

1. 特徴

最近のオーディオ機器にはD級アンプが随所で使用されています。特に温度ムラに弱い薄型液晶TVなどには積極的に利用されているようです。スイッチング動作で波形を作るため、高効率で発熱が少ないのが特徴です。20KHzのオーディオ信号を再現するためにはさらにその20倍以上の周波数でPower段をスイッチングする必要があり、パワーMOSFETの独壇場ですが、駆動回路やデッドタイムの調整など、少々難しい技術を要求されます。そこで本キットではやや効率は犠牲になりますが通常のバイポーラトランジスタのエミッタフォロワを使用して簡素化しました。(完全なスイッチングでないため、バイポーラでも高速に動作します。) また、種々の専用のICもありますが、製品ライフが短い、少量での入手に難がある、比較的高価など、素人には使いにくいと思われる。そこで、ある程度のパワーもあって音楽も楽しめるD級アンプを動作原理の学習も兼ねて、汎用ロジックICを用いて作成してみました。基板にはOPアンプの予備やささやかですが、ユニバーサルエリアが設けてありますので各種実験や改造にお役立て下さい。



図1. キットの内容

2. 回路の説明

全体はオペアンプTL072(R3,C5およびR4,C6の時定数)の積分器、TC4049(R9,R11およびR10,R12によるヒステリシス付き)によるコンパレータおよびインバータ、TC4049x4パラのドライバー、パワーTrのスイッチング回路(実はエミッタフォロワ)、そしてLCローパスフィルターなどにより構成されています。

無信号時にはRch R15 R13、Lch R16 R14を通してパワースイッチング出力から積分器入力部にフィードバックされていて、積分器の時定数で決まる周波数(約750KHz)で自励発振(フリーラン)しています。(下図 A,B)

また出力部はBTL接続で、SP+とSP-は逆位相で駆動されます。(下図 E,F) これにより通常SP出力部に使用される大容量のコンデンサーを省略でき、また等価的にSPへの印加電圧が2倍になり、4倍のパワーを出力できることになります。(オームの法則より $P=V^2/R$) さらにSPインピーダンスを半分にするとパワーは2倍になります。(ただしダンピングファクターは悪化します。)

ここで音声信号は積分器入力部でキャリア(自励発振波形)と加算され、積分器出力はDに示す波形となります。

これをコンパレータを通すことでPWM信号が得られます。(下図 E) このPWM信号は音声入力電圧に応じてキャリアのパルスデューティ(ON/OFF比)が変化します。

さらにインバータで反転PWM信号を得ます。(下図 F) これらをパワードライブした後、LCローパスフィルターを通してキャリア成分を除去すると平均値として、もとの音声信号に比例した波形が再生されます。

このPWMの技術は省スペースや省エネにつながりスイッチング電源などでは既に広く使われています。オーディオの世界にも次々と浸透しつつあります。

基板上的リレーは電源ON時に発生する大きなポップ音を防止する為に付けてあります。電源ONから1秒ほど遅れて作動します。他励式のPWMの場合はソフトスタートなどの回路が使えますが本機のように自励式の場合は困難と考え、リレーを入れました。

電源OFF時のポップ音は小さいので目をつぶることにしました。基板ウラのJP1を切るとリレーがOFFしますので、気になる方はJP1からリード線を引き出して電源SWと連動する接点に接続するなど、対策してみてください。

また抵抗やコンデンサなどはディスクリート部品を使用していますので、各自回路定数を変更して好みの音に仕上げてみてください。

OPアンプは2チャンネル入りの物を使用していますが片側は使用せず、空きとなっています。回路の追加などに利用できます。

A. キャリア発振波形



B. 積分器出力 (無信号時)



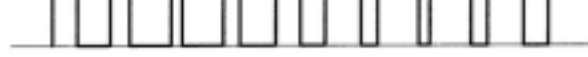
C. 音声入力



D. キャリア + 音声 積分器出力



E. コンパレータ + 出力



F. コンパレータ - 出力



G. 音声SP出力 (平均値)



図2. 各部の波形

3. 使用上の注意

スピーカのインピーダンスは4～8Ωでお使い下さい。(出力部のフィルターは6Ωで設計されています。)
スピーカ出力部の広域補償用のCRネットワークは搭載していません、使用するスピーカに合わせて外部に接続してください。
電源はDC10～16Vを供給してください、8Ω負荷時で2.5A、4Ω負荷では5A程度のピーク容量が必要です。
特にスイッチング電源を使用する場合、電流リミッターが作動しない十分な容量のものをお使い下さい。
また16V以上を印加しないで下さい、回路素子を破損することがあります。
スピーカ出力をショートさせないで下さい、また電源端子やGND端子と短絡しないようご注意ください。
スピーカ出力端子のSP-はGNDと同電位ではありませんので特に注意願います。
基板上の半固定抵抗VR1、VR2はオフセット調整用です。
無信号時のSP出力端子の直流電圧が0Vとなるようそれぞれ調整します。(出荷時に調整済みです。)
本キットは音楽や音声を再生する程度の放熱設計をしてあります、発振器を接続して連続音を出力する場合は素子の発熱に留意願います。
誤接続には十分ご注意ください、場合によっては基板に損傷を与えることもあります。

4. 参考資料

CQ出版社

POWER ELECTRONICSシリーズ「D級/デジタル・アンプの設計と製作」
電子工作シリーズ「iPodで楽しむ真空管&D級アンプ」
トランジスタ技術「2003年8月号 デジタル・アンプ誕生！」

ツール工房ホームページ

<http://tool-kobo.ddo.jp/>

5. その他

- (1)本キットはD級アンプの基本や動作原理を学習・評価するために作られています。
ホビーや教材・実験以外の、製品、高度な信頼性を必要とする装置や人命にかかわる装置に組み込むことはできません。
- (2)本キットを使用して生じた結果につきましては当社は責任を負いかねますので、ご了承願います。
- (3)キット組立て上、または使用上のミスによるトラブルにつきましては別途有償にて対応させていただきます。
- (4)また、本キットの内容は改良のため将来予告無しに変更することがあります。
- (5)なお、お気づきの点がありましたら、当社まで連絡をお願いいたします。

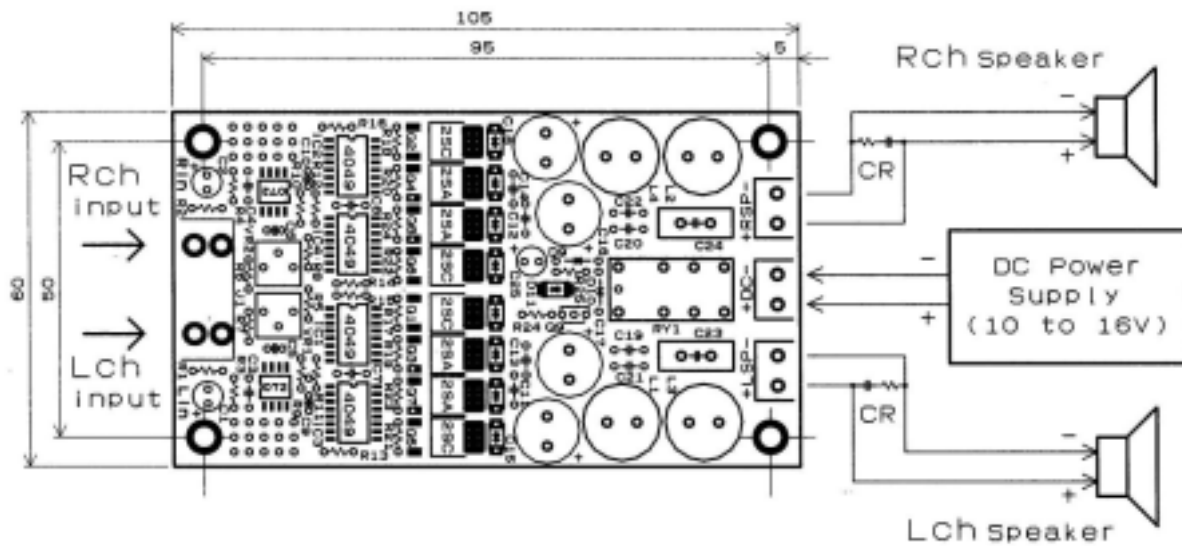


図3. 基板外形図・配置図・結線図

CRはスピーカの高域位相補償用です。

ツール工房有限公司

〒444-0055
愛知県岡崎市西魚町24番地3
TEL/FAX 0564-28-7531
Email office@tool-kobo.ddo.jp
<http://tool-kobo.ddo.jp>

・特徴

- ・汎用ロジックICやOPアンプ、ディスクリート部品を使用。
- ・出力部はバイポーラT_rのエミッタフォロワで、調整不要です。
- ・予備のOPアンプやユニバーサルエリアが設けてあります。
- ・高効率で動作します、放熱器は不要です。
- ・単一電源で動作します。(DC10～16V)
- ・ステレオ(2チャンネル)です。

・代表特性(電源VCC = 13.5V, 1KHz)

出力(至5%以下)	8Wx2(負荷8時)
	12Wx2(負荷4時)
歪率(1W出力)	0.5%
S/N比	90db
周波数特性	20Hz～20KHz
増幅率	32db
キャリア周波数	約750KHz
消費電流	60mA(無信号時)

・部品リスト

本キットには下記部品を使用しています。また都合により相当品を使用する場合がありますのでご了承下さい。

表1.

品名	規格・品番	メーカー	数量	適用	極性	備考
1 プリント基板	AMP005D	ツール工房	1			
2 汎用ロジックIC	TC4049BF	東芝	4	IC1,IC2,IC3,IC4	有り	
3 オペアンプ	TL072CD	TI	2	IC5,IC6	有り	
4 トランジスタ	2SC5886	東芝	4	Q1,Q2,Q5,Q6	有り	
5 トランジスタ	2SA2097	東芝	4	Q3,Q4,Q7,Q8	有り	
6 トランジスタ	2SC2458Y	東芝	1	Q9	有り	
7 ショットキーダイオード	CMS06	東芝	8	D1～D8	有り	
8 ショットキーダイオード	CMS03	東芝	1	D11	有り	
9 シリコンダイオード	1S2076	日立	2	D9,D10	有り	
10 RCAステレオピンジャック	J-312A	テイシン	1	J1	有り	
11 端子台	XW4E-02B1-V1	OMRON	3	T1,T2,T3	有り	
12 リレー	G5V-2 DC12V	OMRON	1	RY1		
13 コイル	TA7502Y-220M	東光電子	4	L1～L4		
14 フィルムコンデンサ	0.68 μF/63V	Panasonic	2	C23,C24		
15 フィルムコンデンサ	0.15 μF/63V	Panasonic	4	C19～C22		
16 電解コンデンサ	470 μF/25V	日ケミ	4	C15～C18	有り	
17 電解コンデンサ	2.2 μF/50V	日ケミ	3	C1,C2,C25	有り	
18 半固定抵抗	RG063P B102	TOCOS	2	VR1,VR2		
19 積層セラミックコンデンサ	0.1 μF/50V	村田製作所	8	C3,4,7,8,11～14		
20 セラミックコンデンサ	47pF/50V	村田製作所	2	C9,C10		
21 セラミックコンデンサ	100pF/50V	村田製作所	2	C5,C6		
22 炭素皮膜抵抗	27 1/4W	理研	4	R17,18,21,22		
23 炭素皮膜抵抗	1.5K 1/4W	理研	4	R19,20,23,24		
24 炭素皮膜抵抗	2.2K 1/4W	理研	2	R9,R10		
25 炭素皮膜抵抗	4.7K 1/4W	理研	3	R3,4,24		
26 炭素皮膜抵抗	10K 1/4W	理研	4	R5,6,7,8		
27 炭素皮膜抵抗	47K 1/4W	理研	4	R1,2,11,12		
28 炭素皮膜抵抗	100K 1/4W	理研	4	R13,14,15,16		
29 炭素皮膜抵抗	1M 1/4W	理研	1	R25		