

# Vážení zákazníci,

dovolujeme si Vás upozornit, že na tuto ukázkou knihy se vztahují autorská práva, tzv. copyright.

To znamená, že ukáзка má sloužit výhradně pro osobní potřebu potenciálního kupujícího (aby čtenář viděl, jakým způsobem je titul zpracován a mohl se také podle tohoto, jako jednoho z parametrů, rozhodnout, zda titul koupí či ne).

Z toho vyplývá, že není dovoleno tuto ukázkou jakýmkoliv způsobem dále šířit, veřejně či neveřejně např. umístováním na datová média, na jiné internetové stránky (ani prostřednictvím odkazů) apod.

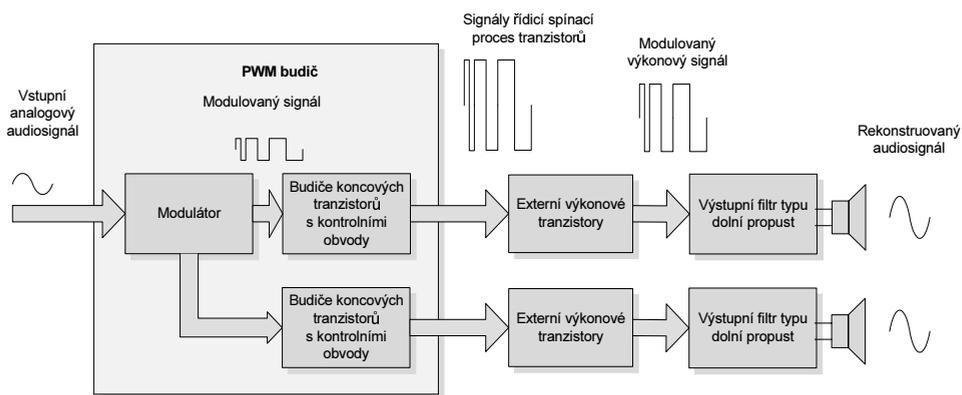
*redakce nakladatelství BEN – technická literatura*  
[redakce@ben.cz](mailto:redakce@ben.cz)



## 2.4 „Analogové“ výkonové audio zesilovače pracující ve třídě D

Vraťme se nyní opět k obr. 2.2, resp. jeho pravé větvi, která ilustruje dělení „analogových“ výkonových audio zesilovačů pracujících ve třídě D. I „analogové“ výkonové audio zesilovače pracující ve třídě D mají své jedinečné výhodné vlastnosti, díky kterým v současné době tvoří nejčetnější skupinu integrovaných audio zesilovačů. Mezi výhodné vlastnosti této skupiny výkonových audio zesilovačů jistě patří miniaturní rozměry, vysoká účinnost, velmi dobré hodnoty audio parametrů zesilovače (THD+N, IMD, atd...), dostatečný výstupní výkon v řádech desítek W, k napájení zesilovače je potřeba velmi nízký počet napájecích zdrojů (obvykle se požaduje jedno až dvě různá napájecí napětí), nízké pořizovací náklady a velmi snadná implementace zesilovače – celý výkonový audio zesilovač pracující ve třídě D je obvykle tvořen pouze jediným integrovaným obvodem s minimálním počtem externích prvků (většinou pasivních).

Jistou výjimkou, kdy je nutné na výstup integrovaného obvodu připojit i aktivní prvky – výkonové tranzistory, tvoří tzv. PWM budiče (v anglosaské literatuře často označované jako tzv. „PWM drivers“). Jedná se o součástky svým principem analogické k výše zmíněným audio procesorům, které v kombinaci s budiči výkonových koncových tranzistorů zesilovače a obvody zabraňujícími destrukci koncového stupně zesilovače tvoří jediný integrovaný obvod. Principiální bloková struktura výkonového audio zesilovače pracujícího ve třídě D sestaveného pomocí PWM budiče je ilustrována na obr. 2.6.

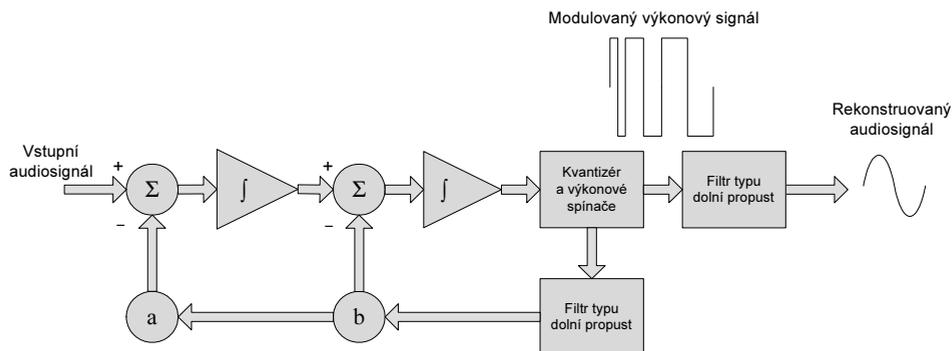


**Obr. 2.6** Principiální bloková struktura výkonového audio zesilovače pracujícího ve třídě D sestaveného s obvodem PWM budiče a externími výkonovými tranzistory

Vstupní analogový audiosignál je „uvnitř“ PWM budiče pomocí obvodů, jež tvoří modulátor, převeden (modulován) na takovou modulaci, která je vhodně použitelná pro řízení výkonových spínačů (viz kapitolu 3). Signál vystupující z modulátoru je upraven v bloku budiče koncových tranzistorů tak, aby jím bylo přímo možné řídit spínací proces externích koncových výkonových tranzistorů zesilovače (zapojených do polovičního mostu nebo do plného mostu).

Obvody PWM budičů můžeme najít např. v sortimentu výrobků firmy STMicroelectronics pod označením TDA7570. Další obvody PWM budičů je možné najít v katalogu výrobků [1] firmy Tripath pod označením TDA1400 a TDA2075A.

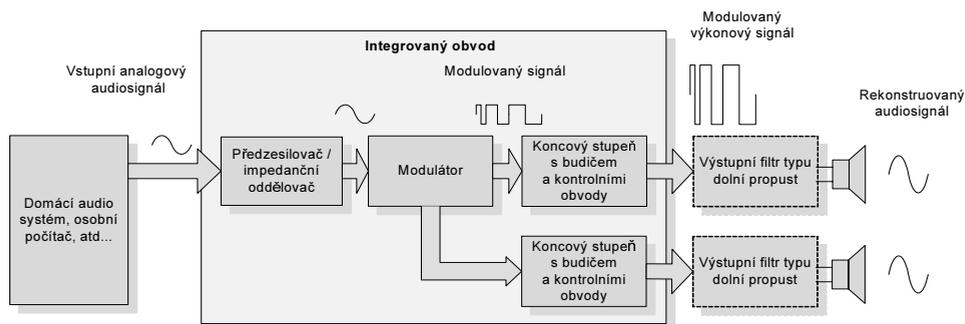
Firma Tripath zavedla pro své výrobky označení „výkonové audio zesilovače pracující ve třídě T“, toto označení (resp. zavedení nové třídy T) je do jisté míry zavádějící. V podstatě se jednalo pouze o komerční označení výrobků a o obchodní trik. Vynikajících parametrů u svých audio zesilovačů firma Tripath dosáhla zejména využitím upravených patentově chráněných modulačních technik, které byly u řady výrobků založeny na adaptivní verzi sigma-delta modulátoru druhého řádu s proměnnými multiplikačními koeficienty (viz obr. 2.7).



**Obr. 2.7** Principiální bloková struktura výkonového audio zesilovače pracujícího ve třídě D s adaptivní verzí sigma-delta modulátoru 2. řádu

Vstupní audiosignál je na obr. 2.7 zaveden do modulátoru (tvořen dvěma sumačními body  $\Sigma$ , dvěma integrátory  $\int$ , kvantizérem a dvojicí zesilovačů s proměnným ziskem,  $a$ ,  $b$ ). Úkolem kvantizéru je rozčlenit výstupní signál z integrátoru (na obr. 2.7 druhého zleva) do určitých (pevně stanovených) hladin. Kvantované hladiny jsou obvykle dvě, proto je ve funkci kvantizéru často použit jednobitový komparátor. Výstupní signál z kvantizéru je amplitudově upraven (zesílen) a dále veden skrze filtr typu dolní propust na výstupní svorky zesilovače (část energie výstupního signálu je zavedena zpět do modulátoru a použita k vytvoření zpětné vazby zesilovače). Více o problematice sigma-delta modulátorů druhého řádu a jejich aplikaci v oblasti výkonových audio zesilovačů pracujících ve třídě D najdete v kapitole 3.6.2.

Kromě výstupního LC filtru typu dolní propust a v některých případech i výkonových spínačů (u obvodů PWM budičů) je často celý výkonový audio zesilovač pracující ve třídě D implementován pouze do jediného integrovaného obvodu. Blokové schéma kompletního audio systému s „analogovým“ výkonovým audio zesilovačem pracujícím ve třídě D je možné prohlédnout si na obr. 2.8.



**Obr. 2.8** Blokové schéma audio systému s „analogovým“ výkonovým audio zesilovačem pracujícím ve třídě D

Nyní si v krátkosti vysvětlíme funkci jednotlivých bloků audio zesilovače z obr. 2.8. Analogový vstupní audiosignál je v bloku předzesilovače zesílen na požadovanou úroveň, dále tento blok realizuje impedanční oddělení výkonového audio zesilovače pracujícího ve třídě D od zdroje audiosignálu.

V bloku modulátoru je analogový signál převeden (modulován) na takovou modulaci, která je použitelná pro řízení výkonových spínačů (uvedme např. impulzně šířkovou modulaci, sigma-delta modulaci, atd., viz kapitolu 3).

Modulovaný signál na výstupu modulátoru je dále zesílen v bloku koncového stupně. V bloku koncového stupně jsou obvykle implementovány i obvody zabraňující výkonovému a teplotnímu přetížení (koncových) spínacích tranzistorů. Signál na výstupních svorkách integrovaného obvodu audio zesilovače je dále obvykle veden skrze blok výstupního filtru typu dolní propust. Tím je snaha zabránit průniku nežádoucích rušivých vysokofrekvenčních složek signálu do okolí zesilovače (resp. do vodičů propojujících audio zesilovač s reproduktorovou soustavou). Někteří výrobci integrovaných obvodů výkonových audio zesilovačů pracujících ve třídě D vyvinuli vylepšené algoritmy (viz kapitolu 3) pro řízení spínací sekvence koncových tranzistorů zesilovače, čímž byla z části eliminována potřeba filtrovat výstupní signál skrze LC filtr typu dolní propust.

V následujících odstavcích bude uveden seznam integrovaných obvodů „analogových“ výkonových audio zesilovačů pracujících ve třídě D, které budou řazeny dle aktuální nabídky (rok 2007) vybraných předních světových výrobců těchto součástek. Zdůrazněme, že časová platnost níže uvedených údajů je omezena (vývoj součástek nelze zastavit a sortiment výrobků se velmi rychle mění). Výše uvedené dělení audio zesilovačů a základní principy činnosti výkonových audio zesilovačů pracujících ve třídě D však zůstávají prakticky neměnné.

Informace podávané v níže uvedeném přehledu by měly mít pro čtenáře pouze přehledový charakter. Aby mohlo být srovnání produktů jednotlivých výrobců objektivní, musely by být parametry výkonových audio zesilovačů pracujících ve třídě D měřeny shodnými metodami a za shodných podmínek. Což v praxi není vždy dodržováno. Výrobci často „vylepšují“ udávané parametry svých zesilovačů i dalšími způsoby.