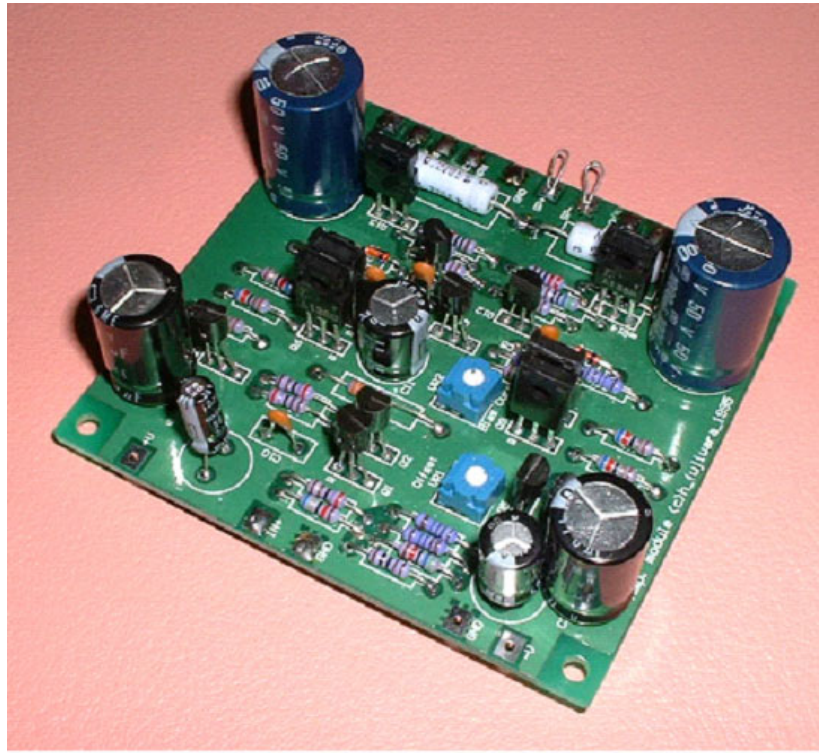


オーディオ用パワーアンプ基板 (2段差動入力ダーリントンSEPP)

本基板をつかって生じた感電、火災等の一切のトラブルについては、当方は責任を負いませんのでご了承ください。また基板、回路図、マニュアル等の著作権は放棄していませんので、その一部あるいは全体を無断で第三者に対して使用することはできません。

本マニュアルに記載の内容は製作上級者の方には不要なものが多く含まれますが、製作の前に必ず読んでいただきますようお願いいたします。



1. はじめに

この基板はオーディオ用のパワーアンプを構成するための電圧増幅段です。外部にパワートランジスタを付けるだけで、容易にパワーアンプの製作が可能です。回路構成は2段差動増幅とダーリントンSEPP (Single Ended Push Pull) と標準的なものであり、また回路保護のための電流制限回路を内蔵しています。回路定数については、標準的な値を部品表にて示していますが、基本的な知識があれば、色々とバリエーションが持たせられると思います。出力にバイポーラトランジスタの代わりに MOSFET を接続することも可能ですし、入力段のトランジスタも FET に交換可能です。

またこの電圧増幅段は回路としての汎用性があるので、たとえば少し贅沢な使い方ですが電源回路にも応用できます。またオペアンプ的につかって DAC の I/V 変換にも使用可能でしょう。また外部のパワートランジスタがなくても小負荷の駆動が可能ですので、ヘッドフォンアンプとしても使用できるでしょう (幾分の知識は必要です)。

いろいろな用途に対応できるのがディスクリート回路の良さです。またトランジスタや抵抗、コンデンサの交換で好みの音に仕上げることも可能でしょう。ユニバーサル基板で組むと何かと面倒なところがありますが、汎用的な基板があればお気軽にいろいろな回路定数、素子を試すことができると思います。そのような目的でこの基板が使われれば幸いです。

2. 使用部品

本基板の活用は、基本的には回路図を理解し、その定数の設定が適切に行える方を対象としております。参考に代表的な定数については下記に記します。この回路定数で 15~30V 程度は動作可能です (R7 は電源電圧に合わせて調整必要)。

(1) 設計条件 :

- (a) 電源電圧 20V で電流制限値は約 3 A (R28 に 3A 流れた場合の電圧を R26, R24 で 0.6V に分圧)。
 (b) ゲイン約 20 倍 ($G=1+R19/R18$)

(2) 部品表

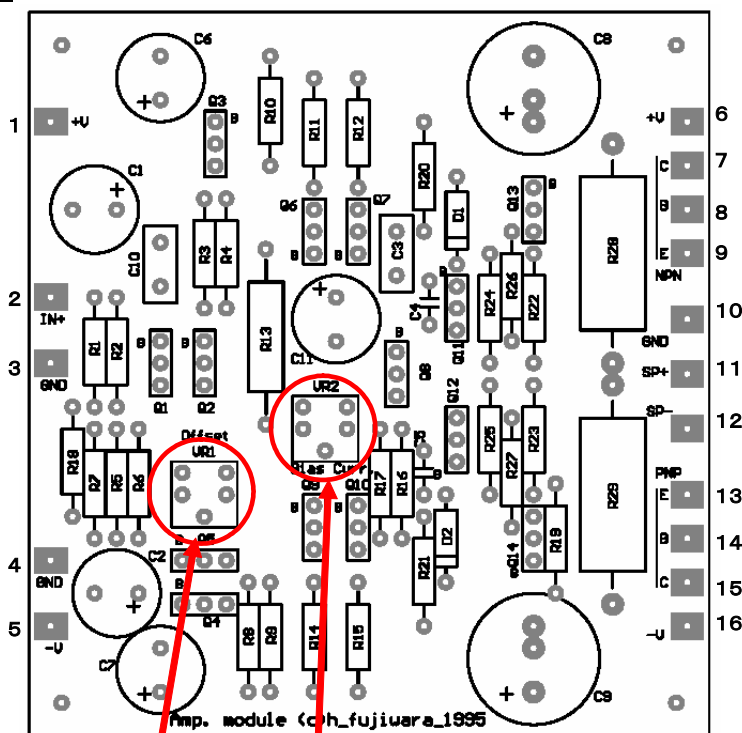
品名	番号	規格	仕様	個数	備考	
抵抗	R1	1/4W	47k Ω	1		
	R2	1/4W	2.2k Ω	1		
	R3, 4	1/4W	2.7k Ω	2		
	R5, 6	1/4W	100 Ω	2		
	R7	1/4W	20k Ω	1	(*1)	
	R8, 9	1/4W	10k Ω	2		
	R10-12	1/4W	51 Ω	3		
	R13	2W	4.7k Ω	1		
	R14, 15	1/4W	51 Ω	2		
	R16	1/4W	10k Ω	1		
	R17	1/4W	3.6k Ω	1		
	R18	1/4W	1k Ω	1	ゲイン設定用	
	R19	1/4W	20k Ω	1	ゲイン設定用	
	R20, 21	1/4W	100 Ω	2		
	R22, 23	1/4W	220 Ω	2		
	R24, 25	1/4W	560 Ω	2	電流制限値調整用	
	R26, 27	1/4W	560 Ω	2	電流制限値調整用	
	R28, 29	5W	0.47 Ω	2	セメント抵抗など	
		Ra	5W	10 Ω	1	位相補正回路用。セメント抵抗など (基板の外付け)
		Rb	5W	10 Ω	1	
インダクタ	La		4 μ H	1	ϕ 1 導線を直径 7mm 程度で 7 回巻き程度 (基板の外付け)	
可変抵抗 R	VR1		100 Ω	1		
	VR2		2k Ω	1		
コンデンサ (*2)	C1	25V	1 μ F	1	無極性(BP)が望ましい(入力カップリング)	
	C2	25V	47 μ F	1	無極性(BP)が望ましい(NFB 回路)	
	C3-5	25V	22pF	3	セラミックで可	
	C6, 7	25V	47 μ F	2	電源バイパス用	
	C8, 9	25V	220 μ F	2	電源バイパス用	
	C10	25V	22p	1	セラミックで可	
	C11	6.3V	100 μ F	1	バイアス電圧安定用	
		Ca	50V	0.047 μ F	1	補正回路用(基板の外付け)
ダイオード	D1, 2		1S1588 など	2	小電力(100mA 以上)なら何でも可	
トランジスタ	Q1-5	NPN	2SC2458 など	5	小電力用 ($P_c=200\sim 400mW$) で可	
	Q6, 7	PNP	2SA817A など	2	$P_c=600mW$ 以上	
	Q8	NPN	2SC3421 など	1	小電力用 ($P_c=200\sim 400mW$) で可 Q15, 16 と熱平衡をとることが望ましい	
	Q9, 10	NPN	2SC1627A など	2	$P_c=600mW$ 以上(*3)	
	Q11	NPN	2SC2458 など	1	小電力用 ($P_c=200\sim 400mW$) で可	
	Q12	PNP	2SA1048 など	1	小電力用 ($P_c=200\sim 400mW$) で可	
	Q13	NPN	2SC3421 など	1	$P_c=1W$ 以上が望ましい	
	Q14	PNP	2SA1358 など	1	$P_c=1W$ 以上が望ましい	
	Q15	NPN	パワトラ (C, D)	1	P_c は電源電圧、出力電力に合わせて選定 (基板の外付け)	
	Q16	PNP	パワトラ (A, B)	1		

(*1) R7 は電源電圧 E に対して近似的に次の値としてください。

$$R7=20+(E-20) \times 1.5k\Omega \quad \text{計算例: } 30V \text{ の場合は } 35k\Omega \text{ (} 36k\Omega \text{:E24 系列)}$$

(*2) 電源電圧に合わせて適切な耐圧を選定すること

3. 基板の端子機能



バイアス電流調整(右一杯で最小値)

オフセット調整

図 基板外形図

表 端子機能

No	機能	説明	No	機能	説明
1	+V	正電源を接続(Pin6でも可)	6	+V	正電源を接続(Pin1でも可)
2	IN+	入力信号(+)	7	C	NPN トランジスタのコレクタ(C)を接続
3	GND	入力信号(- : GNDと同じ)	8	B	NPN トランジスタのベース(B)を接続
4	GND	電源 GND を接続(Pin10でも可)	9	E	NPN トランジスタのエミッタ(E)を接続
5	-V	負電源を接続(Pin16でも可)	10	GND	電源 GND を接続(Pin4でも可)
			11	SP+	スピーカ出力(+)
			12	SP-	スピーカ出力(- : GNDと同じ)
			13	E	PNP トランジスタのエミッタ(E)を接続
			14	B	PNP トランジスタのベース(B)を接続
			15	C	PNP トランジスタのコレクタ(C)を接続
			16	-V	負電源を接続(Pin5でも可)

4. 製作方法

(a) 製作手順

部品表と基板の部品配置図、シルク印刷を参照し、部品の向きや位置を間違えずに取り付けて半田付けしてください。

(b) 製作時の一般的注意事項

電解コンデンサの極性(足の長い方が+、また一側はコンデンサにマーク有り)に注意してください。トランジスタの向きにも注意ください。トランジスタのシルク印刷でBはベースを表しています。本基板ではトランジスタの足の並びはBCE(あるいはECB)を基本としています。

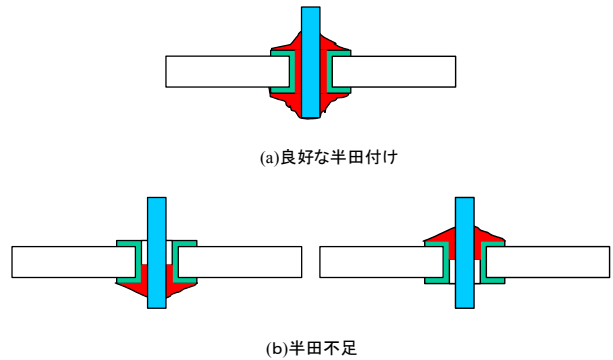
(c) 部品を取り付け間違えた場合

本基板はスルーホール基板なので、一度、ハンダ付けすると、スルーホール部分にハンダが流れてしまっているため、取り外しが大変です。間違えて取り付けてしまったことに気づいたら、

- (i)ハンダ面から該当する部品のランド部分を加熱し、ハンダを溶かす
- (ii)半田吸い取り器で吸い取る
- (iii)該当部品の取り付けスルーホールから全てハンダが取り除かれたら、部品面からゆっくりと部品を引っ張って取り外すという手順で、部品を抜去してください。

5. 完成後の確認

- (a) 部品間違い、取り付け位置間違いがないか確認ください。部品の取り付け方向間違いは、部品の破損に即つながります。
- (b) 半田不良（ブリッジ、イモ半田、半田不足）などがなく十分に確認ください。半田付けについては、基板がスルーホールであるため部品面あるいは半田面で付いていれば導通は問題ありませんが、パッド部での強度確保やより高い導電度を確保（高音質につながる）するためにも十分な半田付けが望ましいでしょう。



6. 続例

下記に接続例を示します。補正回路については発振を防ぐ点からも挿入されることを勧めます。

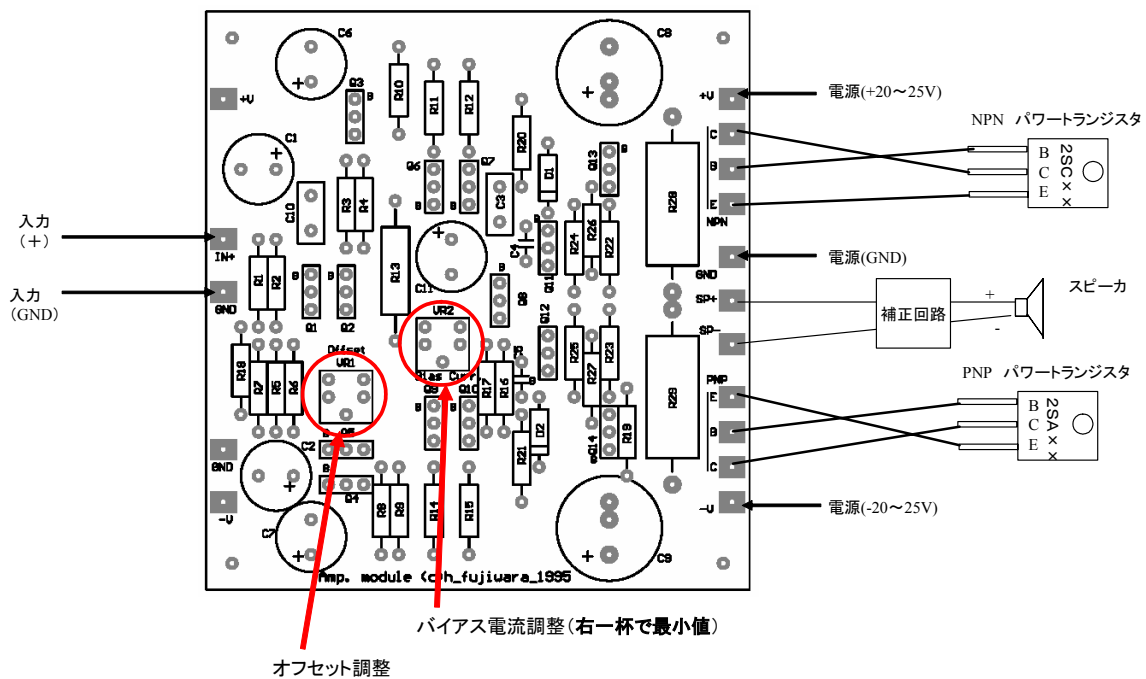


図 接続例

7. 調整方法

可変抵抗が2カ所あり調整が必要です。出力負荷は接続せず、入力はGNDと短絡した状態で下記の手順で調整します。

- (1)電源を投入する前にVR1は中央、**VR2は右一杯**に回しておいてください。
- (2)バイアス電流の調整：VR2を左に回してバイアス電流が約30mA(20~40mA)程度になるように調整ください。R28の電圧を測定し電圧値が約14mV(R28=0.47Ω)になるようにゆっくり回します。
- (3)オフセットの調整：VR1を回して出力電位が0Vになるように調整します。
- (4) (2)(3)を繰り返して調整ください。さらに通電30分後にも再度調整してください。

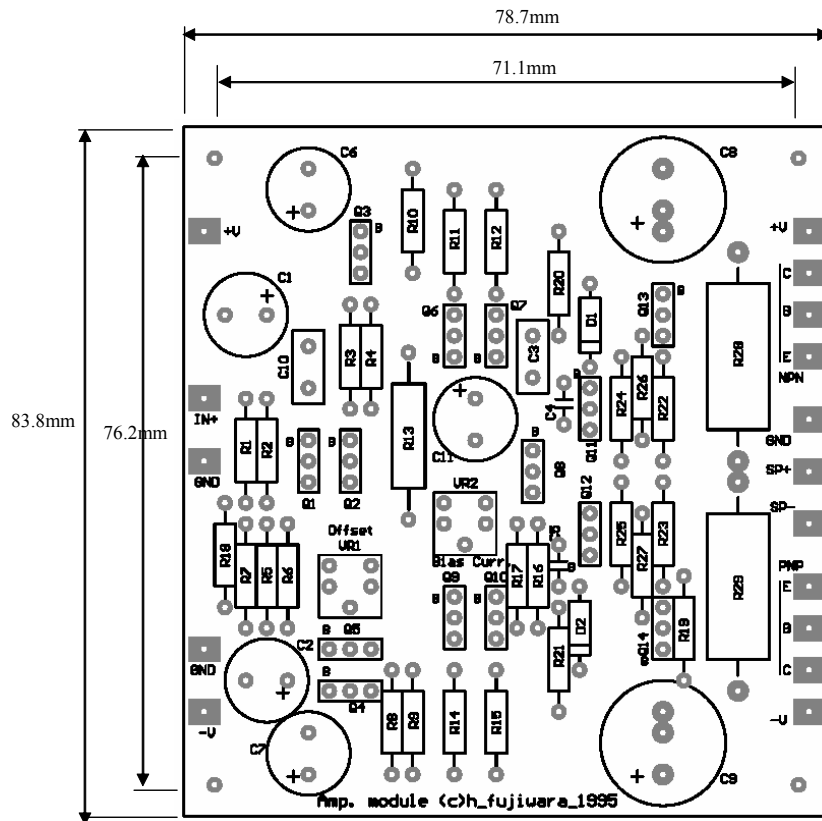
(参考)

バイアス電流値が 30mA 以下にならない場合、R17 を 3.6kΩ に変更ください。

バイアス電流値が 30mA に達しない、あるいはさらにバイアス電流値を大きくしたい場合は R17 を 1.8kΩ に変更ください。

(注意) バイアス電流値を多めに設定するアンプ (たとえば 100mA 以上) もあります。A 級動作に近づくメリットがありますが、発熱が大きくなりますので放熱には十分に注意ください。

8. 基板寸法図



9. 回路の簡単な説明 (参考)

(a) 入力段差動アンプ

この部分が全体の S/N を大きく決定します。できるだけローノイズなトランジスタを使用してください。小電力のもので結構です。このトランジスタに一定電流を流すのが Q4, 5 のカレントミラー回路です。通常 600~800 μA 程度の電流がながれるように設定すればよいでしょう。流す電流は R7 でできまります。

R7 は次式で求められます。

$$R7 = (\text{電源電圧} - 0.6) / 0.00065 (650\mu\text{A}) - R8 (10\text{k}\Omega)$$

(例) 電源電圧 20V のとき

$$R7 = (20 - 0.6) / 0.00065 - 10000 = 19846 \text{ (約 } 20\text{k}\Omega)$$

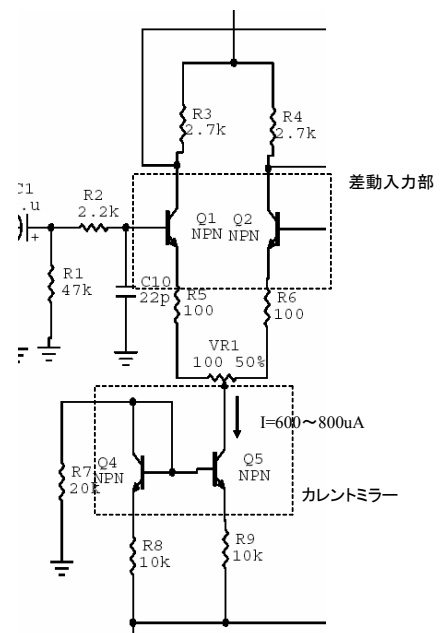


図 差動入力部

(b) 電圧増幅段

この部分で電圧増幅を行います。回路電流としては約 5mA としています。トランジスタは一般の小電力用 (600mW 以上) のものではないかもしれませんが若干発熱します。Pc 容量に余裕のあるものを使ってください。この部分も電源電圧が有効につかえるようにカレントミラー回路 (Q9, Q10) を付加しています。

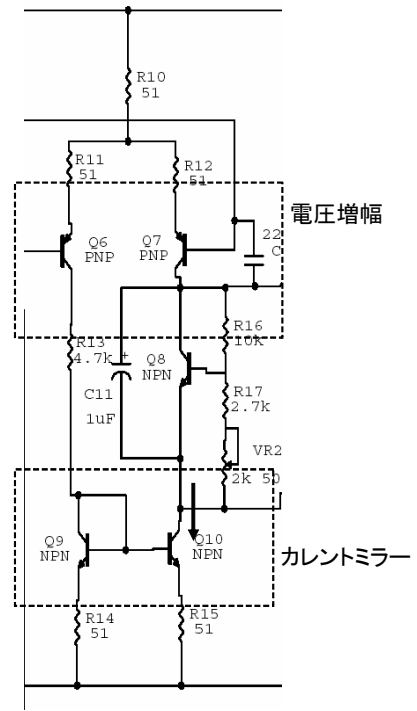


図 電圧増幅部

(c) バイアス電圧発生回路

出力段のトランジスタの駆動には V_{BE} 以上の電圧が必要なため、ダーリントン SEPP では $4 \times V_{BE}$ の電圧を予備的に発生させる必要があります。その電圧を発生させるのが Q8 の回路で、抵抗値の比率で電圧を調整することが可能です。一般にバイポーラトランジスタでは V_{BE} は 0.5~0.6V です。この電圧を調整することで、出力段のトランジスタに流すバイアス電流を調整することが可能になります。

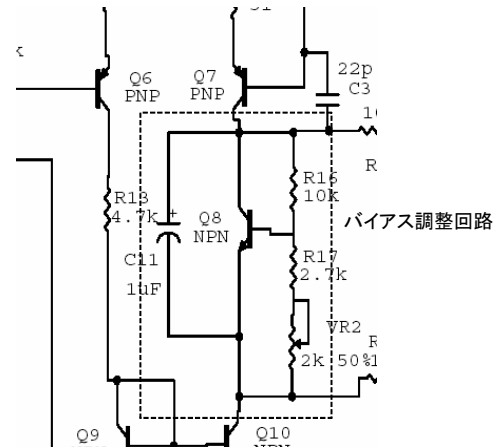
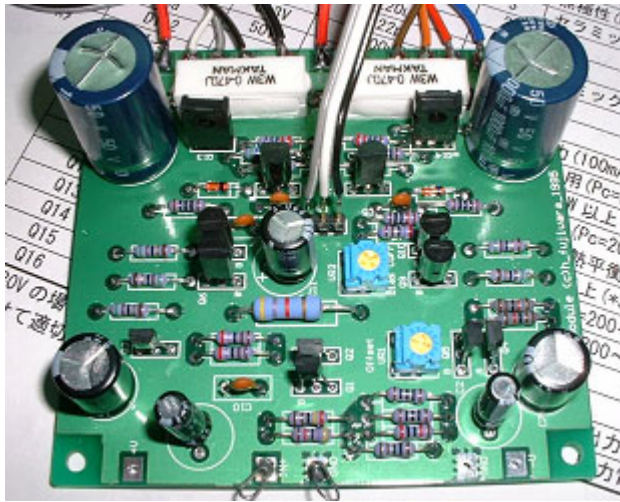


図 バイアス電圧発生部

Q8 は出力段のパワートランジスタと熱平衡をとることによって、不用意にバイアス電流が増大することを防ぎます。Q8 をパワートランジスタと同一の放熱板にとる付けるのが一般的で、図のように一緒にネジ止めするのがもっとも簡単です。



(a) 基板から配線の取り出し



(b) ネジで取り付け

図 バイアス用トランジスタの取り付け例

(d) 電力増幅段

Q13~Q16 はダーリントン接続で電流増幅を行います。とくに最終段のトランジスタ (Q15, 16) は出力電力値を考慮して余裕のある P_c (コレクタ損失) を選ぶ必要があります。また最終段のトランジスタを駆動する Q13, 14 についても、電力消費が大きくなりますので 30V 以上で使用するときには中電力 (1W 以上) のトランジスタを使用することが望ましいでしょう。

(e) 電流制限回路

負荷に一定電流値以上を流さないための保護回路で、負荷の保護だけでなく過電流による出力段トランジスタの破損 (加熱) を防止する役割を持ちます。これはエミッタ抵抗である R28 あるいは R29 の電圧を分圧して、0.6V 以上になれば電流制限 TR がオンになるように R26, 24 および R27, 25 の比にて調整します。

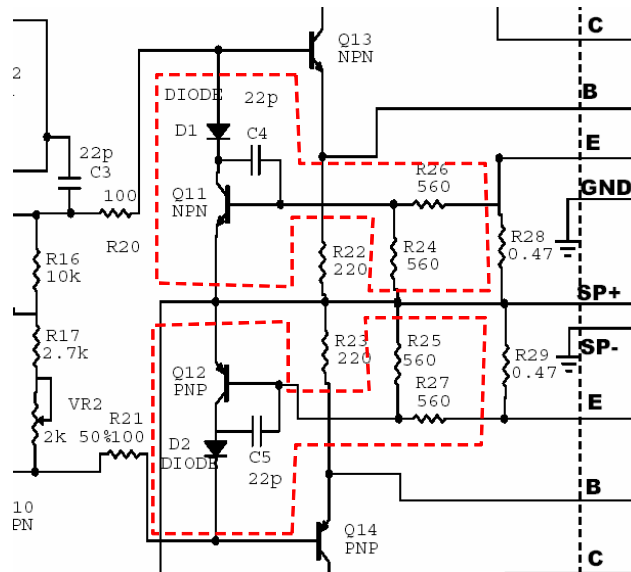
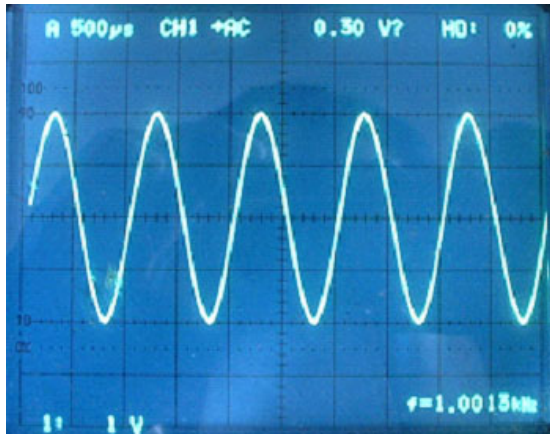


図 電流保護回路。

R28 (R29) の電圧を分圧し 0.6V 以上になれば Q11 (Q12) をオンさせて Q13 (Q14) のベース電流をカット。



(a) 無負荷時 (出力振幅 20V)



(b) 4.7Ω 負荷時
(電流制限のため約 14V でクリップ)

図 出力波形 (横軸 : 0.5mS/div、縦軸 : 10V/div、1kHz 正弦波)

(f) 補正回路

スピーカはインダクタンス成分とキャパシタンス成分の両方を持ちますので、位相補正回路を挿入するのが発振を防止する上からも無難です。回路図の定数を参照にして挿入ください。

(以 上)

