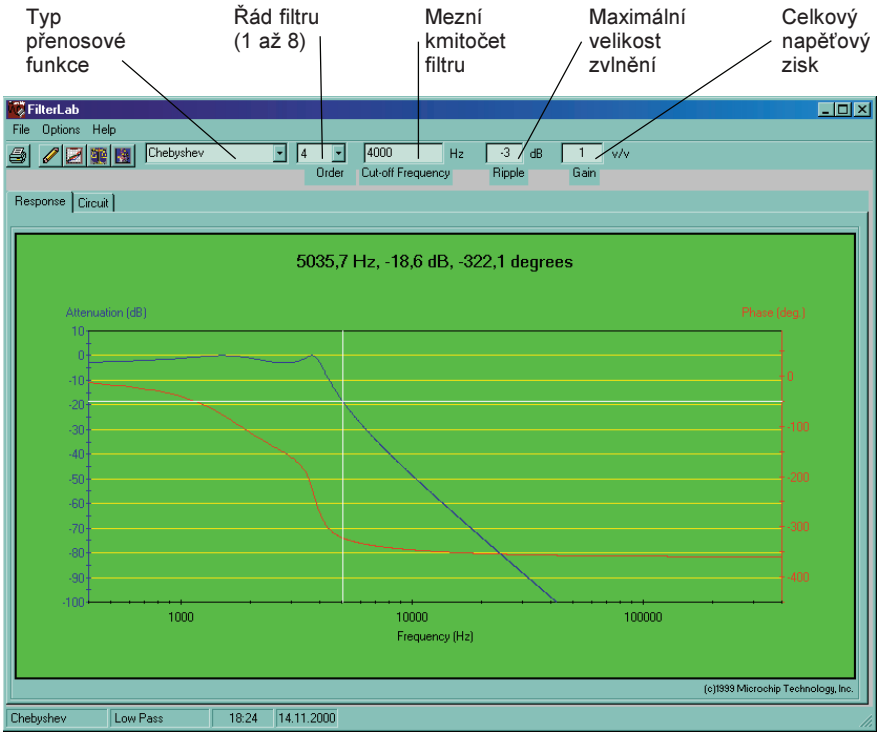
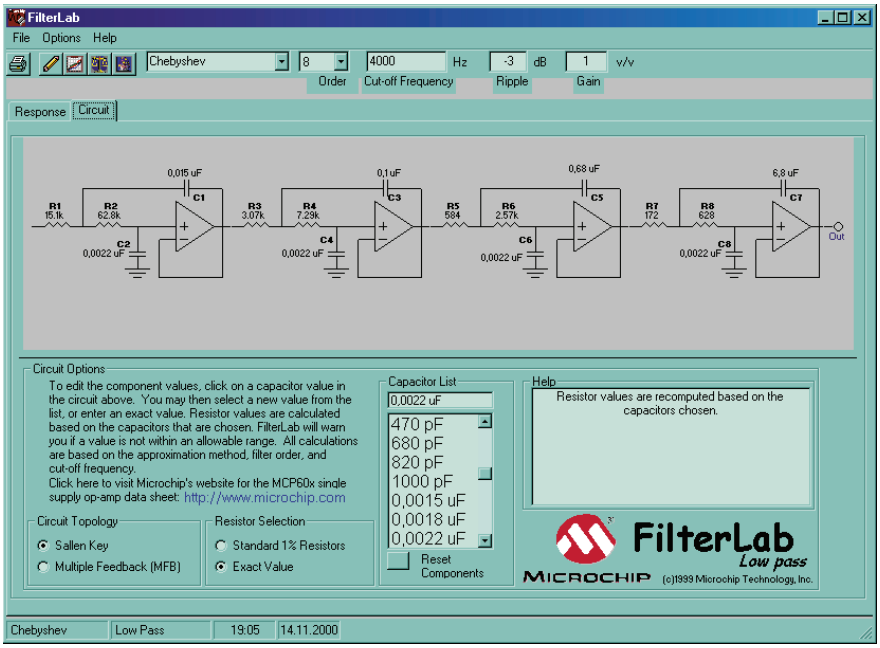
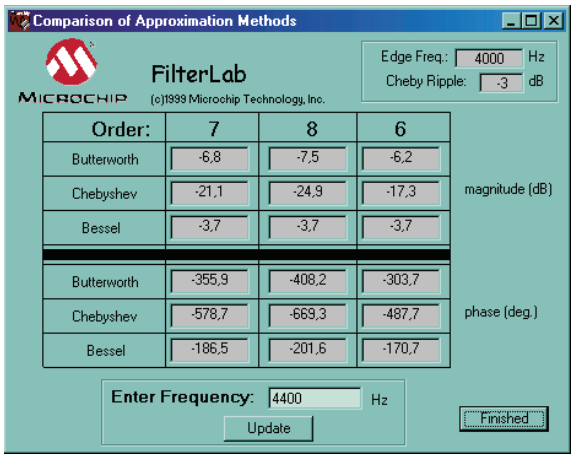


Obr. 40. Dialogové okno „Response“ programu FilterLab



Obr. 41. Dialogové okno „Circuit“ programu FilterLab



Obr. 42. Dialogové okno „Comparison of Approximation Methods“ programu FilterLab

né odpory a kapacity všech rezistorů a kondenzátorů.

Navržené kapacity kondenzátorů můžeme jednoduše měnit tím, že klikneme myší do schématu na příslušný kondenzátor a vybereme jeho kapacitu z předdefinovaného seznamu běžně dostupných kapacit (seznam je umístěn uprostřed dole). Kapacitu můžeme také přímo zadat do horního okénka. Po každé takové změně program FilterLab automaticky přepočítá odpory rezistorů.

Topologii zapojení operačních zesilovačů lze dále volit přepínačem „Circuit Topology“ v levém dolním rohu dialogového okna. Lze si vybrat konfiguraci Sallen-Key (neinvertující operační zesilovač) nebo invertující operační zesilovač s kombinovanou zápornou zpětnou vazbou - MFB (**M**ultiple **F**eed**B**ack).

Parametry požadovaného fitru, navrženého s použitím různých aproximačních metod (Butterworth, Bessel nebo Čebyšev) můžeme číselně porovnat pomocí dialogového okna „Comparison of Approximation Methods“ („Porovnání aproximačních metod“) na obr. 42, které vyvoláme z menu Options/Numerical Comparison.

Program FilterLab je ve své jednoduchosti velice výkonným nástrojem a k jeho dalším velkým přednostem patří i to, že jej firma Microchip poskytuje zcela zdarma. Případní zájemci si jej mohou stáhnout z jejích internetových stránek na adrese:

http://www.microchip.com/10/tools/analog/flab/index.htm

Komprimovaný soubor ve formátu Zip má objem přibližně 4,2 MB.

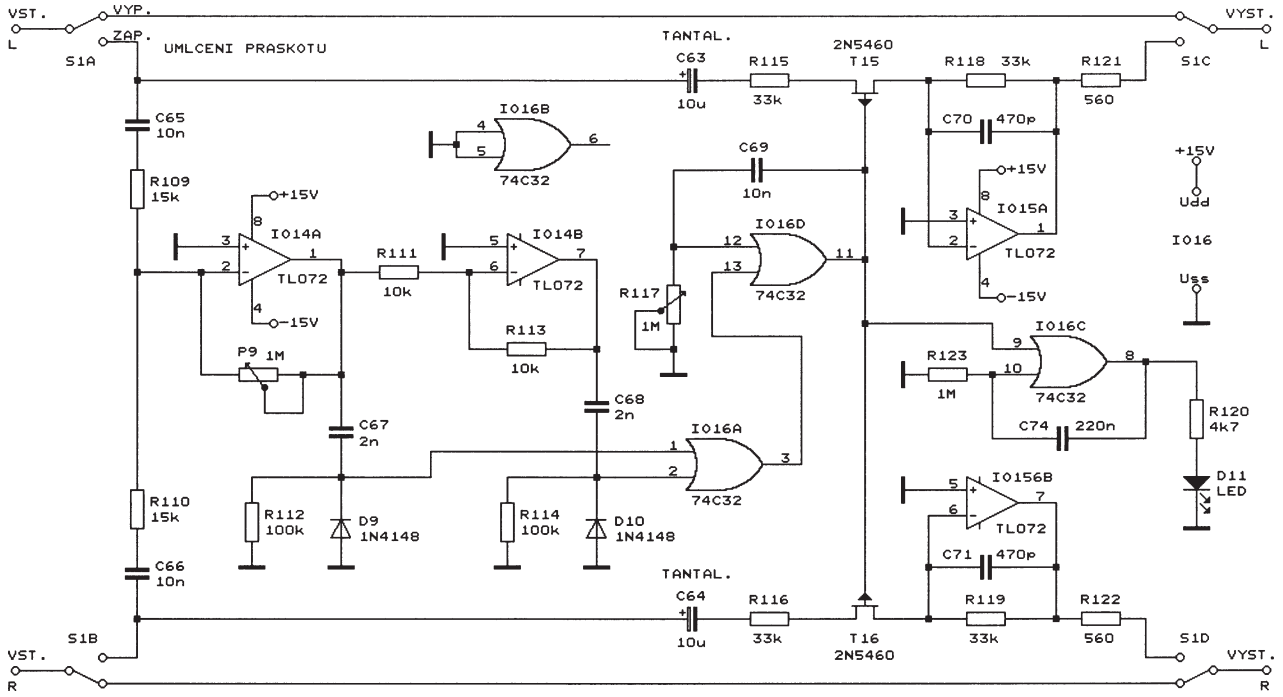
Umlčovače praskání gramofonových desek

Dále jsou uvedena dvě zapojení umlčovačů, které eliminují zvuk praskání při přehrávání starších (analogových) gramofonových desek - dlouhohrajících (LP) i tzv. singlů (SP). Kdo tyto desky ještě vlastní a občas si je i přehrává, jistě uvítá možnost vylepšit signál při jejich poslechu, kdo ne, může tuto kapitolu s úsměvem přeskočit.

Když se gramofonová deska opotřebuje či poškodí, vzniká při jejím přehrávání větší či menší (časem spíše větší) množství rušivých impulsů, které se projevují jako nepříjemné praskání. K částečné eliminaci tohoto praskání slouží popisované umlčovače.

Záměrně jsem použil slovní spojení „částečná eliminace“, protože tak, jako nic není absolutně dokonalé, ani tyto umlčovače nemohou rušivé praskání odstranit zcela a kdo by očekával zázrak v podobě absolutně čistého signálu, mohl by být zklamán.

Praskání se úplně neodstraní, ale jeho vjem se podstatně potlačí tím, že



Obr. 43. Jednoduchý umlčovač praskání gramofonových desek

se omezí amplituda a strmost rušivých impulsů. To se týká zejména impulsů s velkou intenzitou a zároveň dlouhou dobou trvání, též záleží na četnosti jejich výskytu.

První, jednodušší zapojení umlčovače pochází z [21] a jeho schéma je na obr. 43.

Zapojení se skládá pouze ze dvou částí, z detektoru rušivých impulsů s indikátorem a z řízeného zesilovače.

Vstupní obvod s operačním zesilovačem IO14A monitoruje současně signál z obou stereofonních kanálů. Potenciometrem P9 (zapojeným v obvodu zpětné vazby operačního zesilovače) je možné nastavit práh, který určuje, od jaké velikosti rušivého impulsu bude umlčovač reagovat. Druhý operační zesilovač IO14B je zapojen jako invertor s jednotkovým zesílením.

K výstupům obou operačních zesilovačů jsou přes kondenzátory C67 a C68 připojeny vstupy hradla OR IO16A. Při výskytu rušivého impulsu jsou vstupy hradla aktivovány a výstup hradla přejde do opačné úrovně. Na základě tohoto podnětu vygeneruje další hradlo OR IO6D umlčovací impuls. Šířka impulsu je určená článkem R117, C69, který je připojen ke druhému vstupu hradla IO6D. Aby bylo možné šířku impulsu měnit, je jako R117 použit potenciometr.

Umlčovacím impulsem se vypnou tranzistory FET T15 a T16. Tyto tranzistory pracují jako analogové spínače a jsou zapojené v levém a pravém kanálu v obvodu zpětné vazby operačních zesilovačů IO15A a IO15B. V klidu, kdy jsou tyto tranzistory sepnuté, je zesílení operačních zesilovačů dáno poměrem odporů rezistorů R118 a R115 v levém kanálu a R119 a R116 v pravém kanálu (protože všechny tyto rezistory mají odpor 33 kΩ, je zesílení jednotkové). Při aktivaci umlčovače (při vypnutí tranzistorů) se uplatní velký odpor přechodu drain-source tranzistorů, zesílení klesne na nulu a nízkofrekvenční signál se přeruší. Tím se krátký rušivý impuls odstraní (vyklíčuje) a na výstupu umlčovače by se neměl objevit.

Aktivace umlčovače je indikována diodou LED D11, která je připojená k výstupu hradla OR IO16C. Na vstup hradla se přivádějí umlčovací impulsy. Protože jsou tyto impulsy velmi krátké a jejich délka může být různá (viz dále), nebyla by jejich přímá indikace diodou LED lidským okem postřehnutelná. Proto je ke druhému vstupu hradla IO16C připojen článek R123, C74, který dobu svitu diody LED prodlužuje (na dobu určenou časovou konstantou *R123*, *C74*). Díky tomu je viditelně indikován i sebekratší impuls.

Jak již bylo řečeno, je při aktivaci rušivým impulsem doba přerušení nf signálu v určitých mezích uživatelsky volitelná potenciometrem R117 (tj. změnou šířky umlčovacího impulsu). Správnou velikost doby přerušení nelze nijak jednoznačně definovat a je ji nutno individuálně a s citem nastavit v závislosti na konkrétních podmínkách.

Při měření na několika různě poškozených analogových gramofonových deskách byly naměřeny rušivé impulsy s dobou trvání v rozmezí od 0,3 do 7 ms. Většina těch méně rušivých, s malou amplitudou, způsobených prachovými částicemi v drážce nebo nepatrným poškozením drážky, měla dobu trvání od 0,3 do 1 ms. Tyto impulsy nicméně způsobují menší problémy než hlasité „lupance“, způsobené různými výraznějšími „škrábanci“ na povrchu desky, jejichž délka trvání je v rozmezí od 2 do 7 ms.

V umlčovači jsou použity běžně dostupné součástky, až na tranzistory FET 2N5460. Ty lze nahradit jiným podobným typem nebo využít např. analogové spínače v obvodech CMOS 4053.

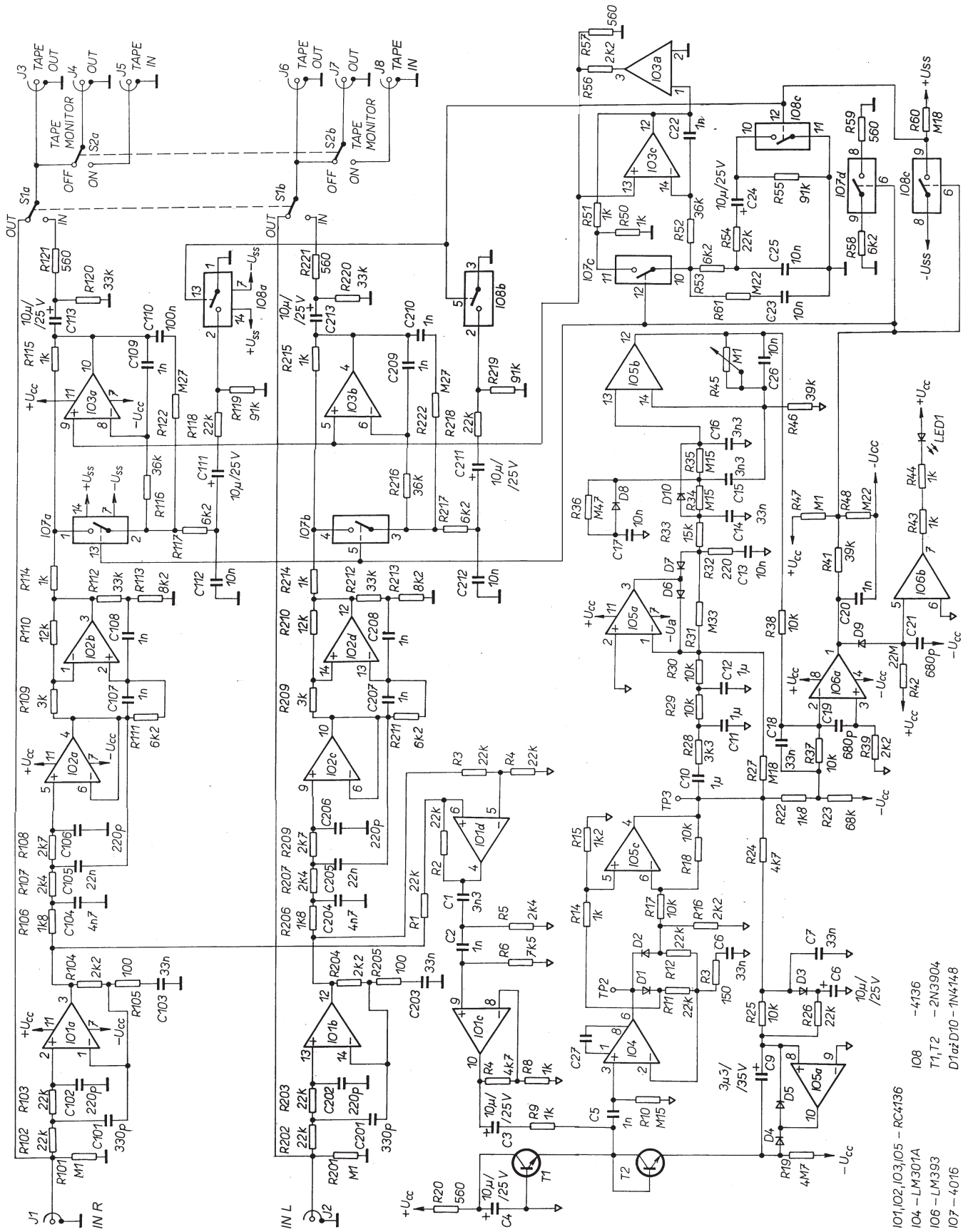
Druhé zapojení umlčovače praskání je na obr. 44 a je o něco složitější. Pracuje též na jiném principu - výstupní signál není při výskytu rušivého impulsu pouze přerušen, ale je po dobu trvání impulsu nahrazen krátkým vzorkem bezchybného předcházejícího signálu.

Dále uvedu jen stručný popis zapojení, případní zájemci mohou nalézt vyčerpávající popis včetně desky s plošnými spoji v původním pramenu [22].

Vstupní signál je veden na detektor rušivých impulsů a současně na zpožďovací linku, která zpozdí signál mezi vstupem a výstupem umlčovače o přibližně 40 μs, aby mohl detektor spolehlivě zachytit rušivé impulsy dříve, než se dostanou na výstup. V cestě signálu je zařazen analogový elektronický přepínač, který v klidovém stavu propojuje signál ze zpožďovací linky na výstup a v případě detekce rušivého impulsu připojí na výstup vzorek předchozího signálu.

Operační zesilovače spolu s ostatními pasívními součástkami, které jsou zapojené na vstupech levého a pravého kanálu, pracují jako dolní propust. Další dva operační zesilovače zajišťují kmitočtovou korekci signálu podle křivky RIAA, fázový posuv, preemfázi a následné zpoždění nízkofrekvenčního signálu.

Za operačními zesilovači následuje obvod s analogovými spínači, tvořený-

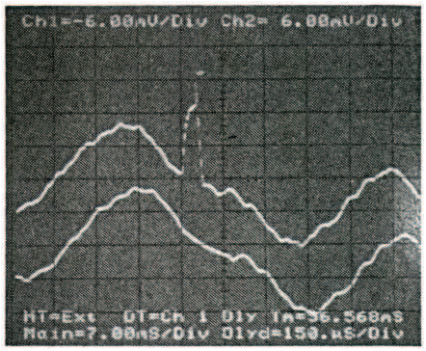


Obr. 44. Složitější umlčovač praskání

mi obvody 4066. Spínače jsou ovládány signálem z výstupu detektoru rušivých impulsů, který je zakreslen v dolní polovině obr. 44. Citlivost detektoru je možné nastavit potenciometrem R45, aktivaci detektoru indikuje LED1.

V závislosti na stavu analogových spínačů IO7a (IO7b) a IO8a (IO8b) je řízena činnost operačních zesilovačů IO3a (IO3b) na výstupu zařízení. V klidovém stavu pracují operační zesilovače se součástkami R116 (R216) a C109 (C209) jako integrátory. Analogové spínače jsou sepnuté, rezistory R114 (R214) a R115 (R215) zavádějí do obvodu zápornou zpětnou vazbu a obvod se chová jako filtr s deemfází.

Když se detektor aktivuje rušivým impulsem, spínače vypnou a operační zesilovače se s kondenzátory C109 (C209) a s jejich akumulovanými náboji chovají jako obvod Sample-and-Hold. Tento obvod umožňuje na krátkou



Obr. 45. Oscilogramy signálů na vstupu a na výstupu umlčovače

dobu nahradit část signálu o nízkém kmitočtu, nicméně jeho funkce je ještě dále vylepšena.

V obvodu jsou navíc zapojeny kondenzátory C112 (C212), které jsou nabíjeny vstupním signálem. Po aktivaci detektoru spínače IC7a (IC7b) vypnou a odpojí C112 (C212) od předchozího stupně. Napětí z kondenzátorů je přes výstupní operační zesilovače přenášeno na výstup umlčovače a výstup je tak držen na úrovni přibližně odpovídající stavu před aktivací.

Toto opatření sice zlepšuje odezvu umlčovače na nízkých kmitočtech, ale příliš nepomáhá na vyšších kmitočtech. To je však v pořádku, protože na vysokých kmitočtech jsou přechodové jevy lépe maskovány než na kmitočtech nízkých. Aby se předešlo rychlým změnám náboje kondenzátorů C112 (C212), jsou do série s kondenzátory zapojeny rezistory R117 (R217).

Druhým zlepšením obvodu Sample-and-Hold je použití článků R122 (R222), C110 (C210), které jsou připojeny paralelně k paměťovým kondenzátorům C112 (C212). Tyto články zlepšují odezvu umlčovače při velmi širokých rušivých impulsech. Kondenzátory C110 (C210) obsahují vzorek dlouhodobého průměru vstupního signálu. Při delší aktivaci detektoru se nábojem z kondenzátorů C110 (C210) dobíjejí paměťové kondenzátory C112 (C212) v obvodu Sample-and-Hold. Tak je zajištěno, že při širokých rušivých impulsech nevzniknou ve výstupním signálu slyšitelná hluchá místa.

Na obr. 45 je pro názornou ilustraci funkce popisovaného umlčovače srovnán oscilogram vstupního signálu, ke kterému je superponován rušivý impuls (horní stopa) s oscilogramem výstupního signálu, ve kterém je rušivý impuls odstraněn (dolní stopa).

Výkonové zesilovače

Tranzistory pro výkonové zesilovače

Na toto místo jsem původně chtěl dát tabulku se seznamem a základními parametry výkonových tranzistorů od různých výrobců, vhodných pro konstrukci výkonových zesilovačů.

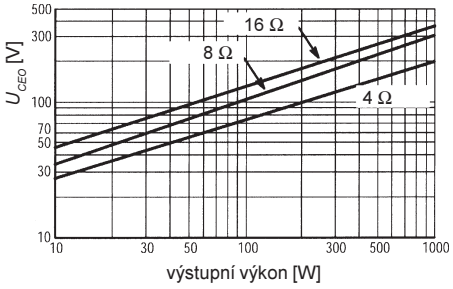
Namísto tabulky jsou tu však dva užitečné grafy. Podle prvního na obr. 46 lze určit potřebné závěrné napětí U_{CEO} budicích a koncových tranzistorů a podle druhého na obr. 47 lze určit špičkový kolektorový proud I_{CM} koncových tranzistorů. Obě veličiny jsou v grafech vyneseny v závislosti na požadovaném výstupním výkonu zesilovače při zátěži 4, 8 nebo 16 Ω.

Grafy mohou konstruktérům napomoci při specifikaci základních parametrů výkonových tranzistorů při návrhu výkonového zesilovače.

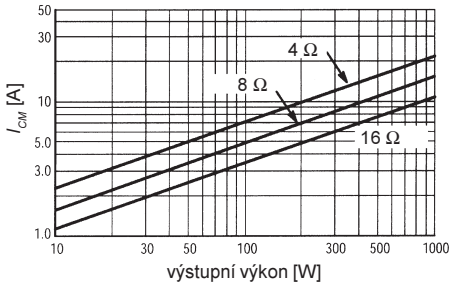
Pro bližší představu o skutečných poměrech v koncovém stupni výkonového zesilovače při různých typech zátěže (nejen čistě odporové, ale i s reaktanční složkou) slouží zatěžovací charakteristiky na obr. 48 (pro zesilovač o výkonu 100 W) a na obr. 49 (pro zesilovač o výkonu 200 W). Oba zmíněné výkonové zesilovače budou podrobně popsány o něco dále.

Program pro analýzu výkonových zesilovačů

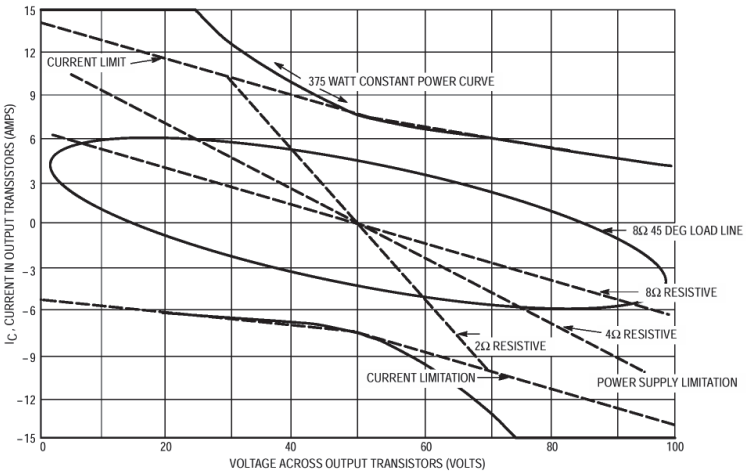
Pro návrh lineárních výkonových zesilovačů i výkonových zesilovačů pracujících ve třídě D a pro jejich vý-



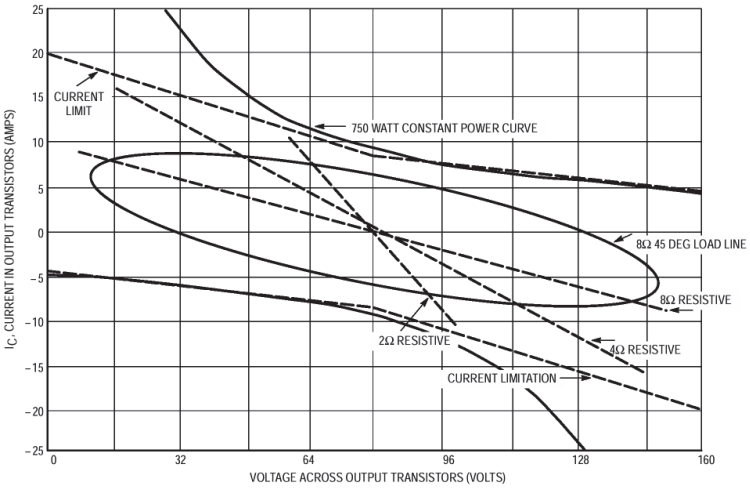
Obr. 46. Potřebné závěrné napětí U_{CEO} budicích a koncových tranzistorů v závislosti na požadovaném výstupním výkonu zesilovače při zátěži 4, 8 nebo 16 Ω



Obr. 47. Špičkový kolektorový proud I_{CM} koncových tranzistorů v závislosti na požadovaném výstupním výkonu zesilovače při zátěži 4, 8 nebo 16 Ω.



Obr. 48. Zatěžovací charakteristika zesilovače 100 W



Obr. 49. Zatěžovací charakteristika zesilovače 200 W

Literatura

[1] *Bartoň, K.*: Širokopásmový kompandér Hi-Fi. Praktická elektronika 1/1998, s. 10 až 13.

[2] *Bartoň, K.*: High-End zařízení pro potlačení šumu SSM2000. Praktická elektronika 3/2000, s. 16 až 20.

[3] *Bartoň, K.*: Obvody pro napájecí zdroje - popis IO TL431. Konstrukční elektronika 4/1998, s. 150, 151.

[4] Diskreter Ulti – Preamp. Elektor 7-8/ /1994, s. 96, 97.

[5] Ein schneller Meß-Endverstärker. Funkschau 8/1984, s. 87 až 88.

[6] Analog – Schaltungstechnik. Elrad 7-8/ /1988, s. 113.

[7] Phono Preamp. Popular Electronics 3/ /1981, s. 80 až 82.

[8] MC - Vorverstärker. Elektor 3/1991, s. 22 až 25.

[9] MC/MD - Vorverstärker. Elektor 12/ /1986, s. 62.

[10] Hi-Fi Vorverstärker. ELO 8/1986, s. 24.

[11] Rumpel/Subsonic - filter. Elektor 7-8/ /1990, s. 60.

[12] *Protheroe, D. W.*: Simple active filters for equalizers. Wireless World 9/1980, s. 77.

[13] *Self, D.*: Precision Preamplifier. Wireless World 10/1983, s. 31 až 34.

[14] *Baxandall, P.*: Audio Gain Controls. Wireless World 11/1980, s. 79 až 81.

[15] *Porter B. E.*: Tone control. Wireless World 1/1984, s. 73.

[16] Clipping-Indikator. Elektor 2/1992, s. 32 až 34.

[17] ELO 4/1988, s. 89.

[18] Gehörrichtige Lautstärkeeinstellung. Elektor 10/1992, s. 53.

[19] *-Lx-*: Má fyziologická regulace hlasitosti své oprávnění ? Amatérské Radio 3/1979.

[20] Audio circuits using the NE5532/3/4. Application Note 142, Philips Semiconductors.

[21] Impulse-noise blanker module. Wireless World 1/1983, s. 48.

[22] *Gorin, J.*: Click and Pop Filter for your STEREO. Radio - Electronics 5 a 6/1986.

[23] *Scherer, T.*: Gigant. Elektor 5/1986.

[24] TEA6360, 5 - band stereo equalizer circuit. Philips Semiconductors.

[25] The I^2C-bus and how to use it (including specifications). Philips Semiconductors.

[26] The I^2C-bus Specification, Version 2.0. Philips Semiconductors, December 1998.

[27] I^2C-bus allocation table. Philips Semiconductors.

[28] LMC835 Digital - Controlled Graphic Equalizer Data Sheet. National Semiconductor Corporation.

[29] Designing with the LMC835 Digital - - Controlled Graphic Equalizer. Application Note 435, National Semiconductor Corporation.

[30] *Hefley, A.*: 100 and 200 Watt High Fidelity Audio Amplifiers Utilizing a Wideband - Low Feedback Design. Application Note AN1308, Motorola.

[31] *Priškin, J.*: Objevte tajemství „lepšího zvuku elektronek". Praktická elektronika 10/2000, s. 30, 31.

[32] TDA8571J - 4x 40 W BTL quad car radio power amplifier. Philips Semiconductors.

[32] TPA005D02, 2 W Stereo Class-D Audio Power Amplifier. Texas Instruments.

[34] TPA2000D2, 2 W Filterless Stereo Class-D Audio Power Amplifier. Texas Instruments.

[35] TPA2000D2, Filterless Class-D Audio Power Amplifier Amplifier Evaluation Module. Texas Instruments.

ELEKTRONIKA V ČLÁNCÍCH

na desketě 3,5"

Databázový seznam článků s elektronickou a elektrotechnickou tématikou v časopisech PE A Radio, KE A Radio, Stavebnice a konstrukce, Electus, Amatérské rádio atd. obsahuje seznam článků, které vyšly v těchto časopisech od roku 1980 do konce roku 2000 nebo od roku zahájení jejich vydávání.

Program je vytvořený v D-BASE III, pracuje v prostředí DOS a nevyžaduje nainstalované produkty Windows, takže uživateli nehrozí nebezpečí, že používá nějaký nezákonný software. Seznam obsahuje více než 13 000 záznamů a na disketě 3,5" jej na dobírku 298 Kč, včetně poštovného, zasílá: Kamil Donát, Pod sokolovnou 5, 140 00 Praha 4.

OBJEDNÁVKA PRE SLOVENSKÚ REPUBLIKU

NAJVÝHODNEJŠIE PREDPLATNÉ PRE SLOVENSKÚ REPUBLIKU OD MAGNET-PRESS SLOVAKIA!!!

Výrazné zľavy z cien časopisov a doplnkového tovaru (CD ROM, publikácie). Využite mimoriadnu cenovú ponuku, s ktorou prichádza Magnet-Press Slovakia, exkluzívny distributér časopisov A radio, Amatérske radio pre Slovenskú republiku. Balné a poštovné zdarma!!!

Praktická elektronika A Radio - mesačník

☐ ks - ročné predplatné od č. ..... v cene 540,- Sk (12 čísel)
☐ ks - polročné predplatné od č. ..... v cene 280,- Sk (6 čísel)

Konstrukční elektronika A Radio - dvojmesačník

☐ ks - ročné predplatné od č. ..... v cene 270,- Sk (6 čísel)

Stavebnice a konstrukce A Radio - dvojmesačník

☐ ks - ročné predplatné od č. ..... v cene 222,- Sk (6 čísel)

Amatérské Radio - mesačník

☐ ks - ročné predplatné od č. ..... v cene 540,- Sk (12 čísel)
☐ ks - polročné predplatné od č. ..... v cene 280,- Sk (6 čísel)

ELECTUS `2000

- príloha PE (marec)

☐ ks - v cene 45,- Sk za 1 kus (cena len pre našich predplatiteľov - bežná cena bude 65,- Sk)

Predplatné predlžujeme automaticky, ak čitateľ 2 mesiace vopred odber nezruší.

Meno a priezvisko (Firma): ..... Dňa: .....
Adresa: ..... PSČ: .....
Pre organizácie: IČO: ..... Podpis:.....
DIČ: ..... Pečiatka:

PONUKA CD ROM:
CD ROM PE a KE *1996*, CD ROM *1997*, CD ROM *1998* (už k dispozícii). **Cena: 350,- Sk. Pre našich predplatiteľov: len 240,- Sk! CD ROM PE, KE, AR, SaK *1999* - cena: 420,- Sk. Pre našich predplatiteľov: len 290,- Sk! Sada CD ROM 1987 až 1995. Cena 1150,- Sk. Pre našich predplatiteľov len 960,- Sk.** CD ROM zasielame na dobierku **(cena plus balné a poštovné)**, je možné si ho vyzdvihnúť aj na uvedenej adrese.

***Objednávky zasielajte na adresu:* Magnet-Press Slovakia, Teslova 12, 821 02 Bratislava, tel./fax: 07/44 45 46 28, E-mail: magnet@press.sk**

***Rok 2001* - istota s novým distributérom Vášho obľúbeného časopisu !!!**