

D級アンプの測定方法

基本測定システム

本アプリケーション資料は、下記の基本装置を使用する方法について述べます。

- オーディオ・アナライザあるいはスペクトラム・アナライザ
- デジタル・マルチメータ (DMM)
- オシロスコープ
- ツイスト・ペア線
- 信号発生器
- 電力用抵抗
- リニア安定化電源
- フィルタ部品
- EVMあるいは他のオーディオ回路

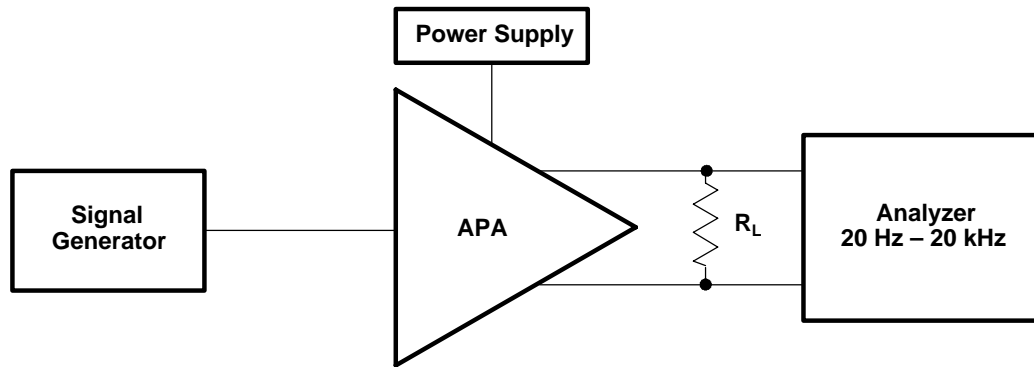
図40にAB級とD級アンプの基本的な測定システムを示します。普通、入力信号には正弦波を使用します。正弦波には高調波成分が無く、基本周波数だけで構成されているからです。次にアナライザをAPA(オーディオ・パワーアンプ)出力に接続して、電圧出力を測定します。アナライザにはオーディオ帯域全体を測定できる性能が必要です。直流安定化電源を使用して、APAの電源ピンから注入される雑音と歪みを低減します。Audio Precision社製のオーディオ測定システム(AP-II)ならば、信号発生器とアナライザがひとつの筐体内に入っています。

信号発生器の出力とアンプ入力にAC結合(カップリング)にする必要があります。しかし、EVMには最初からACカップリング用コンデンサ(C_{IN})があるため、新たなコンデンサは不要です。信号発生器の出力インピーダンスは、テスト信号が減衰しないように低い必要があります。APAの入力インピーダンスがそれほど高くない(約10k Ω)ので、これは重要なことです。逆に、アナライザの入力インピーダンスは高い必要があります。APAの出力インピーダンス R_{OUT} は一般に数百m Ω であり、電力関連の計算以外では省略できます。

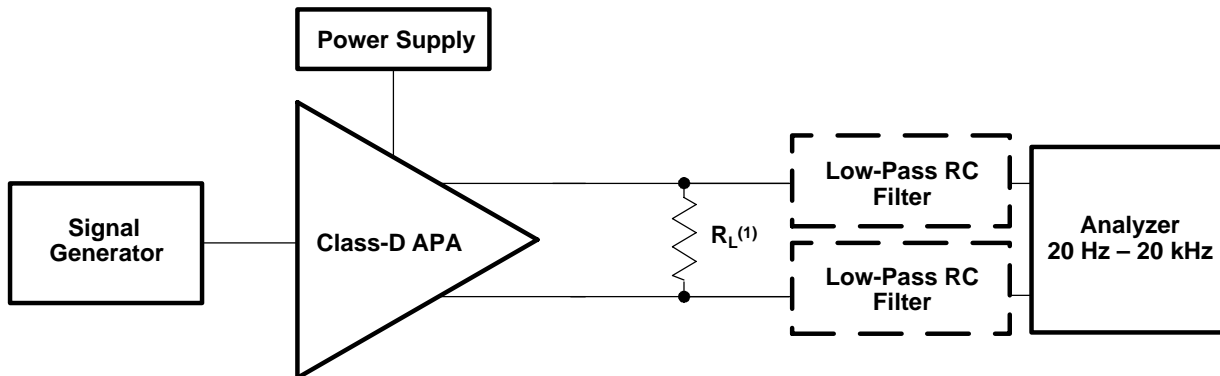
図40(a)はAB級アンプの測定システムを示します。AB級アンプはリニアであり、その出力信号は入力信号に対してリニアな形状であるため、AB級アンプの測定システムは比較的単純になります。AB級アンプはアナログ入力信号を受けて、アナログ出力信号を生成します。したがって、AB級アンプはAP-IIや他のアナライザの入力に直接接続できます。

以上のことは、図40(b)に示すD級アンプにはあてはまりません。ほとんどのD級アンプの場合、オーディオ出力波形の測定にローパスフィルタが必要です。これは、D級アンプがアナログ信号を受けて、それをパルス幅変調(PWM)の出力信号に変換するからです。一部のアナライザはPWM信号を正確に処理できません。

この資料は日本テキサス・インスツルメンツ(日本TI)が、お客様がTIおよび日本TI製品を理解するための一助としてお役に立てるよう、作成しております。製品に関する情報は随時更新されますので最新版の情報を取得するようお勧めします。TIおよび日本TIは、更新以前の情報に基づいて発生した問題や障害等につきましては如何なる責任も負いません。また、TI及び日本TIは本ドキュメントに記載された情報により発生した問題や障害等につきましては如何なる責任も負いません。



(a) 基本的なAB級



(1) For efficiency measurements with filter-free class-D, R_L should be an inductive load like a speaker.

(b) フィルタ・フリーのD級と従来のD級

図40. オーディオ測定システム

TPA2000ファミリー、TPA3000ファミリーは動作時に出力フィルタを必要としない変調手法を使用していますが、測定時にはRCローパスフィルタをしばしば必要とします。これは、一部のアナライザ入力が急速に変化する方形波出力を正確に処理できず、極度に大きな歪みを記録するからです。測定用のRCローパスフィルタを使用すると変調された波形が除去されるので、アナライザは正弦波出力を測定できます。

差動入力とBTL出力

すべてのD級APAと多くのAB級APAは、差動入力およびブリッジタイド負荷(BTL)出力です。差動入力はチャンネルごとに2つの入力ピンがあり、そのピン間の電位差を増幅します。差動入力は入力回路の同相ノイズと歪みを低減します。BTLは一般にオーディオで差動出力を説明するのに使用される言葉です。BTL出力は2つの出力ピンがあり、180度位相がずれた電圧を出力します。負荷はこの両ピン間に接続されます。このようにすると、負荷に対する出力電力を4倍にし、DCブロッキング・コンデンサが不要という利点があります。

測定回路のブロック・ダイアグラムを図2に示します。差動入力は平衡入力であり、正(+)と負(-)のピンがグラウンドに対して等しいインピーダンスを持ちます。同様に、BTL出力は平衡出力と見なせます。

信号発生器は平衡出力である必要があり、その平衡信号によって良い結果が得られます。不平衡出力でも使用できますが、測定精度に影響するグラウンド・ループを形成する可能性があります。また、アナライザも平衡入力にして、システム全体を平衡にしなければなりません。平衡システムは回路の

あらゆる同相ノイズを打ち消し、最も精度の高い測定を可能にします。

差動入力・BTL出力のAPAを接続する場合は、下記の一般ルールに従います。

- 平衡信号源を使用して入力信号を供給する。
- 平衡入力のアナライザを使用する。
- すべての接続はツイスト・ペア線を使用する。
- システムの周囲環境がノイジーな場合はシールドする。
- 電源からAPA、またAPAから負荷へのケーブルを大電流容量にする(表3参照)。

表3は、APA測定システムの電源および負荷用ケーブルの推奨ワイヤーサイズを示します。実際の問題は、電流がケーブルを流れて発生する直流あるいは交流電力損失です。表3の推奨値は、25°Cにおける12インチ長ワイヤー、正弦波信号に基づいたものです。

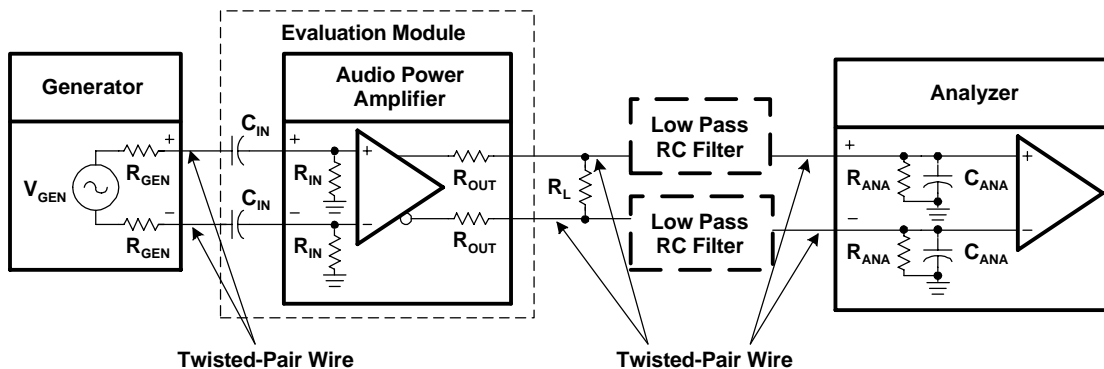


図41. 差動入力-BTL出力測定回路

表3. パワー用ケーブルの推奨最小ワイヤーサイズ

P_{OUT} (W)	R_L (Ω)	AWG SIZE		DC POWER LOSS (MW)		AC POWER LOSS (MW)	
10	4	18	22	16	40	18	42
2	4	18	22	3.2	8.0	3.7	8.5
1	8	22	28	2.0	8.0	2.1	8.1
< 0.75	8	22	28	1.5	6.1	1.6	6.2

D級RCローパスフィルタ

アナライザがパルス幅変調のD級出力波形を処理できない場合、RCフィルタが方形波を低減するために使用されます。このフィルタは、そのカットオフ周波数をオーディオ帯域より上に設定するため、測定精度にほとんど影響しません。高周波の方形波が測定精度に与える影響は無視できます。なぜなら、その周波数が可聴周波数帯域より十分高く、スピーカーのコーンはそのような高レートに反応できないからです。また、従来の変調手法を採用するD級APA (TPA032D0x, TPA005Dxx)に使用されるLCローパスフィルタがある場合、RCフィルタは必要ありません。

RCフィルタの部品定数は、図42に示すような等価出力回路を用いて選定します。 R_L はAPAが試験時にドライブしている負荷インピーダンスです。アナライザの入力インピーダンス仕様は与えられており、 R_{ANA} と C_{ANA} を代入します。このようにすると、測定システムにおけるフィルタ部品の R_{FILT} と C_{FILT} が求められます。このフィルタはAPAの出力グラウンド・ピンすなわちパワー・グラウンド・ピンの近くに接地して、グラウンド・ループを最小にします。

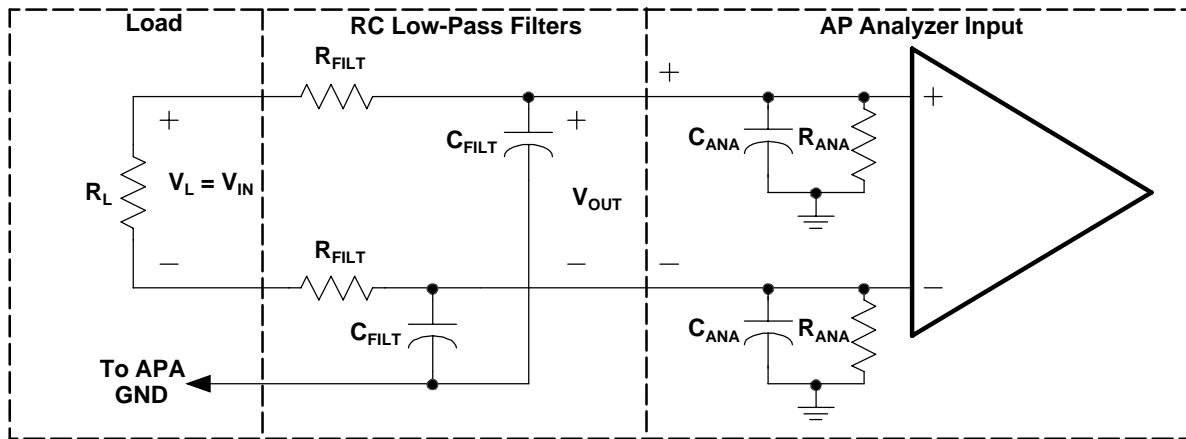


図42. D級APAのための、測定用ローパスフィルタの導出回路

この回路の伝達関数を式(10)に示します。ここで、 $\omega_0 = R_{EQ} C_{EQ}$, $R_{EQ} = R_{FILT} // R_{ANA}$, および $C_{EQ} = (C_{FILT} + C_{ANA})$ です。フィルタのカットオフ周波数は測定帯域の最高周波数 f_{MAX} 以上に設定し、オーディオ信号の減衰を防止します。式(11)がこのカットオフ周波数 f_c になります。 R_{FILT} の値は R_L より十分大きくし、負荷からシャントされる電流を最小にします。しかし、 R_{FILT} と R_{ANA} で構成される分圧回路によるアナライザの入力電圧の減衰が最小になるように、 R_{FILT} の値を R_{ANA} に比較して十分小さくします。目安として、ほとんどの測定において R_{FILT} の値を小さく($\sim 100\Omega$)します。この値は、 $R_{ANA} \geq 10k\Omega$ の場合で測定誤差を1%より小にします。

$$\left(\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) = \frac{\left(\frac{R_{ANA}}{R_{ANA} + R_{FILT}} \right)}{1 + j \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)} \quad (10)$$

$$f_c = \sqrt{2} \times f_{MAX} \quad (11)$$

効率を測定する場合は例外です。 R_{FILT} を10倍程度に増加し、フィルタによるシャント電流を低減しなければなりません。その場合、 C_{FILT} を10分の1にしてカットオフ周波数を

同じ値に保ちます。表2に推奨のフィルタ部品定数を示します。

f_c を決め、 r_{FILT} を選定したら、フィルタのコンデンサは式(12)を用いて計算します。その計算値のコンデンサが入手できない場合は、それより小さい容量値を選び、 f_c を式(11)で計算される所要の最小値以上に保つ方が良いです。

$$C_{FILT} = \frac{1}{2\pi \times f_c \times R_{FILT}} \quad (12)$$

表2は標準部品定数に基づいた R_{FILT} と C_{FILT} の推奨値を示します。 f_c の値は f_{MAX} を20kHzとして、もともと28kHzの計算になりました。その結果 C_{FILT} は57000pFと計算されましたが、それに最も近い値の56000pFと51000pFは入手できませんでした。そこで、その代わりに47000pFのコンデンサを使用し、 f_c を所要値の28kHzより高い34kHzにしました。

表4. 代表的な測定用RCフィルタの値

MEASUREMENT	R_{FILT}	C_{FILT}
Efficiency	1000 Ω	5600 pF
All other measurements	100 Ω	56000 pF

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Following are URLs where you can obtain information on other Texas Instruments products and application solutions:

Products		Applications	
Amplifiers	amplifier.ti.com	Audio	www.ti.com/audio
Data Converters	dataconverter.ti.com	Automotive	www.ti.com/automotive
DSP	dsp.ti.com	Broadband	www.ti.com/broadband
Interface	interface.ti.com	Digital Control	www.ti.com/digitalcontrol
Logic	logic.ti.com	Military	www.ti.com/military
Power Mgmt	power.ti.com	Optical Networking	www.ti.com/opticalnetwork
Microcontrollers	microcontroller.ti.com	Security	www.ti.com/security
Low Power Wireless	www.ti.com/lpw	Telephony	www.ti.com/telephony
		Video & Imaging	www.ti.com/video
		Wireless	www.ti.com/wireless

Mailing Address: Texas Instruments
Post Office Box 655303 Dallas, Texas 75265