

Koncové zesilovače pro aktivní subwoofery

Každý, kdo začal uvažovat nad stavbou aktivního subwooferu pro svůj domácí reprodukcí systém a rozhodl se vlastními silami realizovat i zesilovač do něj, si jistě už položil otázku : Jaký zesilovač, s jakým výkonem, jaké koncepce? A v neposlední řadě : za kolik ? Nejprve bych měl případně nadšené zájemce a stavitele poněkud zchládit konstatováním, že stavba úplného subwooferového zesilovače s výkonem kolem stovky wattů či více, má-li být přiměřeně kvalitní a spolehlivý, není zcela jednoduchou záležitostí a to i v případě, že použijete například již hotové a oživené moduly a funkční bloky. Velmi často pak dochází k jednoduchým rozhodnutím tohoto typu : koupím hotové moduly, prodrátuje se to a je vymalováno, musí to chodit. Nemusí a následně pak dochází ke zbytečným nedorozuměním, reklamám na hotové moduly, případně odsouzení firmy, která Vám dotyčný modul prodala. Aby k těmto situacím docházelo co nejméně a aby Vaše dílo bylo pokud možno korunováno úspěchem, přečtěte si nejprve těchto několik bodů :

1. Rozumím dobře funkci jednotlivých aktivních a pasivních součástek, orientuji se dobře v jejich značení a zapojení ?
2. Mám dostatek vědomostí a už i nějakou tu zkušenost, abych si v případě potíží /brum, kmitání, šum a podobné projevy/ věděl rady?
3. Mám po ruce zkušenějšího kámoše, se kterým se lze v případě potíží poradit, příp. z něj vymámit nějakou tu chybějící součástku?
4. Mám alespoň Avomet II. po tátovi či jiný dobrý měřicí přístroj /ted' nemám na mysli "multimetr" z OBI za 159Kč/, dobrou páječku a s obojím umím dobře zacházet? Dobrá rada : nikdy si nepůjčovat dražší měřicí přístroj. Odejde podle Murphyho zákona i jiných podivných zákonů právě ve Vašich rukou. Můj táta vždycky říkal : "Fajfka, měřák a baba se nepůjčujou"...:-)))
5. Mám k dispozici alespoň to nejnужnější základní mechanické vybavení /opět nejlépe tátovo vlastnictví/ jako je vrtačka /nejlépe i ve stojanu/, svěrák, pilku na kov, pilníky, vrtáky, nůžky na plech, případně el. přímočarou pilku a další nezbytné pomocníky, abych si mohl např. vyvrtat chladič profil, skříňku, ohnout plech, vyrobit stínicí kryt apod. ?

Pokud odpověď na některý z bodů 1-4 či dokonce více bodů zní NE, zapomeňte prosím na to, že např. chybějící znalosti lze nahradit větší porcí elánu a chuti do práce. Riziko případného neúspěchu se dosti zvyšuje s každou odpovědí typu NE. Zálžitosti pod bodem 5 již tak kritické nejsou, ledacos se dá vypůjčit od kamarádů, udělat v zaměstnání...Něméné neházejme už ted' příslovečnou flintu do žita, náhoda je blbec a ono to opravdu náhodou fungovat bude...

Následující řádky berte prosím jako vodítka pro Ty z Vás, kteří na body 1-4 odpověděli ANO. Zkušení konstruktéři a mazáci, kteří si např. sami navrhují jednotlivé obvody, pochopitelně podobné články ani nečtou.

Sestava kompletního zesilovače pro aktivní subwoofer obvykle začíná vstupními konektory, které v zájmu spolehlivosti použijte co nejkvalitnější. Je nutno si uvědomit, že konektor musí udržovat dokonalý kontakt v prostředí se značnými vibracemi, jakým bezesporu subwoofer je. Ve vlastním zájmu je dobré se vyhnout standardní plastové a poniklované čínské bižuterii za pár korun, kterou ale bohužel prodává většina prodejců součástek. Velmi špatně se pájí, má nedokonalý kontakt, láme se a taví při pájení, o stínění ani nemluvě. Několik dodavatelů součástek ovšem vedle tohoto šmejdového sortimentu prodává i kvalitní konektory, které od zbytku odlišuje jednak kvalitata zpracování, jednak výrazně vyšší cena, často okolo 40Kč/ks za zásuvku cinch.

Signál ze vstupního konektoru /či konektorů/ může, ale nemusí pokračovat na slučovací obvod z obou kanálů. Pokud budete subwoofer používat ve spojení s AV zesilovačem, který již má jediný monofonní výstup pro subwoofer, lze druhý konektor i slučovací obvod vypustit. U továrně vyráběných aktivních subwooferů je slučovací obvod až na výjimky tvořen dvěma operačními zesilovači, které zároveň slouží jako impedanční převodníky pro vedlejší linkový výstup, např. pro připojení dalšího aktivního subwooferu či zesilovače. Pak již následuje zcela běžné odporové sčítání L+R. Je velmi vhodné /ale nikoli nutné/, aby za sčítacím obvodem ihned následoval subsonický filtr s mezním kmitočtem cca 20Hz a strmostí nejméně 18dB/oktávu, lépe 24dB/oktávu. Tento filtr bezpečně zabrání přenosu kmitočtů, které se v některých nestandardních signálech mohou vyskytnout, ale které jsou škodlivé až nebezpečné pro závěsy reproduktoru a zbytečně zatěžují koncový zesilovač. Mimoto slouží jako výborná ochrana proti "pumpování" reproduktoru při případném stejnosměrném posuvu na výstupu budicího zesilovače. Mnozí výrobci AV zesilovačů /ve snaze ušetřit nějaký ten centík/ zcela vypouštějí vazební kondenzátory na linkových výstupech, spoléhají se na nulovou ss úroveň, danou zapojením a dokonce to prezentují jako přednost s téměř nulovým vnitřním odporem a fázově čisté zapojení. Skutečnost a zkušenosti jsou bohužel takové, že při každém větším "zhoupnutí" síťového napětí, přebuzení či poruše zdrojů takového přístroje se pak membrána reproduktoru subwooferu doslova utrhne ze závěsů, zvláště je-li použit výkonný koncový zesilovač s dobře dimenzovaným zdrojem. Subsonický filtr podobným jevům stoprocentně zabrání.

Za subsonickým filtrem již může obvodově následovat vlastní přeladitelná dolní propust, laditelná obvykle v rozmezí 30-150Hz, s konstantním činitelem jakosti a řešená nejčastěji jako SVF /state variable filter, filtr se stavovou proměnou/. Strmost této laditelné propusti může být 12-18dB/oktávu a je dobré ji kvůli fázové shodě zvolit s ohledem na strmost výhybek, použitých ve zbytku reprodukcího řetězce. Minimální použitelná strmost takové laditelné dolní propusti je ovšem 12dB/okt. Při použití strmějšího filtru a v akusticky nepřilíš vhodném prostředí může docházet k fázovým posuvům, proto bývají lepší tovární výrobky na výstupu laditelné dolní propusti opatřeny ještě obvodem, umožňujícím skokovou změnu fáze 0°-180°, případně umožňují měnit fázi plynule v uvedeném rozsahu.

Za laditelnou dolní propustí, nebo fázovacím obvodem již může následovat regulátor úrovně a koncový zesilovač. Nejdražší tovární výrobky renomovaných firem /Jamo, Focal, JBL/ obsahují za dolní propustí ještě více či méně dokonalý limitér, zabraňující přebuzení a přetížení koncového zesilovače. Levnější výrobky mají zálžitost limitace "vyřešenu" kombinací zenerových, běžných i schottky diod, které sice hlubokému přebuzení koncového zesilovače nezabrání, ale signál je diodami alespoň vytvarován tak, že následně zkreslení není uchu tak nepřilijmné a vyvolává dojem vyšší vybuditelnosti zesilovače. S věrnou reprodukcí basového pásma nemá ale toto řešení nic společného. Vlastní regulátor úrovně /potenciometr/ nemusí být nutně logaritmický, jaký se používá k regulaci hlasitosti na běžném zesilovači. Na subwooferu budete nastavovat úroveň jen jednou za čas, pokud vůbec a pak je jednoznačným kritériem pro volbu potenciometru jeho odolnost proti vibracím, prachu a stabilita nastavení odporu. Opět je třeba se vyhnout levné čínské a bůhvídkud produkci, jež prodává např. MeTronix, ale i další firmy. Nejsou odolné proti vnikání prachu, vývody v místě nýtování ztrácejí kontakt s odporovou drahou, chrastí už nové a jedinou jejich výhodou je supernízká cena. Nepoměrně kvalitnější jsou v současnosti běžně vyráběné potenciometry Tesla řady TP160, běžně se vyrábí i provedení s drážkovaným hřídelem. Pak jsou zde výrobky známé firmy ALPS, ze kterých je nutno vybírat velmi opatrně a

jako poslední, nejdražší a také nejkvalitnější možnost je potenciometr Tesla TP190, rovněž v současnosti vyráběný firmou ES Ostrava. Jde o výjimečně kvalitní, zcela prachotěsný a otřesuvzdorný potenciometr pro průmyslové aplikace, se zaručovanou životností a stabilitou nastavení. TP190 se vyrábí v jednoduchém provedení s lineárním nebo logaritmickým průběhem, nezaměňte jej s potenciometrem Tesla TP195, což je vzhledově velmi podobný, ale elektricky zcela odlišný cermetový potenciometr, pro akustické aplikace zcela nevhodný a kterých je v různých výprodejích pořád plno.

Nyní k vlastnímu koncovému zesilovači. Může být řešen mnoha různými způsoby a je skutečně velmi těžko rozhodnout, který z nich je ten správný - ve hře je mnoho faktorů, z nichž nejpodstatnější jsou cena, kvalita a výkon. V dalším textu budu používat jako směrodatný pouze čistý sinusový výkon koncového stupně, naměřený na definovaném kmitočtu sinusového průběhu, při dané maximální hodnotě zkreslení a do jmenovité odporové zátěže. Poměr cena : kvalita : výkon je ovšem velmi komplikovaná otázka, je nutno obvykle si stanovit prioritní ukazatel a pak je teprve možno vybírat způsob řešení koncového zesilovače. Je totiž poměrně snadné vyrobit levný, v mnoha technických parametrech kvalitní a velmi výkonný zesilovač, který ovšem bude pro použití v subwooferu zcela nevhodný, např. z důvodu velkého vnitřního odporu koncového stupně a tím i malého činitele tlumení reproduktoru /tzv. damping factor/. Tento druh zesilovačů je v drtivé většině případů řešen integrovanými koncovými zesilovači, často dokonce zapojovanými do můstku a používá se jen v nejlevnějších, popř. kvalitativně nejhorších přístrojích tohoto druhu. Jen malé odbočení : cena továrního subwooferu, případně značka v žádném případě neodráží jeho skutečnou technickou hodnotu či kvalitu reprodukce a to i v případě, že se jedná o výrobek renomované či známé značky. V mnoha případech se totiž jedná o technicky velmi průměrný výrobek z nižší kategorie, který je ale zpravidla opatřen atraktivní vizáží, dálkovým ovladačem a ze kterého udělal český prodejce výrobek vyšší třídy jen vysokou obchodní marží. Pakliže se prodejce zeptáte, proč je tento dotyčný aparát tak drahý, uslyšíte ujištění, že kvalita přece nemůže být levná. Po otevření přístroje pak lze zpravidla nalézt fušeráckou asijskou práci, haldy drátů, mizerný reproduktor, zbytky pilin z truhlárny a koncový stupeň osazený integrovaným obvodem TDA7296, který si čeští prodejci součástek ani netroufají samostatně prodávat. Samostatnou kapitolou jsou obchodnická kouzla se sinusovými, hudebními, špičkovými a jinými výkony dotyčných aparátů. V manuálu, na krabici i v propagačním letáku se např. dočtete, že Váš právě zakoupený krásný subwoofer má např. výkon 100/200W. Málokdo /téměř nikdo-na to se spoléhá / dokáže pouhým poslechem určit, jaký asi výkon má tento konkrétní přístroj. Opět po otevření přístroje /při případné, velmi pravděpodobné opravě / zjistíte, že na koncovém stupni se hrdě tyčí obvod TDA7294, napájený napětím naprázdno cca 2x35V, čili s maximálním sinusovým výkonem kolem 65W. První údaj /který neznalostí považujeme za sinusový/ by se dal - s jistou benevolencí - snad brát jako hudební výkon, kterého by přístroj při dostatečné kapacitě filtračních kondenzátorů byl schopen. Druhý údaj je něco, co patří jen k fantazii a zbožnému přání výrobce a který tento konkrétní výrobek zvyhodňuje před serióznější konkurencí.

Ale konec láteření, zpět k budoucímu zesilovači našeho subwooferu. Výkonové integrované zesilovače TDA1514, TDA2051, TDA7294, LM3876, LM3886, LM4700 a jejich klony. Vzhledem k nízké charakteristické citlivosti nízkorezonančních reproduktorů, používaných v domácích subwooferech /86-90dB/1W/1m/ jsou tyto obvody svým výkonem a ostatními vlastnostmi vhodné jen do nejjednodušších konstrukcí bez větších nároků na výkonovou rezervu pro přenos dynamických špiček, případně pro malé subwoofery např. k PC. Díky poměrně velkému vnitřnímu odporu mají integrované zesilovače poměrně malý činitel tlumení a jsou absolutně nevhodné pro subwoofery s ozvučnicí typu basreflex. Nízký činitel tlumení přispívá k volnějšímu pohybu kmitacího systému reproduktoru a při méně korektním návrhu basreflexu se reproduktor může i poměrně nízkým výkonem "utrhnout". Kromě tohoto jevu vznikají různé rezonanční špičky a typické hučení, jehož původ se hledá všude jinde, jen ne v zesilovači. Nesymetricky napájené integrované koncové zesilovače /na které je tu jeden často publikující specialista/ s vazebním elektrolyt. kondenzátorem na výstupu jsou pak nevhodné zcela. Elektrolytický kondenzátor /není-li speciální a velmi drahé konstrukce/ má totiž nezanedbatelný vnitřní odpor a impedanci /správněji ekvivalentní sériový odpor/, který ještě zhoršuje již beztak špatnou hodnotu činitele tlumení - a to i v případě, je-li zahrnut v hlavní smyčce záporné zpětné vazby. Mířím tím na jinak zcela bezproblémové, kvalitní a velmi populární zapojení typu Transiwatt 40-140, které u nás zpopularizoval dnes již bohužel nežijící konstruktér Jiří Janda. Zvláštní odrůdou - nebo spíš zrůdou - jsou v pravidelných intervalech uveřejňované, nesymetricky napájené koncové zesilovače /s IO i diskretně řešené / jistého autora, který nesymetrické napájení zdůvodňuje jednoduchostí a elektrolyt na výstupu bezpečností reproduktorů. Je to řešení zcela zcestné a má snad oprávnění u školních pokusů, nikoli v běžné praxi. Navíc se některé integrované zesilovače, zapojené tímto způsobem /speciálně TDA2030-2051, ale i jiné/ chovají zcela odlišně, než při symetrickém napájení, vykazují známky nestability a je tedy nutno individuálně přistupovat ke kmitočtové kompenzaci. Obvod TDA1514, napájený nesymetricky, pokud není opatřen velmi tvrdým děličem k nastavení 1/2 Un na výstupu a velmi tvrdým napájecím zdrojem, při vybuzení k limitaci stejnosměrně "ujíždí" náhodně s výstupem, tyto změny se přenesou přes vazební elektrolytický kondenzátor na výstupu a výsledkem je ono typické "houpání" membrán reproduktorů a v některých případech jsou i uvedena opatření /tvrdý dělič i tvrdý zdroj/ málo účinná.

Samostatnou kapitolou jsou integrované obvody, vyráběné hybridní technologií, jejichž tvůrcem je firma Sanyo. Jsou to vlastně integrované obvody, sestavené z diskretních čipů na společné podložce. Lze s nimi postavit po všech stránkách velmi dobré koncové zesilovače až do sinusového výkonu cca 150-200W /STK4048-4050/, výjimkou nejsou ani můstky 400W/8 ohm s uvedeným obvodem. Mají excelentní parametry, mají velkou, eloxem izolovanou dosedací plochu, takže i odvod tepla chladičem je výborný a lze je trvale zatěžovat až do mezních údajů výrobce. Jejich používání bohužel brání poněkud horší dostupnost, vysoká cena a v neposlední řadě nedostatek aplikačních podkladů. Popis celé řady obvodů STK i popis výrobní technologie lze nalézt v článku pana Kosmela v PE 8/97, kompletní "domácí" zesilovače špičkových parametrů s těmito obvody a od stejného autora pak v PE 9/97 a PE 6/99.

Pro kvalitní pohon domácího subwooferu a vzhledem k výkonovým požadavkům /100-200W-8ohm/ tedy zbývá dobře navržený zesilovač třídy AB či B, sestavený z kvalitních a správně dimenzovaných diskretních součástek, opatřený na koncovém stupni několika paralelními páry výkonných koncových tranzistorů. Zcela záměrně se nebudu zmiňovat o zesilovačích třídách D a T, které zatím mají více nevýhod než výhod, z těch nejhorších nevýhod jmenujme alespoň velmi těžko odstranitelné širokopásmové rušení, které je tím silnější, čím větší sinusový výkon zesilovač má a čím delší použijete kabel k reprosoustavě. Zapojení diskretních koncových zesilovačů s bipolárními i unipolárními koncovými tranzistory bylo v časopisech Amatérské Radio, Praktická Elektronika, v bývalých žlutých Stavebnicích a konstrukcích a spouště další literatury uveřejněno mnoho, ovšem ne všechny konstrukce dopadly tak, jak autor původně zamýšlel. Některé jsou schopny odradit

případně zájemce svou přílišnou složitostí, jiné cenou použitých součástek a některé jednodušší, na první pohled bezproblémové konstrukce v sobě skrývají záludnosti, se kterými se začínající či málo zkušený bastlíř jen těžko vyrovná. Nezřídka končí pokusy o stavbu takto jednoduchého zapojení destrukcí polovodičů, spojové desky a posléze v odpadkovém koši, včetně frustrace z nepovedené práce.

K těm složitějším, nicméně nepříliš drahým a vysoce kvalitním patří bezesporu všechny uveřejněné konstrukce pana Pavla Dudka, ať se jedná o nejstarší typ DPA1000, přes DPA220 až po typ DPA330, osazený laterálními MOSFETy Hitachi až po nejnovější typy DPA222 a DPA223. Záměrně se nezmiňuji o typu DPA380, který je určen pro osazení MOSFETy s vertikální strukturou typu IRF. V době vývoje a uveřejnění tohoto zesilovače byly tranzistory IRF něčím zcela jiným, než pod stejným označením koupíte dnes. Starší provedení těchto unipolárních tranzistorů bylo "lineárnější", byly snáze ovladatelné v lineárním režimu a zesilovač DPA380 s nimi dosahoval excelentních parametrů. Dnešní provedení např. tranzistorů IRF640/9640 je inovováno směrem ke zlepšení spínacích vlastností a tyto tranzistory se v lineárním režimu chovají naprosto nepředvídatelně, zvláště pak mutace se suffixem N. Stejným problémem pravděpodobně utrpěl i jinak slušný koncový zesilovač 350W pana Karla Bartoně z PE 7/97.

Dále pak rozhodně patří ke špičce téměř všechny uveřejněné konstrukce a zapojení pana Alana Krause v časopise Amatérské Radio. Výborný je i zesilovač Leach 4.5 z PE11/2002, který se ve verzi 200W/4 ohmy dá zakoupit i jako hotový a oživený modul. Dále pak k dobrým a spolehlivým konstrukcím patří i zesilovač PowerBase 300 z modré Konstrukční elektroniky A Radio č. 5/2002, který má dokonce na spojové desce integrovány i ochranné obvody. Stavebnice i hotové moduly výborných parametrů, zpracované na profesionální úrovni, lze zakoupit u firmy Aldax.

Další samostatnou kapitolou jsou koncové zesilovače, u nichž je k buzení, řízení klidového proudu a ochraně koncových tranzistorů typu Darlington použit integrovaný obvod TDA7250 a které dodnes svedepě používá firma EZK.

Dnes už je vcelku jisté, že tento obvod byl konstruován pro výkonnější koncové stupně ve spotřební elektronice /kolem 100W/, kde se koncový zesilovač dostane do limitace jen občas, případně vůbec a na tento režim je také nastavena charakteristika regulačních a ochranných obvodů uvnitř TDA7250. Jeho použití v profesionální praxi, pro vyšší výkony, případně v aplikacích, kde se využívá maximální sinusový výkon koncového stupně, přináší jisté obtíže. Proudová ochrana velmi ostře reaguje na pokles jmenovité impedance připojených reproduktův odpínáním buzení, což se u nekorektně navržených výhybek stává téměř pravidelně. Při limitaci i do korektní zátěže dochází ke zmenšování ss offsetu výstupu a ochranné obvody reproduktorů samozřejmě zareagují opět krátkodobým odpojením zátěže. Jistým provizorním řešením /např. pokud už modul vlastníte / je použití výkonných koncových tranzistorů např. typu MJ11015/11016, případně MJ11032/11033 a "oblbnutí" ochrany zmenšením snímacích rezistorů. To ovšem přináší i větší pokles klidového proudu a možné zvětšení zkreslení na vyšších kmitočtech. Máte-li možnost, takto řešeným zesilovačům se raději vyhněte.

Jak už bylo uvedeno výše, seriálních dodavatelů stavebnic diskretních koncových zesilovačů je jako příslovečného šafránu. Zesilovač Leach 4.5 z PE 11/2002 je výborný a dá se koupit ve formě hotového, oživeného modulu. Několik desítek stavebnic zesilovačů dodávala i firma Kraus Audio či KTE, ovšem je nutno se předem informovat o formě stavebnice /sypaná či hotový modul/, dodacích lhůtách a ceně. Koncové zesilovače modulové koncepce s budičem TDA7250 a tranzistory typu Darlington, které dodává firma EZK, jsou vhodné jen pro velmi nenáročné aplikace, i když se to vzhledem k jejich výkonu nezdá. Je totiž nezbytně nutné zakoupit daleko výkonnější zesilovač, než by do naší aplikace bylo nutné - to z toho důvodu, aby se zesilovač pokud možno nedostal k hranici limitace, kdy začínají působit citlivé ochrany. Výjimkou je zcela odlišně řešený, již zmíněný modul KMD7666, který je sice velmi výkonný, kvalitní, ale také velmi drahý.

Každý výkonný koncový zesilovač je nutno chladit. Pokud budete řešit zesilovač jako vestavný s chladičem "zvenku" a zajistíte dostatečný průtok vzduchu kolem kolmo umístěného chladiče, lze do sinusového výkonu cca 200W/4 ohmy vystačit s pasivním chlazením. Nezbytností jsou žebra zvenčí skříně subwooferu, černěný povrch, podélná žebra svisle k zemi, příslušný chladicí profil s tepelným odporem maximálně 0,4 -0,6 K/W si vyberete po poradě s prodejcem zesilovače.

Poslední, ale neméně důležitou součástí zesilovače subwooferu je napájecí zdroj. Ten musí mít výkon, dostatečný k napájení plně vybuzeného koncového stupně a platí přibližně pravidlo, že síťový transformátor by měl mít **pro aplikaci v subwooferu** zhruba dvojnásobek výkonu, než je maximální sinusový výkon zesilovače. Typ transformátoru až tak důležitý není - domácí subwoofer je víceméně stabilní zařízení, kde se nepředpokládá časté stěhování a proto i váha transformátoru nehraje tak velkou roli. Lze tedy použít i hotový, třeba starší síťový transformátor EI s přiměřeným výkonem, u kterého si podle potřeby upravíme sekundární vinutí. Transformátor, zvláště je-li o hodně větší a těžší než potřebujeme, lze podložit měkkou gumou, přišroubovat přes pružné podložky a "uklidit" někde do kouta boxu, pokud možno ne do blízkosti magnetu reproduktoru - ten by se Vám odměnil hezkým vrčením a po čase ztrátou citlivosti. Je samozřejmě možné použít i moderní toroidní transformátor, který vzhledem ke své napětové "tvrdosti" nemusí být až tak výkonově předimenzován, stačí s rezervou 1,5 násobku sin.výkonu zesilovače. Pozor na některé, zvláště velmi levné toroidní transformátory z výprodeje - výrobce se snažil ušetřit měď a srazit cenu tím, že jádro transformátoru je využito na 100, někdy 110% dovoleného mag.sycení jádra. Výsledkem je sice malý, ale hlučný a velmi se ohřívající transformátor, který při kolísání síťového napětí "brouká" a má obrovské rozptylové pole, u dobře provedených toroidů nevidané.

Za sekundárním vinutím síťového transformátoru je zapojen můstkový usměrňovač, který musí být proudově dimenzován nejen na maximální odběr zesilovače, ale i na proudový náraz při zapnutí, kdy se nabíjejí následující filtrační kondenzátory. Je velmi vhodné použít na primární straně transformátoru jednoduchý obvod s relé, který proudový náraz při zapínání omezí. Obvodů pro toto použití bylo už uveřejněno mnoho a jsou i v nabídce firem, prodávajících elektronické součástky. Až na životu nebezpečné výjimky prakticky všechny očekávanou funkci víceméně plní. Příkladem takového bezpečného a spolehlivého modulu "softstartu" je např. XMX1152 firmy EZK. Je možno použít již hotový můstkový usměrňovač "kostku" pro proudy 25-50A, případně použít usměrňovač, sestavený ze samostatných diod např. KY710-712 nebo KY717-719, máte-li je doma. Vyžadují tři samostatná chladicí křídélka, kdežto "kostku" lze přišroubovat

na společný chladič s koncovým stupněm. Můstkový usměrňovač z klasických diod zase snáší podstatně větší zatížení a má i menší dynamický odpor. Náhodným měřením bylo dokonce zjištěno, že na diodách kompaktních usměrňovacích "kostek", např. běžně prodávaných neznačkových KBPC2506, které pro nás v jihovýchodní Asii vyrábějí usměvavé dvanáctileté dívenky, je podstatně větší úbytek napětí v zatíženém stavu oproti přechodům "klasických" 20A diod. Proč tomu tak je, bychom se měli nejspíše zeptat u výrobce právě ve východní Asii...

Za vhodně zvoleným můstkovým usměrňovačem již následují nezbytné filtrační kondenzátory, jejichž úkolem je vyfiltrovat pulsující stejnosměrné napětí z usměrňovače a vytvořit zásobu energie pro krytí špičkového odběru zesilovače. Názory na dimenzování této části zdroje se poněkud rozcházejí a u některých neznačkových finálních přístrojů nejsou výjimkou ani "převratně" nízké kapacity kondenzátorů. Praxe opět ukázala, že naprosto nezbytné minimum je přibližně 2.500uF na každý ampér odebíraného proudu v každé napájecí větvi zdroje. Pro aplikaci v subwooferu, kde bude zesilovač buzen pouze signálem velmi nízkého kmitočtu a bude tak mít velký odběr ve špičkách, bych toto nezbytné minimum ještě zdvojnásobil. Pro zesilovač s výkonem 200W do zatěžovací impedance 4 ohmy, se slušným výkonem i na kmitočtu 35Hz /teď nebudu opět zatěžovat složitou teorii/ vychází minimální nezbytná kapacita filtračních kondenzátorů 10.000uF v každé napájecí větvi, požadujete-li dobrý přenos dynamických špiček a velký hudební výkon zesilovače i na nejnižších kmitočtech, pak raději dvojnásobek, tedy 20.000uF pro každou napájecí větev. Zdroj s takovými kapacitami a příslušně tvrdým transformátorem už je ovšem vyloučeno připojovat k síti bez pomalého náběhu, "softstartu". Uděláte-li to, hrozí s velkou pravděpodobností poškození usměrňovače a případně i poškození vlastních kondenzátorů, které jsou v těchto kapacitách, na napětí 63-80V a ve značkovém provedení velmi drahé. Modul softstartu se dá např. u EZK zakoupit i hotový za směšnou cenu, jeho použití ochrání usměrňovač, kondenzátory a koneckonců i zabráni výpadku jističe příslušného zásuvkového okruhu. Při jeho aplikaci je nutná pečlivost a hlavně opatrnost, pracujete zde se síťovým napětím a vlastní modul nelze jen tak někam přilepit tavným lepidlem-je velmi vhodné a bezpečné jej vestavět do malé plastové krabičky, zakoupené tamtéž a z ní vyvést patřičně zajištěné a označené vodiče. Je velmi důležité, aby i sestavený subwooferový zesilovač, určený k vestavbě, měl elektrické krytí IP20 - zjednodušeně řečeno, nesmí být nikde, v žádném místě možnost dotknout se obvodu se síťovým napětím **prstem**. Kdo studuje SPŠE nebo silnoproudou elektrotechniku, případně koho zajímá elektrická bezpečnost, ochrana proti nebezpečnému dotykovému napětí a třídy krytí el. přístrojů, si jistě příslušnou literaturu nastuduje. Bezpečnostní hledisko bych v žádném případě nepodceňoval a po dokončení nechal přístroj zkontrolovat revizním technikem elektro, případně alespoň zkušeným a zodpovědným elektrikářem, který vlastní platné osvědčení o zkoušce podle některého paragrafu vyhl. č. 50. Pracujete přece se síťovým napětím 230V, přístroj mohou obsluhovat i další členové rodiny / když to zabije jen Vás, dobře Vám tak / a navíc bude vestavěn ve skříni z hořlavého materiálu. Základní pravidla: přívod síťového napětí nejlépe vaničkou EURO s integrovaným pojistkovým pouzdrzem, opatřeným tavnou pojistkou s vypínací charakteristikou T /zpožděná/, s proudovou hodnotou max. 1,5 násobku maximálního primárního proudu transformátoru. Odtud dobře izolovanými vodiči na nejlépe značkový síťový spínač /je-li potřeba/, případně se dá zakoupit i celá vanička EURO s integrovaným pojistkovým pouzdrzem a dvoupólovým spínačem. Všechny propojovací síťové vodiče je velmi vhodné ještě navléci do bužírek příslušné barvy, konektory faston a jiné živé části přetáhnout smršťovací bužírkou, aby byl zcela znemožněn dotyk. Vanička EURO i se spínačem se dají opět výhodně elektricky zajistit proti dotyku /zezadu na kontaktech/ malou plastovou krabičkou, na trhu je neuvěřitelný výběr i s "ušima" pro upevnění. Pokud si budete u některé z firem nechávat navinout transformátor, výslovně požadujte integrovanou tepelnou pojistku 115-121°C ve vinutí a zesílenou izolaci mezi primárem a sekundárem, zkoušenou na napětí 4kV/50Hz. Pokud bude mít síťový transformátor tzv. dvojitou izolaci, není nutné spojovat kovové části zesilovače s ochranným žlutozeleným vodičem /střední kontakt vaničky EURO/ a přístroj může být proveden ve II. třídě izolace, bez ochranného vodiče. Pokud ovšem použijete např. starší síťový transformátor nebo jiný, který dvojitou izolaci nemá, pak je nutno žlutozeleným vodičem o průřezu min. 1mm² pospojovat navzájem všechny kovové části přístroje a konec připojit na střední kontakt síťové přívodky EURO. Pak ovšem mohou při propojení zesilovače a např. AV receiveru, /který bývá uzemněn přes FM anténní konektor/ vznikat zemní smyčky, které je nutno odstranit odpojením stínění na jednom konci signálového stíněného kabelu, nikoli odpojením ochranného vodiče, jak to někteří profesionální vrazi často dělají. Zvláště při použití transformátoru neznámého původu či dlouho skladovaného bych doporučil spojení ochranného vodiče s kostrou našeho přístroje ještě jednou, raději dvakrát zkontrolovat. Ti "machři", co už hníjí v zemi, případně se přesypávají v urnách, už Vám o tom nemohou bohužel vyprávět, co udělali špatně...