

Univerzální digitální předzesilovač TLE-3

Ivo Stražil

Článek popisuje konstrukci ekvalizéru, kompresoru dynamiky a přepínače/směšovače vstupů pro domácí hifi nebo poloprofesionální použití. Vysoké kvality a flexibility zařízení je dosaženo použitím plně digitálního zpracování zvuku. Přístroj má jako jeden ze vstupů vestavěné digitální USB zvukové rozhraní.

Technické parametry

Napájení: 230 V, 12 W (3 W stand-by).
Vstupy: 1 USB digitální rozhraní, 3 linkové nesymetrické, 1 linkový přepínatelný symetrický/nesymetrický.
Výstupy: 2 + 2 stereofonní nebo 4 monofonní
Odstup THD+N: -94 dB min.
Vnější rozměry: 254 x 178 x 76 mm.

Koncepce

Zařízení (viz blokové schéma na obr. 1) je koncipováno jako stereofonní se čtyřmi analogovými vstupy (z nich je jeden možné přepnout do symetrického režimu), jedním USB digitálním vstupem a čtyřmi stereofonními výstupy.

Deska audioprocesoru zpracovává veškerý zvuk: signály z analogových vstupů se převádí trojicí převodníků A/D na digitální data v nekomprimovaném formátu I²S se vzorkovací frekvencí 96 kHz a rozlišením 24 bitů. Datový tok z integrovaného obvodu USB rozhraní (44,1 kHz, 16 bitů) se převádí do stejného formátu a všechna vstupní data poté vstupují do dvojice integrovaných audioprocesorů DSP, které spolu zpracovávají až šest monofonních kanálů současně. Zpracovaná zvuková data jsou poté převodníkem D/A převedena na výstupní analogový signál.

Deska řízení obsahuje mikrokontrolér ATmega64, který ovládá audioprocesory pomocí sběrnice I²C a umožňuje nastavení parametrů přístroje pomocí ovládacích prvků, umístěných na DPS předního panelu, a grafického LCD displeje.

Deska zdroje zásobuje obvody přístroje odděleným napájením 5 V (digitální část) a 8 V (analogová část).

Popis formátu I²S

V úvodu uvedu ještě popis používaného digitálního formátu zvukových dat - I²S. Vždy se přenáší dva kanály (tj. jeden stereofonní signál), sběrnice má jeden datový vodič a dva vodiče s hodinovými frekvencemi, které bývají společné pro více signálů.

I²S je synchronní sériový formát (viz obr. 2). Logická úroveň na vodiči LRCLK (left/right clock) určuje, zda se přenáší data levého nebo pravého kanálu. Sériová data, určující hodnotu signálu, se odesílají od nejvyššího po nejnižší bit synchronně s hodinovým signálem BCLK (bit clock; někdy se značí SCLK - system clock). Přenos začíná jednu periodu BCLK po změně úrovně signálu LRCLK.

Celý systém ještě bývá taktován „hlavním“ hodinovým signálem MCLK (master clock). Všechny hodinové signály musí být navzájem synchronní v určitých poměrech - toho se dosahuje použitím jednoho oscilátoru a odvozením signálů MCLK, BCLK a LRCLK pomocí binárních děliček. Například u popisovaného přístroje je frekvence krystalového oscilátoru 12,288 MHz (a současně frekvence hlavních hodin MCLK), z ní se dělením dvěma získá frekvence BCLK 6,144 MHz a dalším dělením 64 získáme frekvenci 96 kHz shodnou s po-



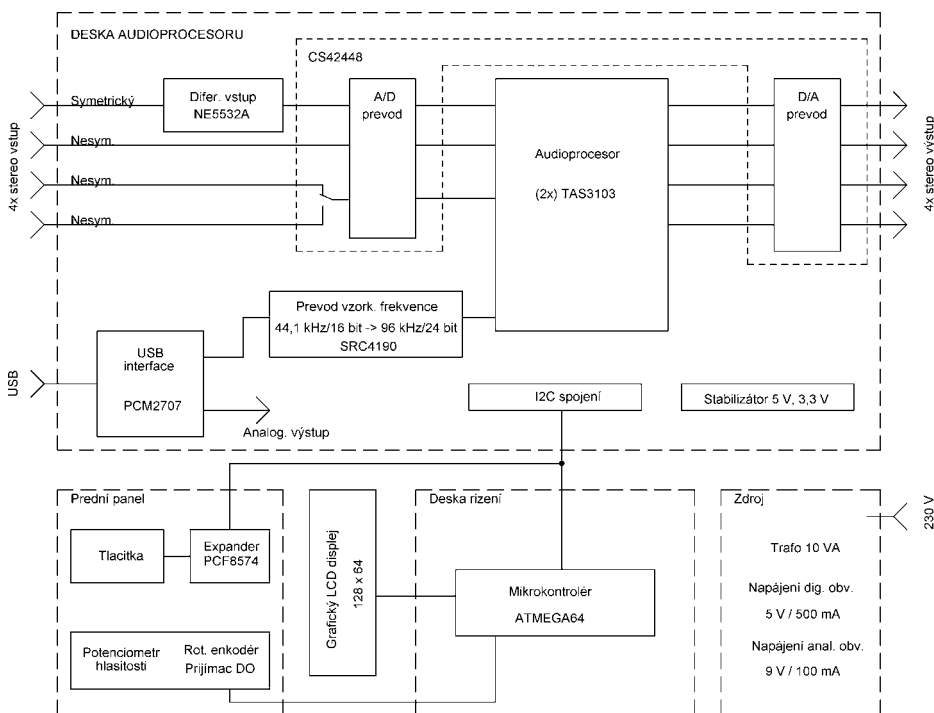
žadovanou vzorkovací frekvenci pro vodič LRCLK (tj. přenáší se 2x 32 bitů dat během jedné periody LRCLK, z toho využíváme jen 2x 24 bitů).

Použité integrované obvody

Vzhledem k faktu, že popisovaná konstrukce používá několik zajímavých integrovaných obvodů, které nejsou v ČR příliš rozšířeny, ve stručnosti hlavní z nich popíši.

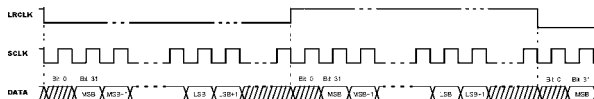
CS42448 - kodek

Obvod firmy Cirrus Logic (obr. 3) obsahuje šest převodníků A/D a osm převodníků D/A s rozlišením 24 bitů, maximální vzorkovací frekvenci 192 kHz a celkovým odstupem THD+N -95 dB. Převodníky A/D mohou mít symetrický nebo nesymetrický vstup; jeden z převodníků A/D je v nesymetrickém režimu doplněn přepínačem dvou stereofonních vstupů. Převodníky D/A jsou vybaveny regulací hlasitosti a plynulým náběhem výstupního napětí po zapnutí napájení, který zajišťuje zapnutí bez lupanců v reproduktorech. Všechny převodníky mají inte-

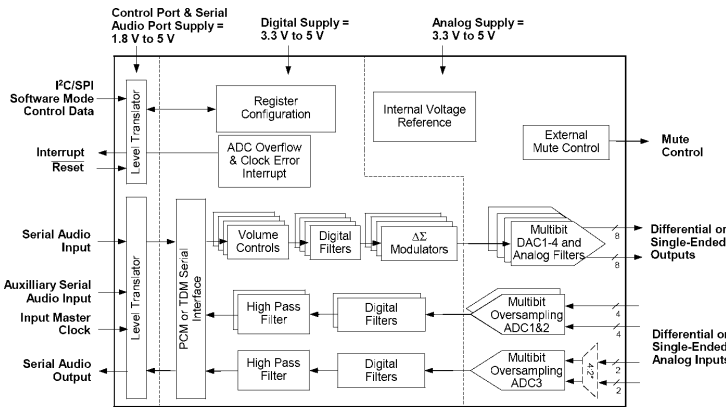


Obr. 1. Blokové schéma

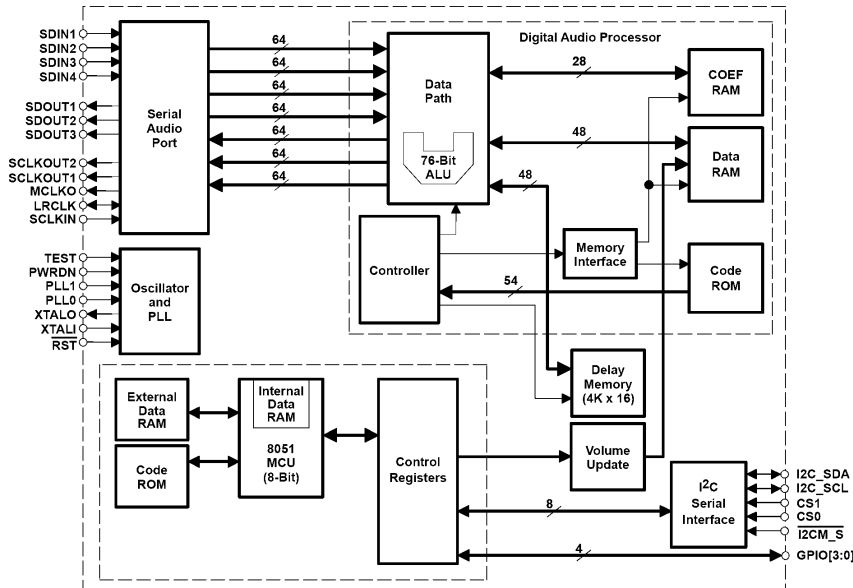
Obr. 2. Průběhy na sběrnici I²S



Obr. 3. Blokové schéma obvodu CS42448



Obr. 4. Blokové schéma obvodu TAS3103



gované antialiasing filtry. Obvod se dodává v pouzdře LQFP 64.

PCM2707 - USB rozhraní

Speciální obvod firmy Texas Instruments tvoří kompletní jednočipovou USB zvukovou kartu s analogovým sluchátkovým a digitálním I²S výstupem, pracující s rozlišením 16 bitů a vzorkovací frekvencí 32, 44,1 nebo

48 kHz. Pomocí řídicího rozhraní obvodu je možné simulovat funkce multimediální klávesnice. Obvod má 32vypodové pouzdro TQFP.

SRC4190 - převodník vzorkovací frekvence

Aby bylo možné spojit výstup obvodu PCM2707 se vstupy audioprocesoru TAS3103, pracujícího s vyšší

vzorkovací frekvencí, je použit převodník vzorkovací frekvence. Tento obvod převádí data mezi vzájemně nesynchronizovanými digitálními zvukovými rozhraněními s libovolnými vzorkovacími frekvencemi bez zřetelné ztráty kvality (THD+N -125 dB při dynamickém rozsahu 128 dB). Obvod je dodáván v pouzdře SSOP 28.

TAS3103 - audioprocesor

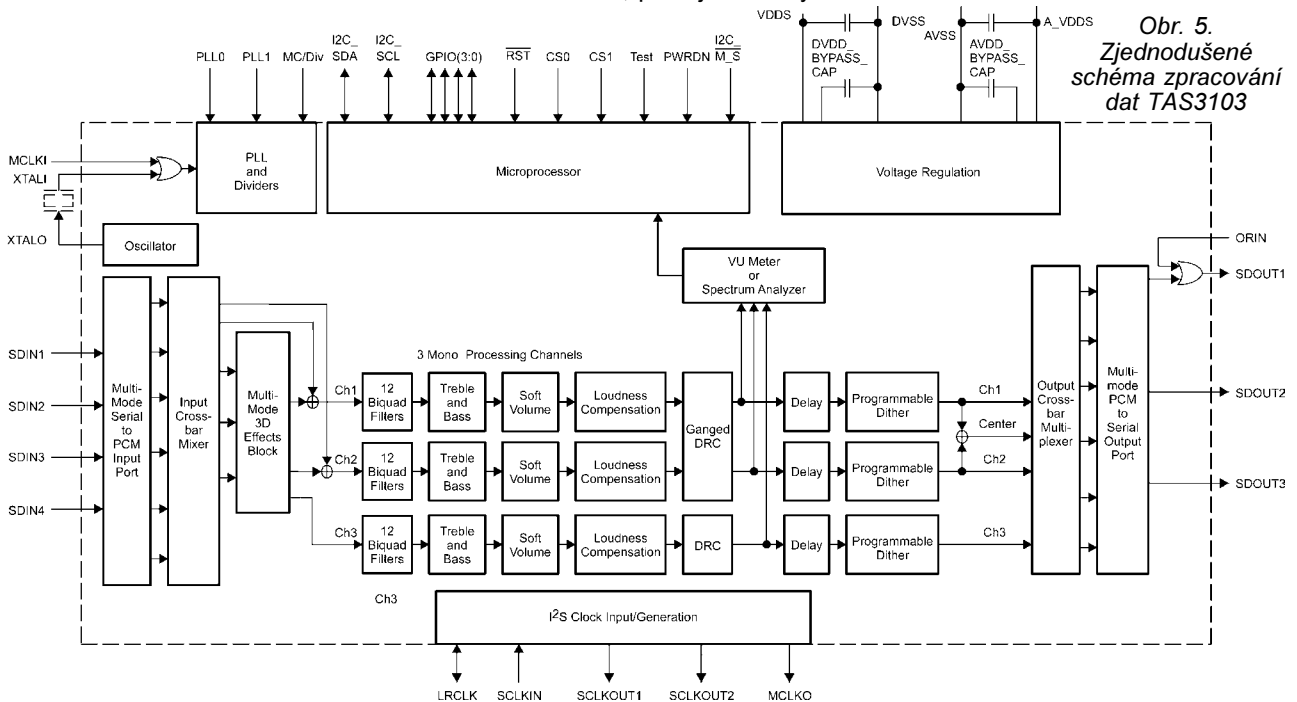
Audioprocesor slouží k vlastnímu zpracování digitálních zvukových dat. Jádrem obvodu (viz blokové schéma na obr. 4) je DSP procesor, který zpracovává data ze čtyř stereoфонních digitálních vstupů SDIN1-4. Výstupní zvuková data jsou přístupná na třech stereoфонních výstupech SDOUT1-3.

Parametry obvodu jsou řízeny po sběrnici I²C, tj. vodiči SDA a SCL. Funkci rozhraní sběrnice I²C zajišťuje vnitřní mikrokontrolér obvodu, odvozený z řady x51. Jak DSP, tak i vnitřní mikrokontrolér jsou naprogramovány již výrobcem obvodu, firmou Texas Instruments.

Součástí obvodu je i oscilátor, fázový závěs (PLL) a děličky pro vytvoření příslušných taktovacích frekvencí na vodičích MCLK, LRCLK a SCLK. Násobička kmitočtu také vytváří z frekvence na vodiči MCLK takt 135 MHz pro DSP jádro obvodu.

Schéma zpracování zvuku v obvodu je na obr. 5. Všechny vstupní kanály vstupují do směšovače s 3D efekty (delay, reverb, čtyřpásmový ekvalizér). Z výstupu směšovače se odebírají tři monofonní signály, které jsou zpracovány ve dvanáctipásmovém ekvalizéru, složeném z volně konfigurovatelných filtrů IIR 2. řádu (tyto filtry jsou obvykle označovány termínem *biquad*). Dále následují korekce výšek a hloubek, ovládání hlasitosti, fyziologické kompenzace hlasitosti (loudness), procesor dynamiky

Obr. 5. Zjednodušené schéma zpracování dat TAS3103



(tj. expander nebo kompresor - na schématu DRC) a zpozdovací linka.

Tuto trojici monofonních kanálů poté můžeme pomoci dalšího směšovače libovolně připojit ke třem stereoformním vstupům.

Na výstup SDOUT3 je také možné přímo přivést nezpracovaný signál ze vstupu SDIN4 (cesta není na blokovém schématu značena).

Výstup SDOUT1 je vybaven hradlem OR, které umožňuje použít více obvodů TAS3103 při zpracování dat pro tento výstup (jeden obvod zpracuje např. pravý kanál, druhý obvod levý).

Obvod dále obsahuje deset filtrů a detektor RMS pro realizaci VU-metru nebo případně spektrálního analyzátoru.

Popis zapojení

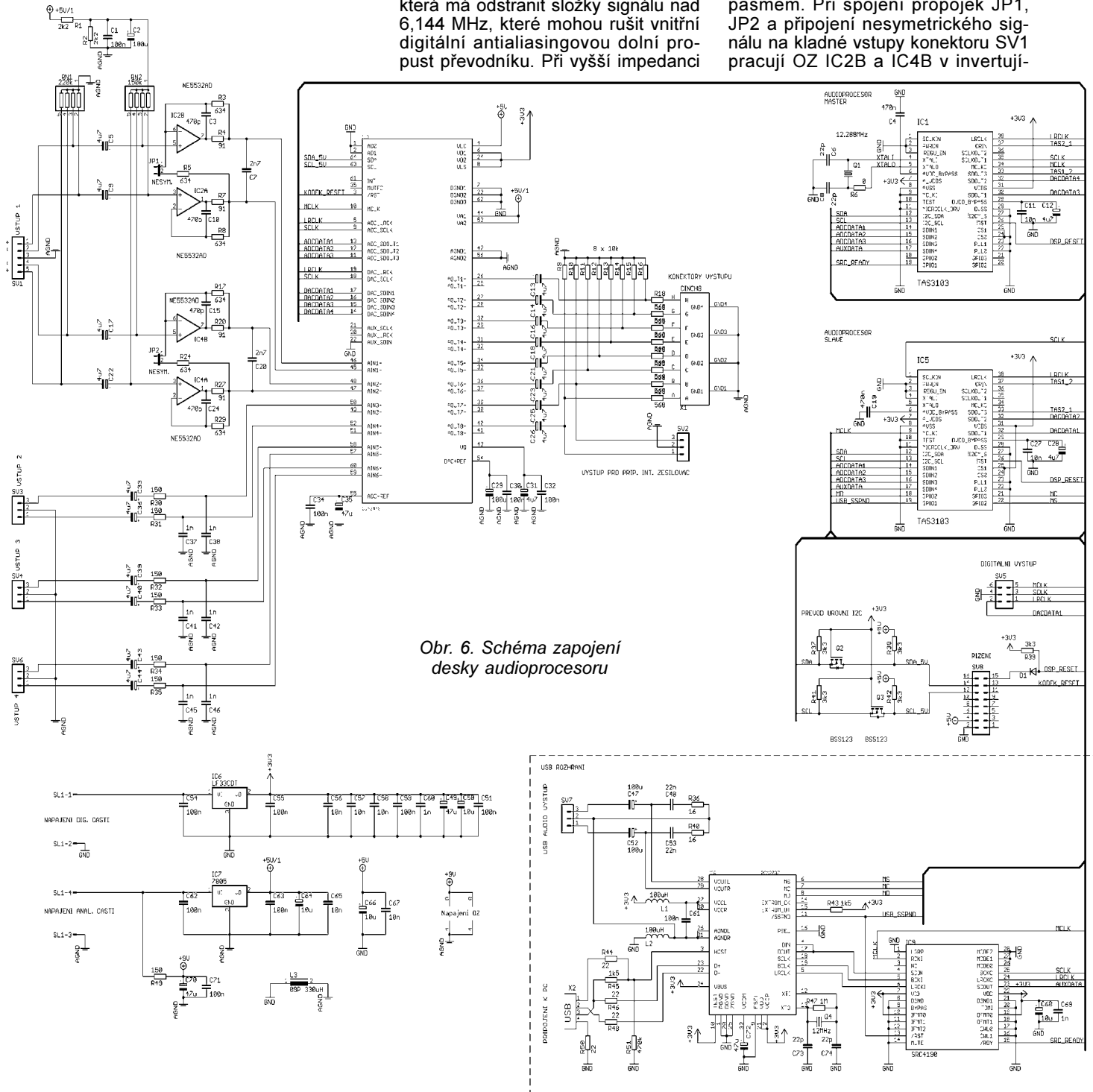
Deska audioprocessoru

Vstupní signály o linkové úrovni vstupují na desku audioprocessoru (viz schéma na obr. 6) z konektorů Cinch (vstupy 2 - 4) a Jack 6,3 mm (symetrický vstup 1), umístěných na zadním panelu, přes konektorové lišty SV1, SV3, SV4 a SV6.

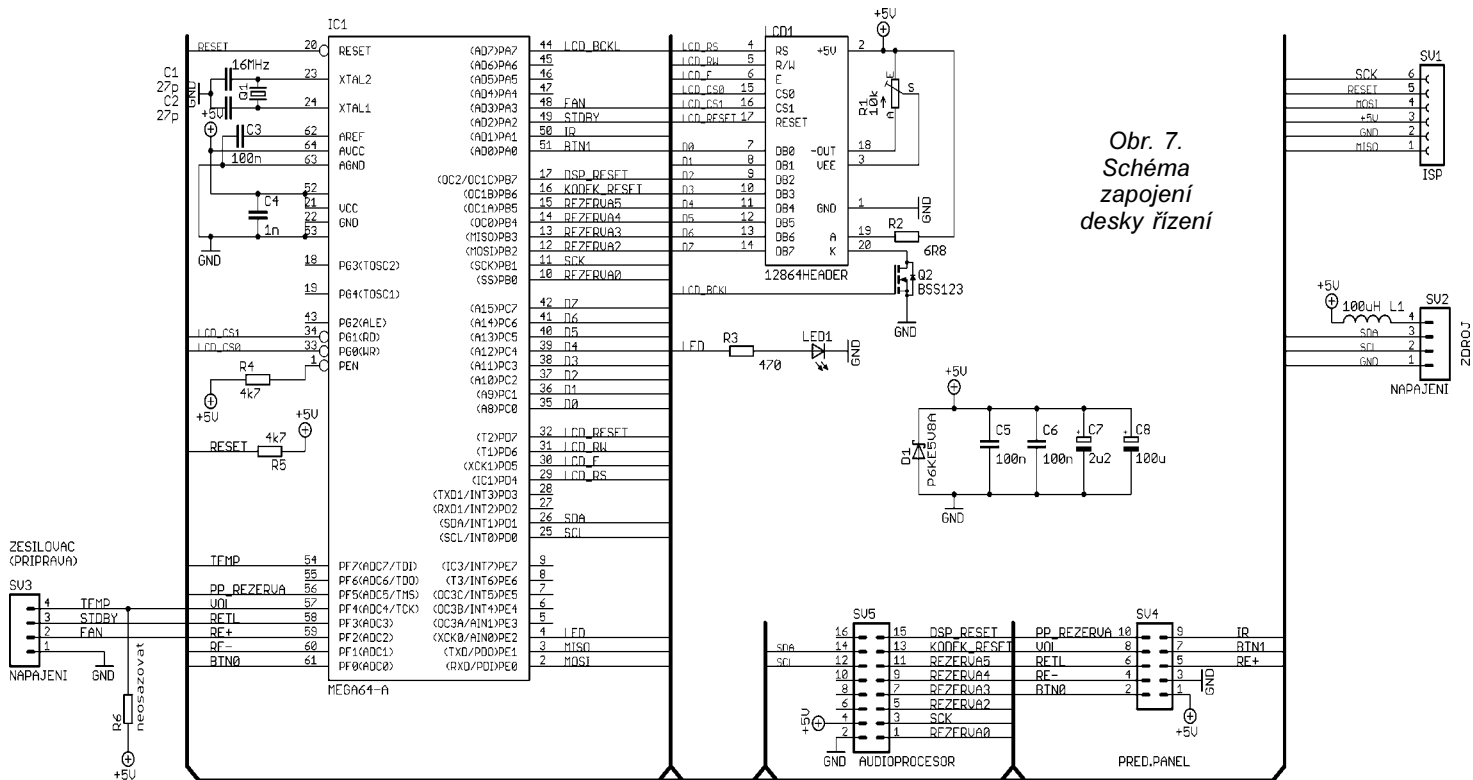
Jednodušší řešení mají vstupy 2 - 4, které jsou připojeny přímo k převodníku A/D, nastavenému do nesymetrického režimu vstupu, přes tantalové kondenzátory 4,7 μF , které filtrují stejnosměrnou složku signálu. Na schématu je také zakreslen výrobem IC4 doporučená dolní propust RC 150 $\Omega/1\text{ nF}$ ($f_0 = 105\text{ kHz}/-3\text{ dB}$), která má odstranit složky signálu nad 6,144 MHz, které mohou rušit vnitřní digitální antialiasingovou dolní propust převodníku. Při vyšší impedanci

zdroje signálu (stovky Ω) se však mezní kmitočet této dolní propusti posune až do akustického pásma, proto jsem kondenzátory této propusti (C37 a další) vůbec neosazoval bez měřitelného vlivu na kvalitu převodu. Je možné osadit i menší kondenzátor (100 pF) s tím, že se útlum propusti na frekvenci 6,144 MHz pochopitelně zmenší, ale bude možné připojovat zdroje signálu s vyšší výstupní impedancí.

Vstup 1 je řešen jako symetrický podle doporučení v katalogovém listu obvodu převodníku A/D a D/A CS42448 (IC3). Vstup převodníku A/D 1 je nastaven jako symetrický a operační zesilovače IC2 a IC4 (NE5532A) od dělují vstupní signál a současně filtrují složky signálu nad akustickým pásmem. Při spojení propojek JP1, JP2 a připojení nesymetrického signálu na kladné vstupy konektoru SV1 pracují OZ IC2B a IC4B v invertující



Obr. 6. Schéma zapojení desky audioprocessoru



Obr. 7. Schéma zapojení desky řízení

cím zapojení se zesílením -1 a umožňují tak při připojení nesymetrického signálu plně vybuzení převodníku. V tomto zapojení má podle údajů výrobce IC3 poněkud lepší odstup THD + N (-98 dB) než při přímém připojení vstupů na převodník v nesymetrickém režimu (-95 dB).

Výstupní převodníky D/A IC3 jsou po oddělení stejnosměrné složky vyvedeny na osminásobný konektor Cinch X1. Rezistory 560 Ω v signálových vodičích slouží jako ochrana IC3 při zkratu na výstupu. Před těmito rezistory je připojen třívývodový konektor SV2 pro případné připojení koncového zesilovače, pokud by byl vestavěn v jedné skřínce společně s deskou audioprocesoru.

Konektor USB je připojen přes oddělovací rezistory k obvodu USB zvukové karty PCM2707 (IC8). Rezistor R50 částečně odděluje zem počítače od země přístroje, aby se minimalizovalo vnesené rušení. Obvod je napájen ze zdroje zařízení, napájení z počítače se využívá jen pro detekci připojení konektoru vývodem HOST IC8.

Převodník D/A integrovaný v IC8 slouží jako sluchátkový zesilovač, případně linkový výstup USB zvukové karty. Jeho výstup je vyveden na konektoru SV7. Napájení analogové části IC8, která je jako jediná analogová část napájena napětím 3,3 V, je odvozeno z napájení digitálních obvodů přístroje a odrušeno tlumivkami L1 a L2. Zem konektoru SV7 tedy není shodná se zemí ostatních signálových konektorů, při jejich propojení může nastat mírné zhoršení odstupu s/š.

Po připojení USB konektoru k počítači a sestavení spojení mezi PC a IC8 přejde vodič USB_SSPND do log. 1, čímž vyvede převodník vzor-

kovací frekvence IC9 ze stavu „reset“. IC9 se během několika milisekund inicializuje a na jeho výstupu AUXDATA se objeví převzorkovaná zvuková data se vzorkovací frekvencí 96 kHz, taktovaná signály SCLK a LRCLK.

Přesto, že vlastní přenos zvuku z počítače probíhá s rozlišením jen 16 bitů a vzorkováním pouze 44,1 nebo 48 kHz, není to na úkor kvality při používání PC k přehrávání běžných CD a MP3, neboť běžné CD (nikoliv nové SACD) a MP3 nemají lepší parametry - jejich vzorkovací frekvence je jen 44,1 kHz a rozlišení 16 bitů. Při nastavení maximální hlasitosti v přehrávači na PC tedy získáváme zvuková data v přesně stejné kvalitě, v jaké jsou na nosiči. Výhody vyššího rozlišení a vzorkovací frekvence 96 kHz přístroje tedy při použití USB rozhraní využijeme až po průchodu signálu obvodem IC9, který již vrací převzorkovaná data s dopočítaným rozlišením do 24 bitů. To umožňuje další zpracování s minimálními zaokrouhlovacími chybami a kvantizačním šumem na úrovni -144 dB oproti -96 dB při přenosu 16bitového signálu. Vnitřní zpracování dat v obvodu TAS3103 probíhá dokonce se šířkou slova 48 bitů, což dovoluje značnou vnitřní probuditelnost obvodu bez limitace.

Jádro desky tvoří dva audioprocesory TAS3103, označené jako *master* (IC1) a *slave* (IC5).

Obvod IC1 má připojen krystal a generuje hodinové signály MCLK, SCLK (BCLK) a LRCLK pro celou desku. Obvod IC5 je taktován z IC1 vodičem MCLK.

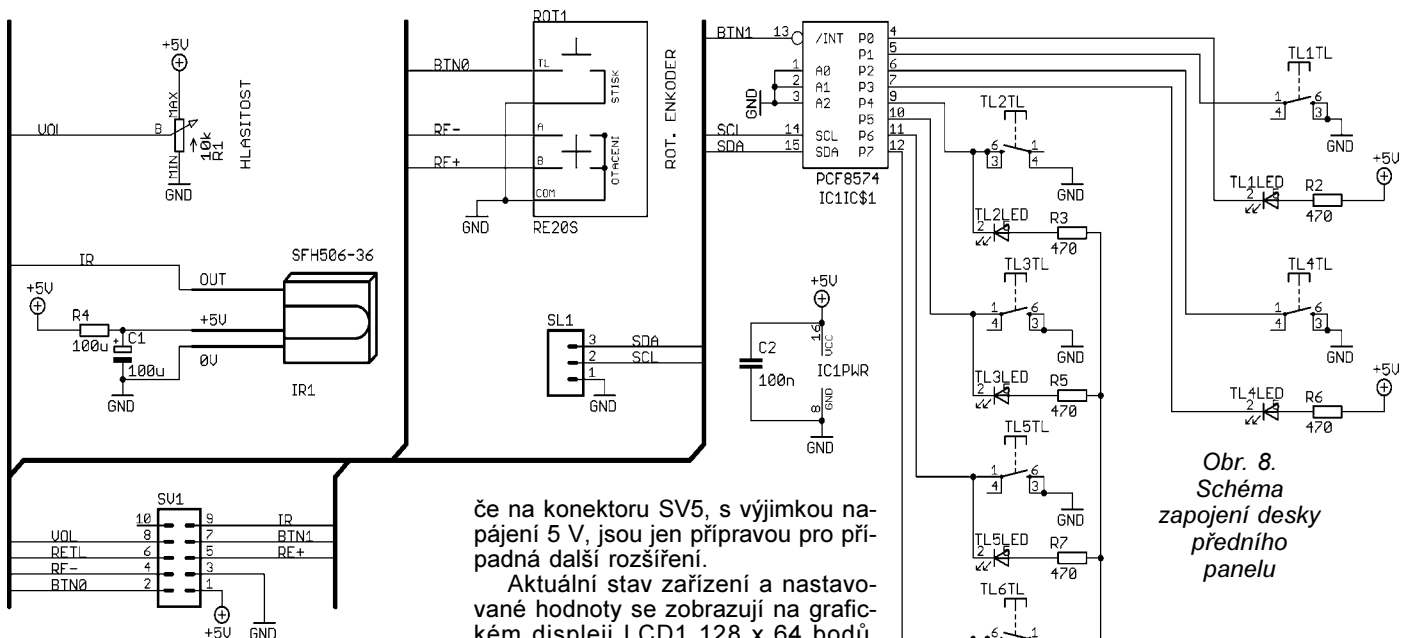
K oběma audioprocesorům jsou připojeny všechny vstupní signály (tj. vodiče ADCDATA1 - 3 od převodníku A/D a AUXDATA od USB rozhraní). IC1 řídí stereofonní převodníky D/A 3 a 4 obvodu IC3 (tj. jeho výstupy

AOUT5 - 8), IC5 řídí zbývající dvojici. Navíc jsou obvody navzájem spojeny vodiči TAS1_2 a TAS2_1 do vstupů hradel OR výstupu SDOUT1 (viz blokové schéma obvodu na obr. 5), takže obvod IC1 může řídit navíc i převodník č. 1 a obvod IC5 převodník č. 3, případně jen jejich levý nebo pravý kanál.

Volně konfigurovatelné vstupy a výstupy (GPIO0 - 3) audioprocesoru IC5 jsou použity pro ovládání obvodu USB rozhraní; na vstup GPIO1 obvodu IC5 je připojen signál SRC_READY, který informuje o správné funkci převodníku vzorkovací frekvence IC9 (zejména o přítomnosti korektního vstupního signálu).

Výstupní digitální signál DACDATA1 je spolu s nezbytnými taktovacími signály vyveden na konektor SV5, který slouží pro měření a případné připojení koncového zesilovače třídy D s digitálními vstupy. Vhodné IO pro jeho případnou realizaci jsou např. budič TAS5508 ve spojení s koncovým stupněm TAS5142 od Texas Instruments. Digitální výstup na konektoru SV5 je také možné vhodným obvodem (např. DIT4096) převést na standardní S/PDIF digitální výstup.

Obvody IC1, IC3 a IC5 jsou spojeny sběrnici I²C s deskou řízení. Protože obvody TAS3103 používají napájení a signálové úrovně 3,3 V, ale řídicí rozhraní IC3 a mikrokontrolér na desce řízení jsou napájeny napětím 5 V, jsou do vodičů SDA a SCL sběrnice zařazeny převodníky úrovně, tvořené tranzistory N-MOSFET Q2 a Q3, které jsou uzavřeny při úrovni log. 1 na vodičích sběrnice (3,3 V na SDA, 5 V na SDA_5V), ale při přivedení log. 0 na jejich source nebo drain se otevřou a přenesou log. 0 i na druhou stranu. Vtipné zapojení pochází z [1].



Obr. 8. Schéma zapojení desky předního panelu

Sběrnice I²C je spolu s nulovacím signálem IC3 a audioprocesorů vyvedena na konektoru SV8, kterým je celá DPS spojena s deskou řízení.

Napájení je na desku přivedeno z DPS zdroje konektorem SL1. Stabilizátor IC6 vytváří napětí 3,3 V pro digitální obvody desky, obvod IC7 stabilizuje napájení 5 V (značeno +5V/1) pro analogovou část IC3. Napájení OZ IC2 a IC4 je filtrováno členem RC R49/C70+C71.

Stabilizátory jsou v pouzdrech D2PAK a jsou chlazeny zemními plochami desky. Celkový odběr všech obvodů na DPS je asi 400 mA z obou zdrojů.

Napájení digitální části napětím 5 V (převodník úrovní, řídicí rozhraní IC3) je navíc zajištěno z DPS řízení vodičem +5V kabelu připojeného do konektoru SV8.

Země odděleného napájení digitální (GND) a analogové (AGND) části jsou spojeny u napájecího konektoru tlumivkou L3.

Deska řízení

Srdcem desky řízení (obr. 7) je mikrokontrolér ATmega64 (IC1), běžící na frekvenci 16 MHz. Deska řízení je spojena s deskou audioprocesoru konektorem SV5, který přenáší signály sběrnice I²C a umožňuje mikrokontroléru vynulovat audioprocesory a převodník A/D-D/A. Ostatní vodi-

če na konektoru SV5, s výjimkou napájení 5 V, jsou jen přípravou pro případná další rozšíření.

Aktuální stav zařízení a nastavené hodnoty se zobrazují na grafickém displeji LCD1 128 x 64 bodů. Jeho LED podsvícení spíná tranzistor Q2, trimrem R1 je možné seřídit kontrast displeje.

DPS předního panelu je připojena plochým kabelem do konektoru SV4, konektor SV3 je přípravou na ovládní koncového zesilovače, pokud by byl s popisovaným zařízením vestavěn do jedné skříňky.

Napájení 5 V desky řízení se odebrá z desky zdroje konektorem SV2, na kterém je vyvedena i sběrnice I²C. Přenos dat po této sběrnici indikuje svícením dioda LED1.

Konektor SV1 slouží k nahrání programu do IC1 pomocí ISP (In-system Programming) programátoru.

Deska předního panelu

Deska řízení (obr. 8) tvoří subpanel přístroje, který nese 6 tlačítek, rotační enkodér s tlačítkem RE20S a potenciometr nastavení hlasitosti, jehož poloha je měřena převodníkem A/D mikrokontroléru.

Stav šestice prosvícených tlačítek (směrové šipky, tlačítko OK a tlačítko napájení) je čten po sběrnici I²C pomocí expanderu IC1. Výstupy expanderu současně ovládají i LED diody v tlačítkách.

Na DPS je připravena i pozice pro infračervený snímač dálkového ovládní SFH 506, funkce dálkového ovládní nicméně zatím není firmwarrem přístroje podporována.

DPS je spojena s deskou řízení pomocí konektorů SV1 a SL1. Z konektoru SL1 jsou připojeny jen datové vodiče sběrnice I²C do odpovídajících dutinek konektoru SV2 desky řízení; ostatní signály (včetně napájení 5 V) jsou vedeny desetžilovým plochým kabelem, spojujícím konektor SV1 s konektorem SV4 desky řízení.

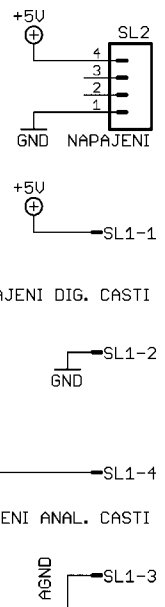
Deska napájecího zdroje

Napájecí zdroj má dva navzájem oddělené výstupy pro analogovou a digitální část zařízení.

Střídavé napětí z obou sekundárních vinutí transformátoru 230 V/2 x 9 V, 10 W TR1 (viz schéma na obr. 9) je usměrněno můstkem B1, B2 a filtrováno kondenzátory C5, C8. Na desce je dále osazen stabilizátor IC1 (7805) s chladičem, který vytváří stabilizované napětí 5 V pro napájení DPS řízení, vyvedené na konektoru SL2.

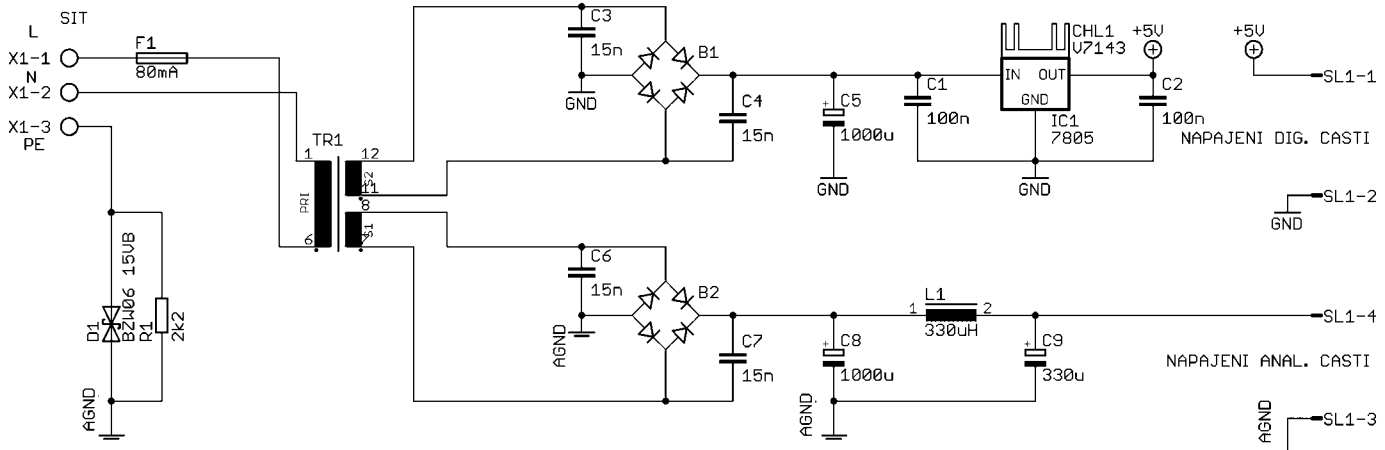
Na konektoru SL1 je dostupné napájecí napětí pro analogovou i digitální část desky audioprocesoru. Napájení analogové části je navíc odrušeno LC filtrem L1/C9.

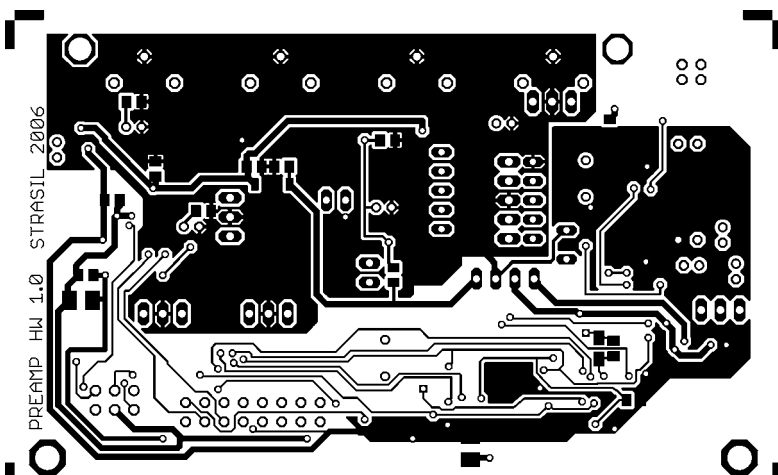
Obr. 9. Schéma zapojení desky napájecího zdroje



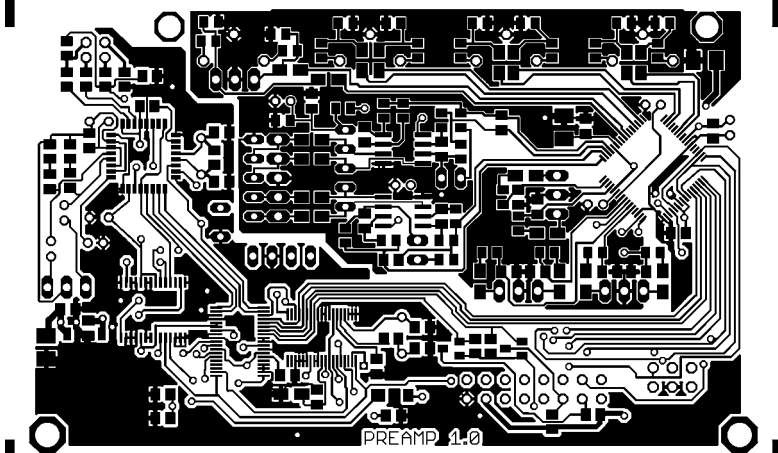
NAPAJENI RIZENI

NAPAJENI DESKY AUDIOPROCESORU

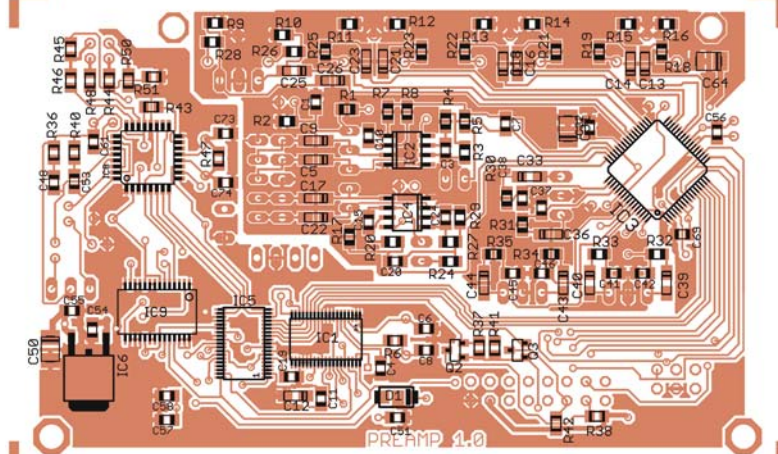




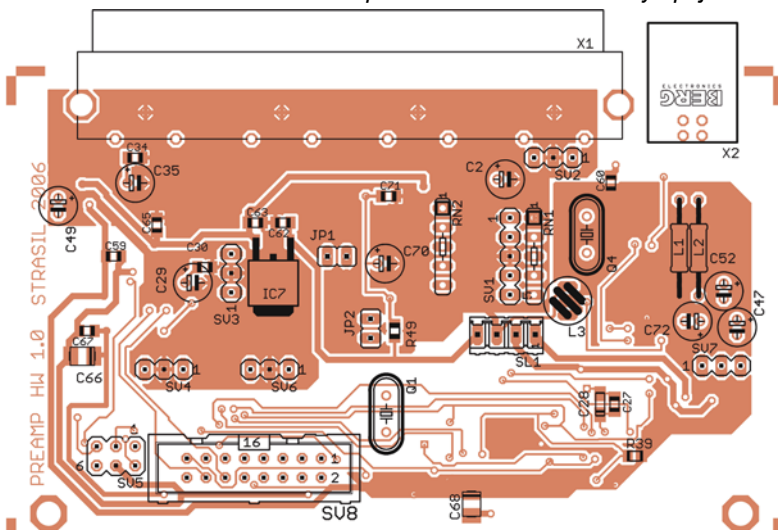
Obr. 10. Deska audioprocesoru - strana spojů



Obr. 11. Deska audioprocesoru - strana součástek



Obr. 12. Deska audioprocesoru - osazení strany spojů



Obr. 13. Deska audioprocesoru - osazení strany součástek

I když přístroj podporuje přechod do stavu stand-by, není odpojováno žádné napájecí napětí. Stavů stand-by dosáhne mikrokontrolér pouze softwarovým odpojením taktovacího signálu od audioprocesorů, čímž se zmenší spotřeba celého přístroje na rozumnou úroveň 3 W.

Přestože můžeme celý přístroj považovat za zařízení s dvojitou izolací, je možné připojit vodič PE sítě do svorky X1-3 a tím jej spojit přes tranzistor D1 s analogovou zemí přístroje. Tímto zapojením se omezí vznik zemních smyček, ale při probití sítě do obvodů přístroje se D1 otevře a umožní přepálení pojistky F1, případně vybavení proudového chrániče nebo jističů. Nejde ovšem v žádném případě o dokonalé řešení a je vhodné jen jako pomocná ochrana. Pokud by měl přístroj celokovovou skříňku, je nutné uzemnit přímo kostru!

Mechanická konstrukce

DPS audioprocesoru (obr. 10 až 13) je oboustranná prokovená s nepájivou maskou, osazená převážně technologií SMT; na obou stranách desky je „rozlitá“ měď země a napájecích vodičů, která částečně stíní přilehlé signálové vodiče a současně tvoří s materiálem desky jako dielektrikem rozprostřený blokovací kondenzátor.

DPS řízení je jednostranná s nepájivou maskou (obr. 14 až 16). Desky s plošnými spoji napájecího zdroje (obr. 17 až 18) a předního panelu (obr. 19 až 20) jsou osazeny převážně klasickými součástkami a je možné je vyrobit i v domácích podmínkách, např. fotocestou.

Přístroj je vestavěn v plastové krabici typu SP-7772. Čelní panel je použit duralový, dodávaný s krabíčkou. Vyvrtáme do něj díry pro tlačítka, potenciometr, rotační enkodér a vyřežeme obdélníkový otvor pro displej. Zadní panel, který nese signálové konektory a napájecí „Euro vidlici“, je pro snadnější opracování vyroben z kupřextitu.

Na obou panelech jsou nalepeny štítky, vytištěné počítačem na samolepicí fólii.

Deska audioprocesoru je upevněna dvěma šrouby za osminásobný konektor Cinch X1 k zadnímu panelu a v případě potřeby navíc dvojicí šroubů M3 s distančními sloupky ke dnu krabíčky. Uchycení k zadnímu panelu je nezbytné, protože při necitlivém zacházení s konektory by se bez něj mohly poškodit spoje na DPS. Deska směřuje stranou spojů vzhůru pro zajištění lepšího chlazení integrovaných obvodů, jejichž normální provozní teplota je asi 60 °C.

(Dokončení příště)

Univerzální digitální předzesilovač TLE-3

Ivo Stražil

(Dokončení)

Deska řízení je uchycena ke dnu krabičky trojicí distančních sloupků o délce 3 mm tak, aby bylo možné do konektoru displeje, osazeného ze strany spojů, zasunout displej, který je asi o milimetr vyšší než je volný prostor v krabičce. Proto je na víku krabičky v místě, kde se dotýká displej, vyfrézována 1,5 mm hluboká drážka, která navíc displej upevňuje ve svislé poloze.

Deska předního panelu je uchycena na dvou distančních sloupcích k duralovému přednímu panelu. Tlačítka jsou pro zvětšení konstrukční výšky osazena v „precizních“ objímkách, potenciometr R1 je uchycen v desce a jeho vývody připájeny na připravené pájecí plošky. Hřídele potenciometru a rotačního enkodéru je nutné zkrátit a opatřit knoflíky. Tlačítka TL1 až TL6 vložíme do objímek tak, aby dvojice orientačních teček na spodní straně tlačítka směřovala ve směru šipky na osazovací plánu - tím se zajistí korektní pólování vestavěné LED. V případě potřeby poté otočíme hmatník tlačítka do správného směru.

Deska napájecího zdroje je uchycena na distančních sloupcích čtyřmi šrouby na dno krabičky.

Celkové provedení přístroje je zřejmé z fotografií na titulu a na obr. 21, 22.

Osazení a oživení

Při osazování desek s plošnými spoji postupujeme běžným způsobem. Napřed osadíme integrované obvody SMD, které lze jednoduše za-

pájet při použití kvalitního cínu a dostatku tavidla (používám pájku Stanol Sn60Pb38Cu2 a tavidlo MTL 468) „přejetím“ řady nožiček křížovou pinzetou dočasně přichyceného obvodu horkou páječkou s velkou kuličkou pájky. Přebytečný cín poté odsajeme odsávací licnou, DPS omyjeme izopropylalkoholem a pod lupou pájení zkontrolujeme.

Zařízení oživujeme postupně: ověříme funkci desky napájecího zdroje, připojíme desku řízení s displejem, naprogramujeme pomocí ISP programátoru mikrokontrolér (pokud již není naprogramovaný), připojíme desku předního panelu a ověříme, zda ovládací prvky vyvolávají příslušné změny indikací na displeji.

Desku audioprocesoru oživíme zvlášť: spojíme napájení analogové a digitální části a desku připojíme k laboratornímu zdroji, nastavenému

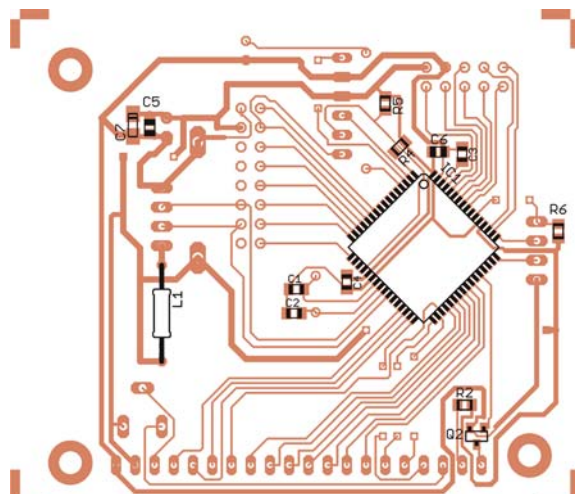
na výstupní napětí 8 V s nadproudovou pojistkou 500 mA. Po zapnutí napájení musí být odběr do 400 mA. Připojíme USB kabelem počítač - je-li vše v pořádku, operační systém automaticky nainstaluje ovladače (platí pro Windows 2000/XP a vyšší - obvod PCM2707 využívá systémové ovladače, není nutná žádná ruční instalace) a po zvolení zvukové karty, která se zobrazí jako *USB Audio DAC*, v přehrávači, je možné odebírat na konektoru SV7 zvukový signál.

Nakonec spojíme všechny desky dohromady a ověříme funkčnosti přístroje. Pokud na výstupech není žádný signál, zkontrolujeme osciloskopem nebo čítačem, zda se správně inicializoval IC1 na desce audioprocesoru (to svědčí mj. o správné funkci I²C sběrnice) měřením taktovacích frekvencí na vodičích SCLK (6,144 MHz) a LRCLK (96 kHz).

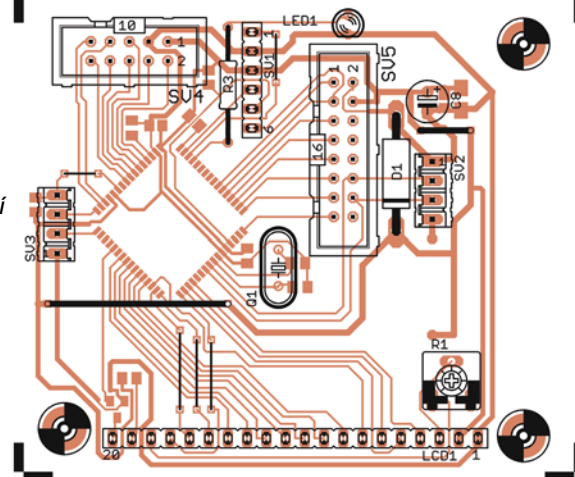
Softwarové vybavení

Firmware mikrokontroléru umožňuje téměř libovolné nastavení parametrů pro dva stereofonní výstupy (jeden výstup na obvod TAS), zbylá dvojice stereofonních výstupů může buďto kopírovat stereofonní signál na jiných výstupech (příp. s odlišnou hlasitostí), pracovat jako výstup USB zvukové karty, nebo může být rozdělena na dva monofonních výstupy, z nichž jeden je střední kanál, namí-

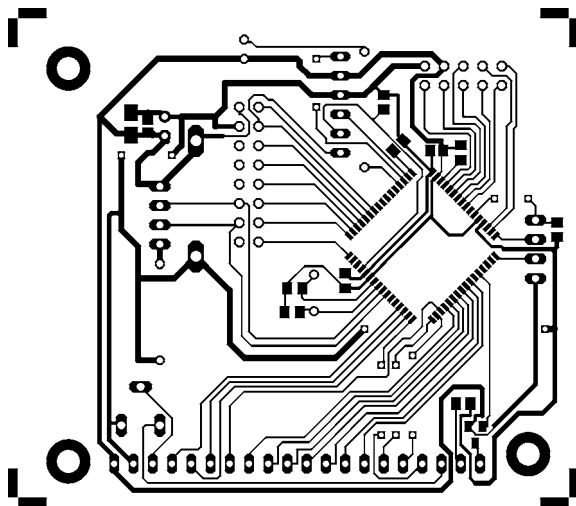
Obr. 15. Deska řízení - osazení strany součástek

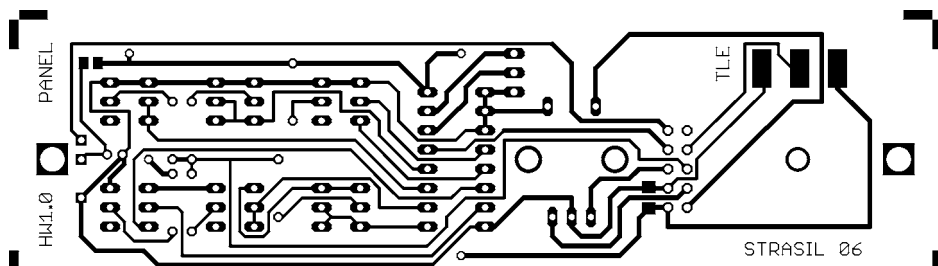


Obr. 16. Deska řízení - osazení strany spojů

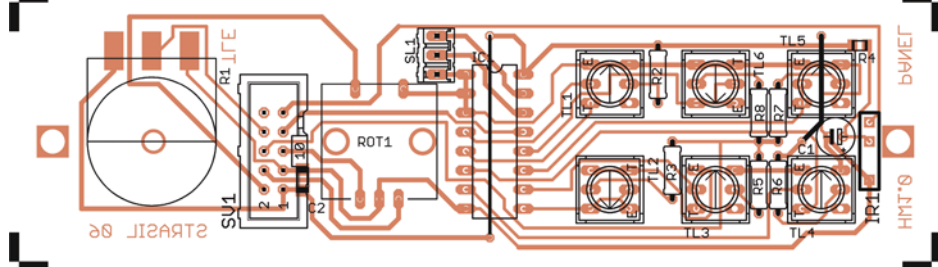


Obr. 14. Deska řízení





Obr. 17. Deska předního panelu



Obr. 18. Deska předního panelu - osazení

- C1, C30, C32, C34, C51, C54, C55, C59, C61 až C63, C71 100 nF, X7R 0805
- C2, C29, C47, C52 100 µF/10 V
- C3, C10, C15, C24 470 pF, 0805
- C4, C19 470 nF, 0805
- C5, C9, C12, C13, C14, C16, C17, C18, C21, C22, C23, C25, C26, C28, C31, C33, C36, C39, C40, C43, C44 4,7 µF/6,3 V, tantal SMD A
- C6, C8, C73, C74 22 pF, 0805
- C7, C20 2,7 nF, 0805
- C11, C27, C56 až C58, C65, C67 10 nF, 0805
- C35, C49, C70, C72 47 µF/10 V
- C37, C38, C41, C42, C45, C46, C60, C69 1 nF, 0805
- C48, C53 22 nF, 0805
- C50, C64, C66, C68 10 µF/6,3 V tantal SMD B
- D1 1N4001 SMD (DO214)
- IC1, IC5* TAS3103
- IC2, IC4 NE5532AD
- IC3 CS42448
- IC6 LE33CDT
- IC7 7805 SMD D2PAK
- IC8 PCM2707
- IC9 SRC4190
- JP1, JP2 jumper 2 piny
- L1, L2 100 µH
- L3 09P 330 µH
- Q1 12,288 MHz, miniaturní
- Q2, Q3 BSS123
- Q4 12 MHz
- SL1 PSH02-04
- SV1 až SV7 kolíky do DPS (celkem 26 ks)
- SV8 MLW16
- X 1 8 násobný Cinch do DPS
- X 2 USB konektor

chaný ze signálu z jiného výstupu nebo zvuku z USB rozhraní, a druhý je plně konfigurovatelný monofonní výstup (je možné volit vstup, případně mix z více vstupů, 16 pásem ekvalizéru, zpracování dynamiky) a může sloužit např. jako softwarová výhybka pro subwoofer.

Ekvalizér umožňuje v každém pásmu vybrat jeden ze sedmi typů filtru, zvolit jeho hraniční frekvenci, zdvih a strmost. S vhodnou volbou filtrů je možné ekvalizérem simulovat velmi složité reproduktorové výhybky.

Sám používám přístroj pro řízení ozvučení v bytě - jeden stereofonní výstup, včetně regulace hlasitosti a ekvalizéru, směřuje do zesilovače v mém pokoji, druhý stereofonní výstup, nastavený trvale na linkovou úroveň, budí aktivní reproduktorovou soustavu v obývacím pokoji. Třetí stereofonní výstup kopíruje první a přimíchává zvuk z USB zvukové karty do malé soustavy, umístěné u počítače. Čtvrtý výstup je nastaven jako dvojitý monofonní a budí několik

malých reproduktorů, různě umístěných v domě.

Se současným firmwarem není problém v okamžiku přestavit funkce přístroje, např. na výhybku pro stereofonní aktivní soustavu a pro subwoofer.

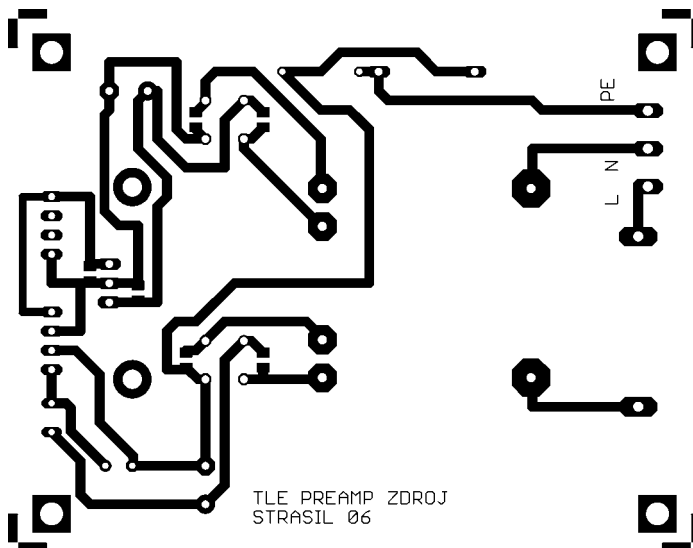
Seznam součástek

Deska audioprocesoru

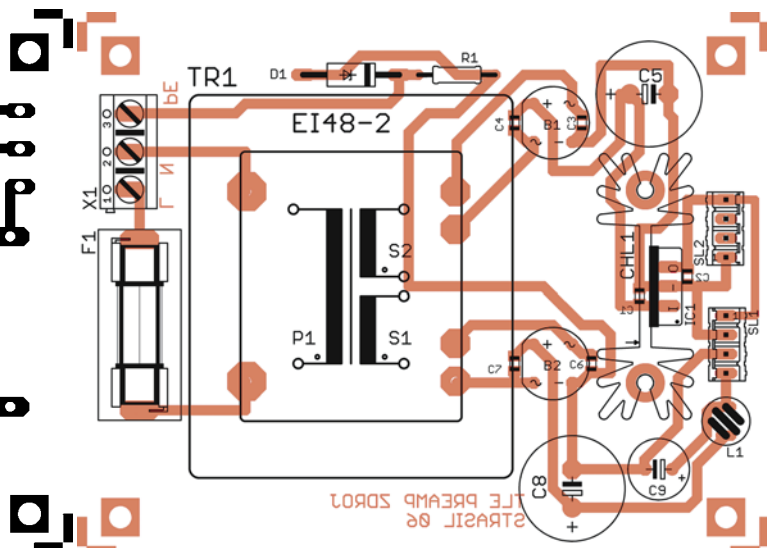
- R1, R2 2,2 kΩ, 0805
- R3, R5, R8, R17, R24, R29 634 Ω, 0805
- R4, R7, R20, R27 91 Ω, 0805
- R9, R10 až R16 10 kΩ, 0805
- R18, R19, R21 až R23, R25, R26, R28 560 Ω, 0805
- R30 až R35, R49 150 Ω, 0805
- R36, R40 16 Ω, 0805
- R37 až R39, R41, R42 3,3 kΩ, 0805
- R43, R45 1,5 kΩ, 0805
- R44, R46, R48, R50 22 Ω, 0805
- R47 1 MΩ, 0805
- R41 470 kΩ, 0805
- RN1 4 x 220 kΩ
- RN2 4 x 150 kΩ

Deska řízení

- R1 CA6V trimr 10 kΩ
- R2 6,8 Ω, 0805
- R3 470 Ω*
- R4, R5 4,7 kΩ, 0805
- C1, C2 27 pF, 0805
- C3, C5, C6 100 nF X7R, 0805
- C4 1 nF, 0805
- C7 2,2 µF tantal SMD A
- C8 100 µF/10 V
- D1 P6KE5V8A
- IC1 ATMEGA64
- L1 100 µH
- LCD1 MG12864A-SYL
- LED1 LED 3 mm*



Obr. 19. Deska napájecího zdroje



Obr. 20. Deska napájecího zdroje - osazení



Obr. 21. Zadní panel

u jednoho z jejich českých distributorů (vynikající spolupráce je s firmou ROT-HSware, spol. s r. o.). Zde je také vhodné objednat značkové obvody NE5532, v ČR prodávané kusy jsou obvykle čínské výroby nevalných šumových parametrů. Všechny ostatní součástky jsou dostupné v maloobchodech GM nebo GES.

V případě zájmu čtenářů je možné otestovat a zveřejnit i upravenou verzi DPS audioprocesoru s S/PDIF vstupem místo USB rozhraní.

Pokud máte jakékoliv náměty, dotazy nebo připomínky, kontaktujte mě prosím na e-mailu: ivo@strasil.net

Firmware, štítky, návod k obsluze, podklady pro výrobu DPS a případné doplňující informace jsou dostupné na mém webu <http://www.strasil.net>; případně na www.aradio.cz.

Q1	16 MHz miniaturní
Q2	BSS123
SV1	dutin. lišta 6 vývodů
SV2, SV3	PSH02-04
SV4	MLW10
SV5	MLW16

Deska předního panelu

R1	potenciometr 10 k Ω /N
R2, R3, R5 až R8	470 Ω
R4	100 Ω
C1	100 μ F/10 V
C2	100 nF X7R, 1206
IC1	PCF8574
IR1	SFH506
ROT1	RE20S
SL1	PSH02-03W
SV1	MLW10
TL1 až TL6	tlačítka řady P-PB61412L

Deska zdroje

R1	2,2 k Ω
C1, C2	100 nF (X7R), 0805
C3, C4, C6, C7	15 nF, 0805
C5, C8	1000 μ F/25 V
C9	330 μ F/25 V
B1, B2	můstek B250C1500

D1	BZW06 15V B
F1	80 mA
IC1	7805
L1	09P 330 μ H
SL1, SL2	PSH02-04
TR1	zalitý 2 x 9 V, 10 VA, EI48
X 1	ARK500/3
CHL1	chladič V7143
	Pojistkové pouzdro KS21

Součástky mimo DPS

(značení podle GM-Electronic):
 Krabíčka U-SP7772
 Napájecí Euro konektor GSD 781
 Konektory Cinch, 6 ks,
 Konektory Jack 6,3 mm, 2 ks

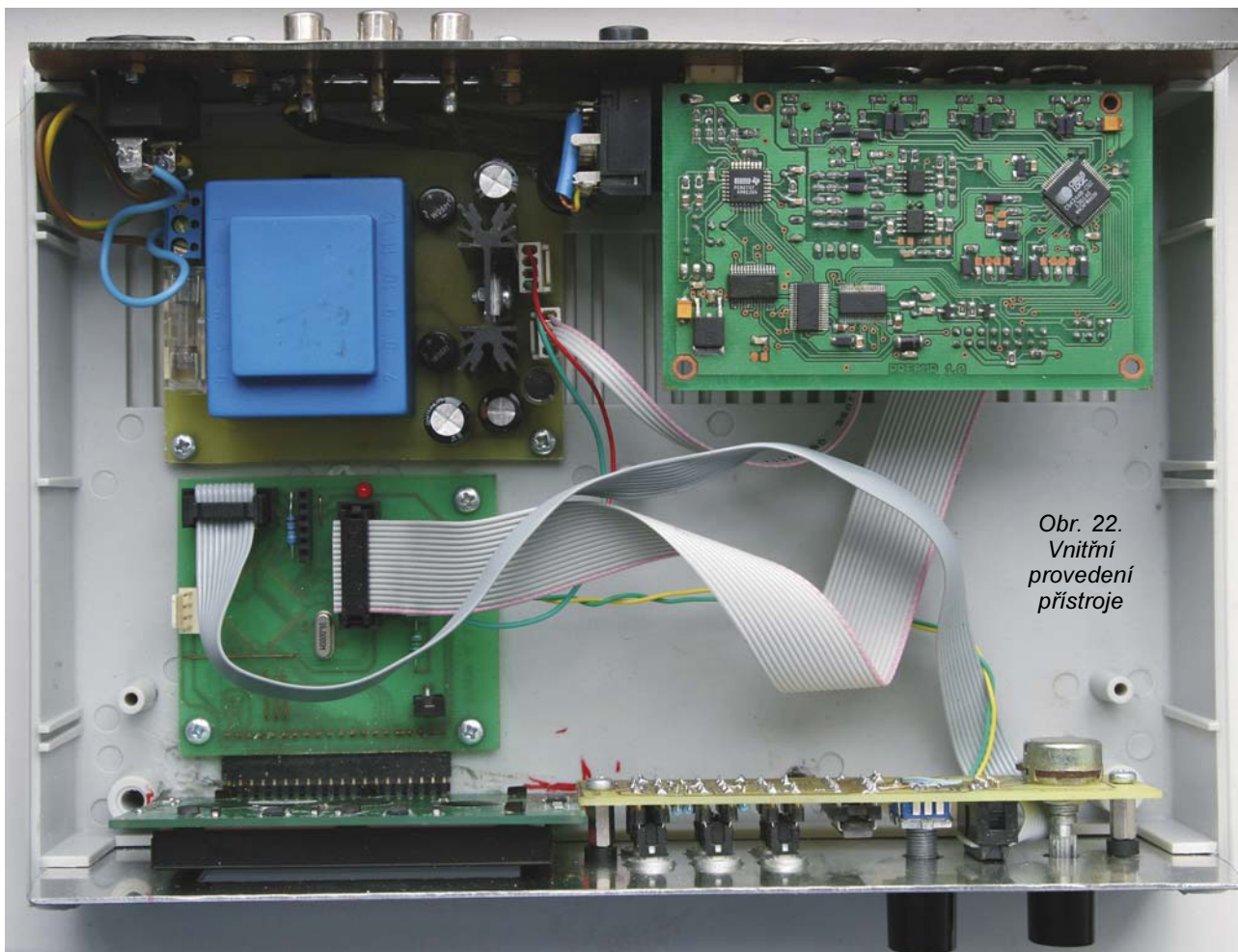
Závěr

Popisovaná konstrukce umožňuje s relativně nízkými náklady doplnit domácí ozvučovací řetězec o kvalitní směšovač signálů, ekvalizér (resp. aktivní výhybku) a procesor dynamiky.

Speciální obvody na desce audioprocesoru je možné objednat u firmy Farnell (www.farnell.co.uk), případně

Literatura

- [1] Schutte, H.: Bi-directional level shifter for I2C-bus and other systems. AN97055 firmy NXP Semiconductors (ex Philips), *online*: <http://www.standardics.nxp.com/support/documents/i2c/pdf/an97055.pdf>
 [2] Green, S.: Audio Conversion Systems Noise Calculations and Requirements. AN263 Cirrus Logic, *online*: <http://www.cirrus.com>
 [3] Texas Instruments Audio Solutions Guide, *online*: www.ti.com



Obr. 22. Vnitřní provedení přístroje