenou mohl svou konstrukci alespoň bližít komerčním výrobkům, snažil jsem se cenu zařízení držet co nejnižší, ovšem ne zase tolik, aby byly příliš „očesaný“ její funkce a zhoršena ovladatelnost. Největším problémem byl



displej LCD. Základní představa byla velký grafický modul, ale při pohledu na několikatisícové položky jsem si nechal zajít chuť a zvolil to „největší“ za nejméně peněz – grafický modul 160 x 32 pixelů, který umožní zobrazovat alespoň 2 řádky pěkného proporcionálního fontu o asi 30 znacích na řádek s plnou podporou češtiny. Přehrávač je ovládán sedmi tlačítky a rotačními enkodéry, známými například z některých monitorů. Naprogramovat rozhraní USB je poměrně složitá záležitost, takže jsem se o to zatím vůbec nepokoušel. Pro nahrávání skladeb se disk musí připojit přímo do PC.

Popis zapojení

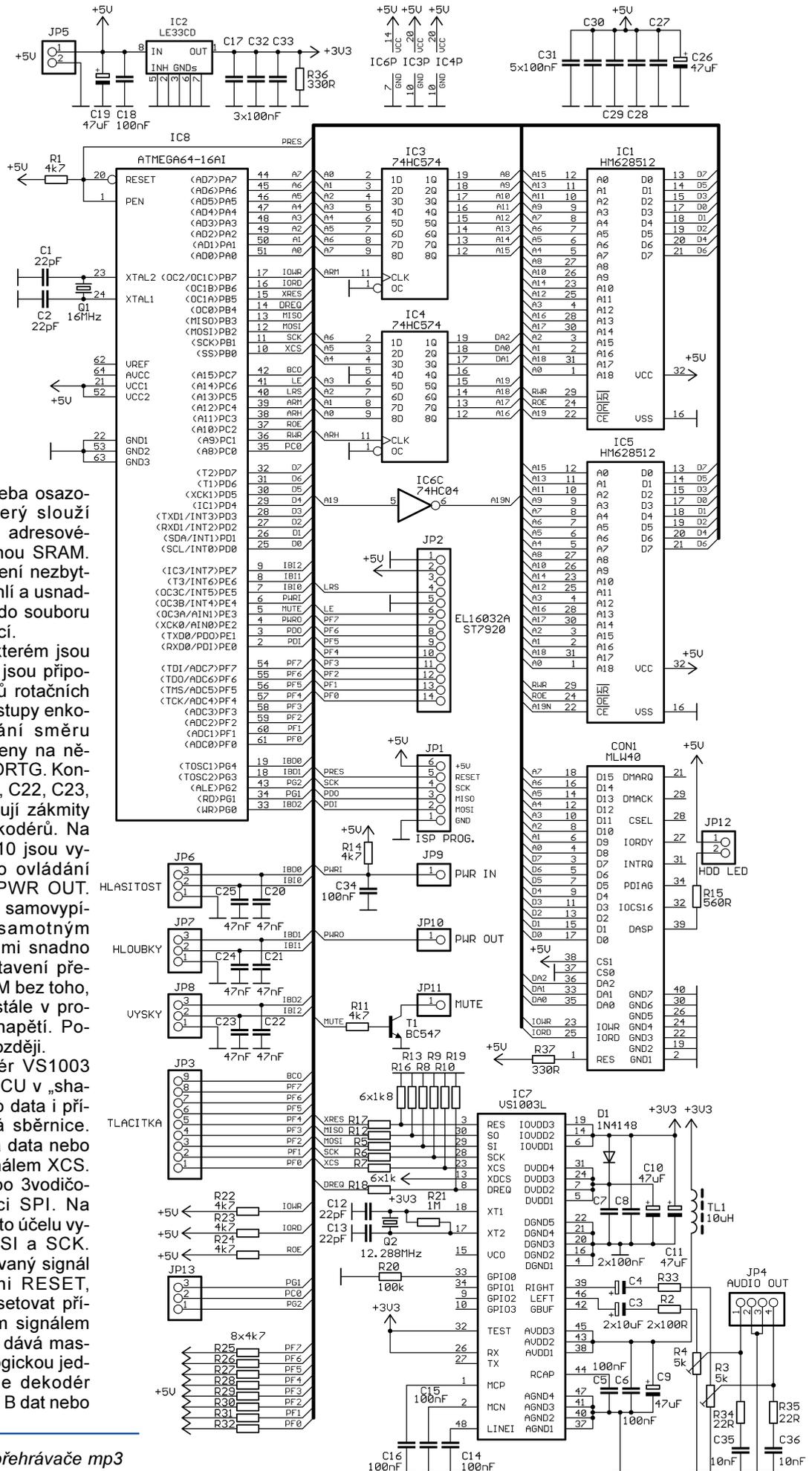
Jádrum celé konstrukce je relativně výkonný MCU ATmega64-16A1, taktovaný krystalem Q1 na maximálním kmitočtu 16 MHz. Disponuje pamětí FLASH 64 kB na program, kterou lze až 10 000x přeprogramovat. Podporuje sériové programování v zapojení – ISP. K tomuto účelu je na desce s plošnými spoji konektor JP1 označený jako ISP PROG. LCD je grafický typ EL16032A s řadičem ST7920 s rozlišením 160 x 32 pixelů. Kontrast má výborný ze všech úhlů, ovšem přímým jednoho bajtu mu trvá neskutečných 72 μs, a proto obnovení celého obrazu trvá až 50 ms. To je poměrně dost, takže jsem musel displej LCD přiřadit vlastní port PORTF, na němž obnovování obrazu přes přerušení nebude brzdit ostatní obvody sběrnice. Na stejný port jsou připojena i ovládací tlačítka, protože jsou čtena jen asi 20x za sekundu. Napájení podsvětlení LCD se připojuje přímo k desce zdroje (+5 V).

PORTD slouží jako datový pro nižších 8 bitů dat z pevného disku a zároveň jsou tudy přenášena data z externí SRAM. PORTA slouží jednak pro přenos vyšších 8 bitů dat z disku a přes buffery IC3 a IC4 adresuje statickou RAM IC1 a vybírá registr pevného disku. Posledními signály, které jsou ještě k řízení disku potřebné, jsou hodinové vstupy pro čtení/zápis dat z/do disku IORD a IOWR. Reset disku je zbytečný, protože disk se po při-

pojení napájení stejně jako MCU resetuje automaticky (Power On Reset). Disk se k desce přehrávače připojuje přes standardní konektor CON1 typu MLW40. Na JP12 lze připojit LED pro signalizaci práce disku. Externí paměť SRAM IC1 je velká 512 kB. Pro případné rozšiřování konstrukce lze připojit další 512 kB SRAM jako IC5. Všechny vývody IC1 a IC5 mimo CE (chip enable) jsou spojeny paralelně. Pokud je použit jen IC1, není třeba osazovat obvod IC6, který slouží pouze k získání 20. adresového bitu pro rozšířenou SRAM. Externí RAM sice není nezbytná, ale značně urychlí a usnadní náhodný přístup do souboru a pár dalších operací.

Na PORTE, na kterém jsou přerušovací vstupy, jsou připojeny jedny z výstupů rotačních enkodérů. Druhé výstupy enkodérů, pro zjišťování směru otáčení, jsou připojeny na některé z pinů portu PORTG. Kondenzátory C20, C21, C22, C23, C24 a C25 odstraňují zákmity kontaktů těchto enkodérů. Na konektor JP9 a JP10 jsou vedeny signály pro ovládání zdroje PWR IN a PWR OUT. Zdroj je řešen jako samovypínací, ovládaný samotným MCU, takže lze velmi snadno zajistit uložení nastavení přehrávače do EEPROM bez toho, aby musel být neustále v provozu nějaký zdroj napětí. Podrobněji ke zdroji později.

Samotný dekodér VS1003 IC7 komunikuje s MCU v „share módu“, kdy je pro data i příkazy sdílána stejná sběrnice. Zda jsou přenášena data nebo příkazy, se volí signálem XCS. Data se přenášejí po 3vodičové sériové sběrnici SPI. Na VS1003 jsou k tomuto účelu vyraženy piny SO, SI a SCK. Dále je třeba zmiňovaný signál XCS, neuškodí ani RESET, i když lze obvod resetovat příkazem, a posledním signálem je DREQ. Tento pin dává master obvodu (MCU) logickou jedničkou signál, že je dekodér schopen přijmout 32 B dat nebo



Obr. 1. Zapojení přehrávače mp3

jeden příkaz. Obvod VS1003 má celkem tři napájecí napětí. Předně je to napájení analogové části AVDD (3,3 V), které je od integrovaného stabilizátoru IC2 LE33 vedeno přes malou tlumivku TL1 kvůli zmenšení rušení pronikajícího z digitální části. Druhým napájecím napětím je IO-VDD, kterým lze přizpůsobit logické úrovně digitálních signálů jiné logice. Bohužel může být jen 3,6 V, takže je napájeno rovněž ze stabilizátoru 3,3 V. Poslední napětí je DVDD, což je napájení jádra obvodu. Pro zmenšení odběru je maximálně 2,7 V. Další stabilizátor jsem už přidávat nechtěl, takže jsem napětí jednoduše zmenšil diodou D1, což je, jak jsem později zjistil, jedna z experimentálních možností i podle dokumentace od VLSI. Lze použít libovolnou křemíkovou diodu, ale v žádném případě nelze použít Schottkyho, protože má menší úbytek napětí!

Logiku pracující s napětím 3,3 V je tedy třeba přizpůsobit ke zbytku logiky 5 V. Dost často se k tomu používá obvod 74LVC245, ale jak se ukázalo, tak pro směr 5 V/3,3 V stačí obyčejný odporový dělič i na maximální přeno-

sové rychlosti 8 Mbit/s. Pro opačný směr převodu lze signály spojit přímo, protože jsou napěťové úrovně stále v mezích katalogových údajů. I tak je však mezi 5 V a 3,3 V zapojen dělič pro případ, že by se vlivem chyby programu na vstupním pinu MCU objevila „tvrdá“ log. 1. Přenos do MCU navíc probíhá jen na 2 Mbit/s, takže tento jednoduchý převodník musí fungovat.

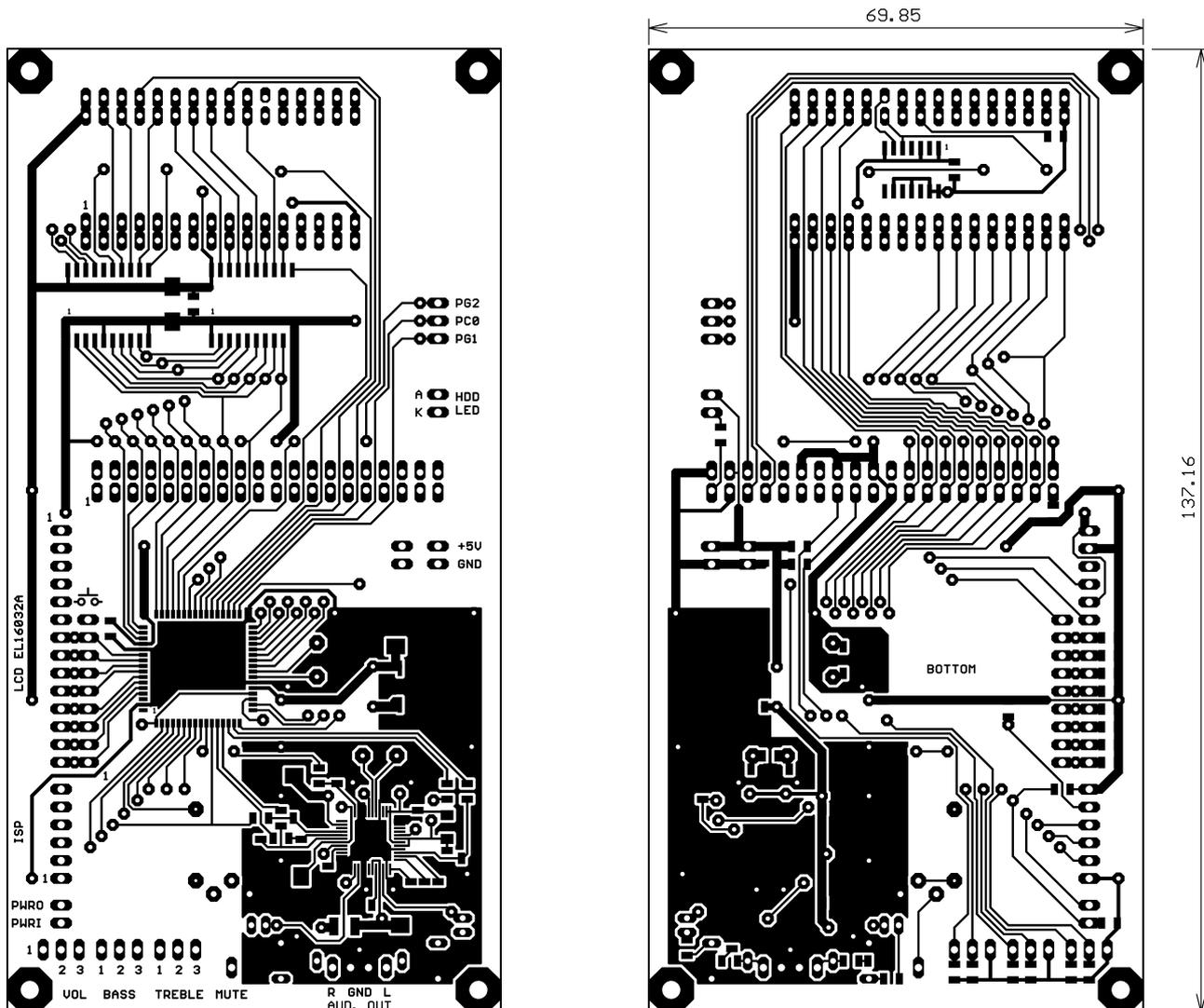
Dekodér IC7 je taktován krystalem Q2 s kmitočtem 12,288 MHz. Interním násobičem je však obvod taktován na zvolený násobek tohoto kmitočtu. Vstupy pro mikrofon ani linkový vstup nejsou využity, takže jsou pro střídavé signály uzemněny kondenzátory C14, C15 a C16. Pin GPIO0 k ovládání bootování je přes R20 uzemněn – nebootuje se z externí EEPROM. Analogové výstupy LEFT a RIGHT jsou přes ochranné rezistory R2 a R33 a vazební kondenzátory C3 a C4 přivedeny na trimry R3 a R4 pro nastavení úrovně výstupního napětí. Rezistory R2 a R33 jsem přidal podle rady technické podpory firmy VLSI. Bez těchto rezistorů prý energie uložená ve vazebních kondenzátorech C3 a C4 při vybití přes výstupy VS1003 může tyto

výstupy poškodit, což se mi s největší pravděpodobností u mého prototypu stalo. Sériové RC členy R34, C35 a R35, C36 za trimry zvětšují odolnost výstupů proti statické elektřině.

Posledními výstupy MCU jsou výstup MUTE na konektoru JP11 a tři zbývající nevyužité piny na konektoru JP13. Výstup MUTE je proudově posílen tranzistorem T1. Tímto výstupem lze buďto ovládat vstup MUTE koncového zesilovače, nebo zatlumit audio-výstupy vhodným relé. Takto lze odstranit „lupnutí“ v reproduktorech při resetu dekodéru, který proběhne před každou skladbou.

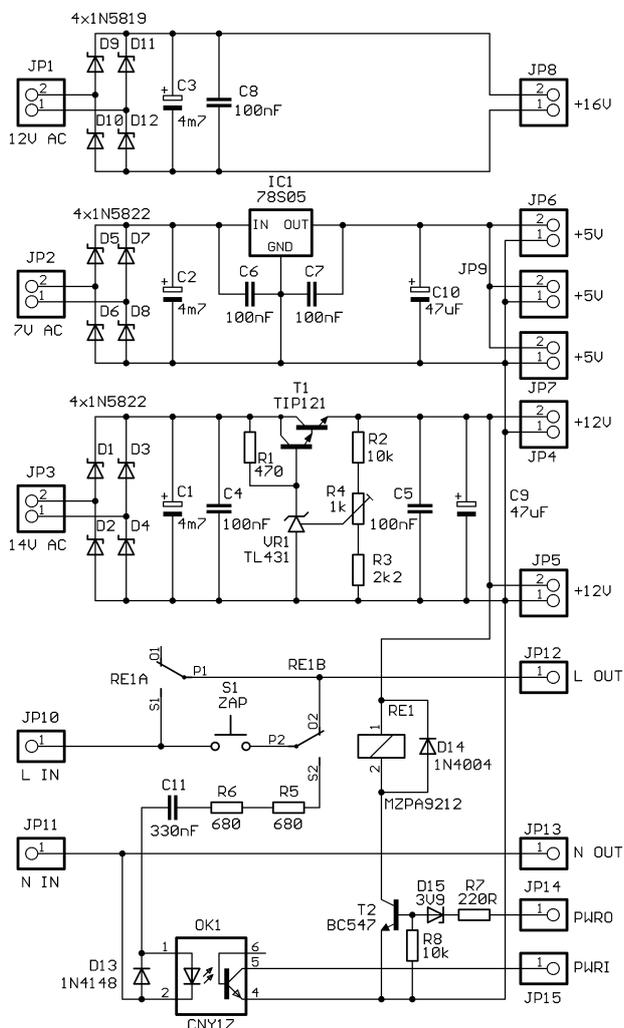
K napájení celé desky přehrávače stačí jedno napájecí napětí +5 V přivedené na konektor JP5.

Napájecí zdroj je vyřešen samostatně pro +5 V a +12 V, protože lineární stabilizátor z 12 na 5 V by měl dost velký ztrátový výkon. Na desce je ještě třetí usměrňovač pro případný koncový zesilovač. Napájet ho z +12 V díky rušení z disku není nejvhodnější nápad a navíc by země měly být spojeny jen signálovým kabelem, jinak tečou proudy, kudy nemají, a na výstupu je slyšet brum a



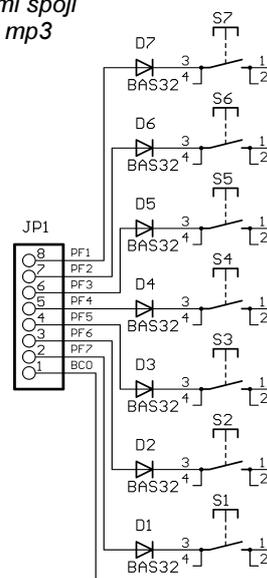
Obr. 2. Deska s plošnými spoji přehrávače mp3

bzučení. Zdroj +5 V je napájen z vinutí transformátoru s efektivním napětím 7 V, usměrněným Schottkyho diodami D5 až D8 kvůli menším úbytkům. Stabilizátor IC1 78S05 je verze pro proud 2 A a měl by být umístěn nejlépe ne na desce, ale na chladiči na zadním panelu. Přívod k němu musí být dlouhý do 5 cm, jinak je třeba kondenzátory C6 a C7 připojit přímo na IC1. Zdroj +12 V je napájen z vinutí



Obr. 4. Deska s plošnými spoji zdroje pro přehrávač mp3

Obr. 3. Napájecí zdroj pro přehrávač mp3



Obr. 5. Zapojení tlačítek ovládacího panelu

s výstupním napětím 14 V. Usměrnění je opět Schottkyho diodami D1 až D4. Pro bezpečný rozběh disku je třeba udržet napětí nad 11 V i během proudové špičky kolem 3 A při roztáčení ploten. Nechtěl jsem spoléhat na klasické 78S12 pro proud 2 A, takže je stabilizátor vyřešen s obvodem VR1 TL431 a Darlingonovým tranzistorem T1, který musí být rovněž umístěn na chladiči. T1 má však na kovové chladičí plošce kolektor, takže musí být k chladiči přišroubovaný přes izolační podložku (na kolektoru je asi +17 V). Napětí se nastavuje trimrem R4 na přesně +12 V. Zdroj pro koncový zesilovač je jen pro nižší výkony a není stabilizovaný. Případně ho lze z desky odstříhnout.

Na desce zdroje je také zapínací/vypínací obvod. Po zvážení několika

možností jsem nakonec došel k následujícímu řešení: Ve vypnutém stavu je fáze pouze na jednom z kontaktů tlačítka ZAP a zdroj neobdělává žádný proud. Po stisku tlačítka je fáze přes rozpinací kontakt RE1B vedena k transformátoru. Nabijí se filtrační kondenzátory zdroje a proběhne reset MCU. MCU ihned po resetu nastaví log. 1 na pin PWR OUT. Přes T2 se sepne relé RE1 a kontakt RE1A přebere proud tlačítkem. Zároveň kontakt RE1B přepojí výstup tlačítka do snímacího obvodu. Fáze je při stisku tlačítka vedena přes rezistory R5, R6 a kondenzátor C11, který omezí proud procházející LED optočlenu OK1. Diode D13 chrání LED v závěrném směru. Výstup OK1 je veden zpět k MCU přes pin PWR IN. Asi 8 sekund po zapnutí zdroje MCU tento signál ignoru-

je, takže do této doby se předpokládá uvolnění tlačítka. Po uplynutí této doby už jakýkoliv záporný impuls na pinu PWR IN způsobí ukončení programu a vypne zdroj. Zenerova dioda D15 v sérii s bázi tranzistoru T2 napomáhá vypnutí, protože MCU má při klešajícím napětí zdroje tendenci resetovat se a znovu přitáhnout kotvu relé. Díky úbytku na diodě D15 už však T2 nesezne.

(Pokračování příště)