

パラアンプ基板 製作マニュアル

High Current Power Amplifier

<注意>

本キット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。

1. はじめに

これは出力段のトランジスタを最大4ペアで構成するパワーアンプ基板です。トランジスタのパラ化は大電流を得る目的に適しており、大電力出力のパワーアンプを構成することができます。また、電圧増幅段はドータボード方式にしていますので、好みにあわせて選ぶことができます。この基板は大電流、高電圧を扱いますので、アンプ製作に手慣れた方むけであり、取り扱いにはご注意ください。基本的には回路定数が設計できる技量が必要です。



(a)メインボード



(b)ドータボード: 電圧増幅アンプ群(左下から A6,A8,A11,OPA 基板)



トランジスタを取り付けた状態(中央のトランジスタはバイアス電圧発生用)
図 完成例

2. 仕様

表. 仕様

項目	メインボード	ドータボード
機能	4パラトランジスタアンプ 電力増幅段+入力部回路	電圧増幅回路 (回路は4種類)
基板サイズ	198×77mm	81×34mm
共通	ガラスエポキシ、FR4	

3. 回路図および部品表

(1)メインボード

(a)回路図

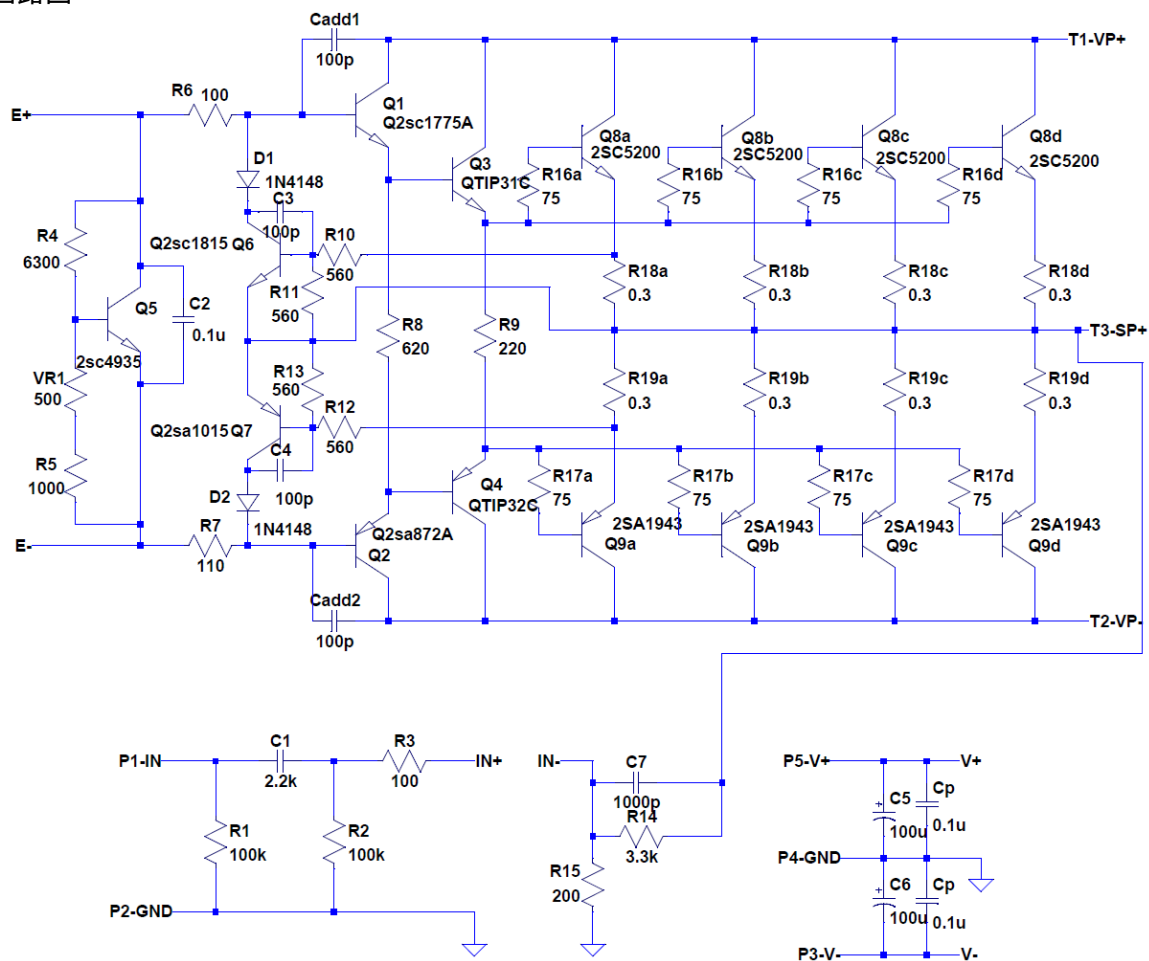


図 メインボード回路図

(b)参考部品表

表. 参考部品表(メインボード)

部品	No	規格	仕様	個 数	備考
抵抗	R1,2	金属皮膜 1/4W	100k Ω	2	
	R3	金属皮膜 1/4W	100 Ω	1	
	R4	金属皮膜 1/4W	6.2k Ω	1	
	R5	金属皮膜 1/4W	1k Ω	1	
	R6,7	金属皮膜 1/4W	100 Ω	2	
	R8	金属皮膜 1/4W	620 Ω	1	
	R9	金属皮膜 1/4W	220 Ω	1	
	R10	金属皮膜 1/4W	560 Ω	1	電流制限用
	R11	金属皮膜 1/4W	-	-	電流制限用
	R12	金属皮膜 1/4W	560 Ω	1	電流制限用
	R13	金属皮膜 1/4W	-	-	電流制限用
	R14	金属皮膜 1/2W	3.3k Ω	1	ゲイン決定用
	R15	金属皮膜 1/4W	220 Ω	1	ゲイン決定用
	R16a-d	金属皮膜 1/4W	75 Ω	4	
	R17a-d	金属皮膜 1/4W	75 Ω	4	
	R18a-d	酸化金属被膜 3W	0.33 Ω	4	
	R19a-d	酸化金属被膜 3W	0.33 Ω	4	
半固定抵抗	VR1	サーメット型	500 Ω (B)	1	
コンデンサ	C1	フィルムコンデンサ	2.2 μ F	1	BP 電コンでも可
	C2	フィルムコンデンサ	0.1 μ F	1	
	C3,4	フィルムコンデンサ	100pF	2	
	C5,6	電解コンデンサ	100 μ F/50V	2	
	C7	フィルムコンデンサ	1000pF	1	位相補償用 (必要に応じて実装)
	Cp	フィルムコンデンサ	0.1 μ F	2	
	Cadd1,2	フィルムコンデンサ	100pF	2	
ダイオード	D1,2	シリコン整流	IS1588 相当品	2	
トランジスタ	Q1	NPN	2SC1775A など	1	
	Q2	PNP	2SA872A など	1	
	Q3	NPN	TIP31C など	1	TO-220 型 (放熱板要)
	Q4	PNP	TIP32C など	1	TO-220 型 (放熱板要)
	Q5	NPN	2SC4935 など	1	TO-220 型 (放熱板に取り付ける)
	Q6	NPN	2SC1815 など	1	
	Q7	PNP	2SA1015 など	1	
	Q8a-d	NPN	2SC5200 など	4	
	Q9a-d	PNP	2SA1943 など	4	
基板端子			HP-0397G	3	廣杉計器

(c)部品選定上の注意事項

(i)トランジスタの選定

Q1～Q4, Q8, Q9は電源電圧の2倍以上の V_{CB} をもつトランジスタを選定ください。電源電圧が 30V である場合は60V以上の V_{CB} が必要です。

(ii) Q3,Q4に流れるアイドル時の電流は R9 にて決まります。おおよそ $I=1.2/R9(A)$ で算出できます。220 Ω だと約 5mA が流れ、Q3,Q4 のアイドル時の消費電力は電源電圧 30V 時で約 150mW になります。放熱板をとりつけておいた方がよいでしょう。

(iii)ドータボードの取り付けコネクタ

メイン基板にはドータボードの取り付け用コネクタ(20P を2個)を実装することになりますが、放熱板等と干渉しないように、高さにはご注意ください(次図参照)。

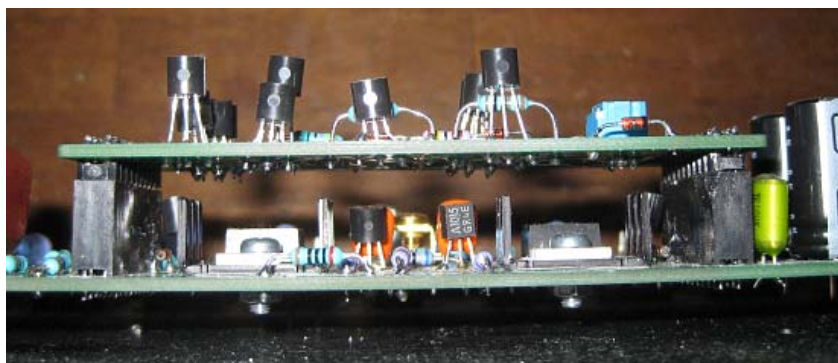


図 メインボードとドータボード間の間隙には注意。

(iv) 電流制限回路の回路定数について

メインボードには電流制限回路を搭載しています。これは、出力のショート対策や電源回路への過負荷対策に有効と思います。動作原理は図にあるように終段のトランジスタのエミッタ抵抗に流れる電流を監視しています。表には制限抵抗値の例を書いていますので、参考にしてください。

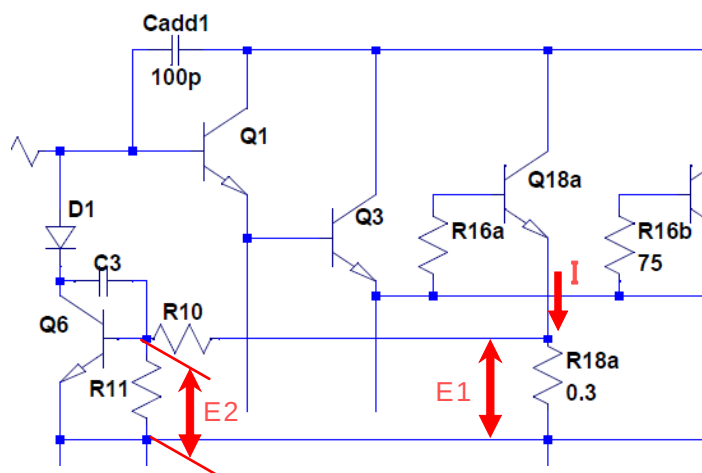


図 電流制限回路の動作原理

- | |
|--|
| ①E1 電圧は流れる電流 I と R18a で発生: $E1 = R18a \times I$ |
| ②E2 電圧は E1 が R11 と R10 により分圧: $E2 = E1 \times R11 / (R10 + R11)$ |
| ③E2 電圧が 0.6V を越えると Q6 がオンとなり、Q1、Q3、R18a がオフとなる。 |

表 電流制限抵抗の設定例

電流制限値(A) (4パラ合計値)	1個あたりの電流 値(A)	エミッタ抵抗 値 R18,R19 (Ω)	R10,12 (Ω)	R11,13 (Ω)
5.1	1.3	0.47	560	なし
8	2	0.3	560	なし
10.1	2.6	0.47	560	560
16	4	0.3	560	560

(v)発振防止用のコンデンサ

回路図で Cadd1,Cadd2 とあるのは発振防止用のコンデンサです。Q1,Q2 のBC間にとりつけまるため、基板の裏側に取り付けるのが簡単でしょう。あるいは次図のような位置に取り付けてもいいでしょう。

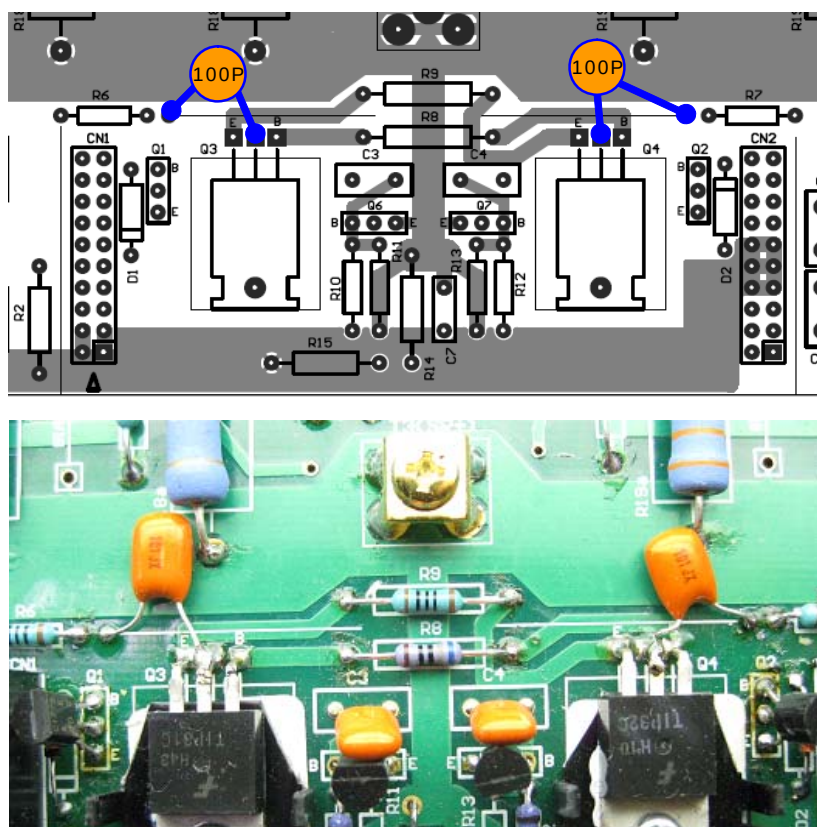


図 発振防止用コンデンサの取り付け(Cadd1,Cadd2)

(vi)アイドル電流の調整

VR1にて調整します。電源投入直後に調整しても、値が変動するので5分～10分たってから再調整ください。おおよそ1個のトランジスタあたり20mA も流せば十分と思います。アイドル電流の測定は、図の測定端子を利用するとテスタープローブを接触しやすいと思います。

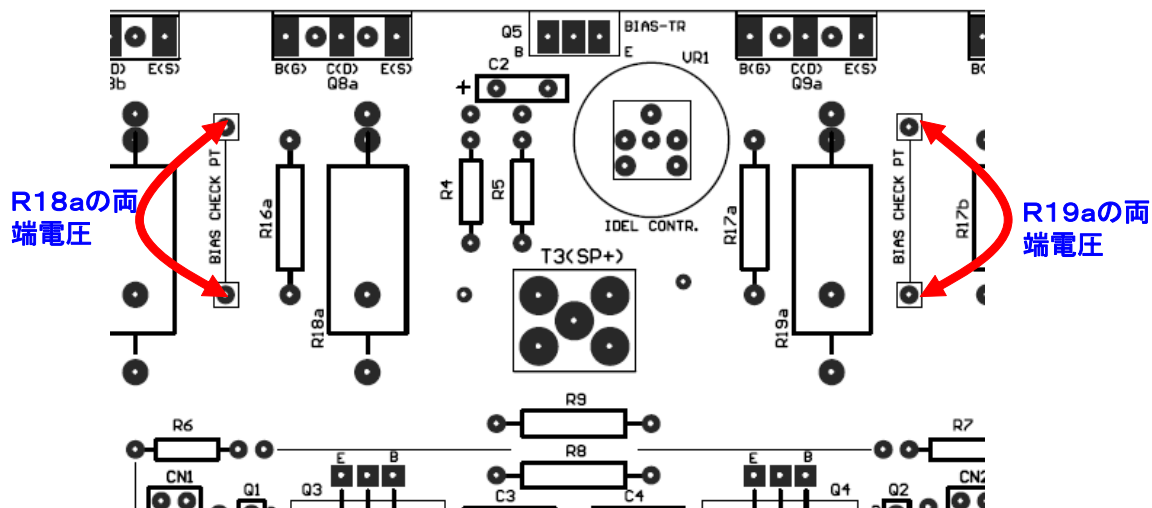


図 アイドル電流調整時のチェックポイント

(vii)ゲイン設定

ゲイン(G)は R14,R15 により次式により求められます。

$$G = (R14 + R15) / R15$$

R14 は数 100Ω ～1kΩ 程度の範囲で選ばばよいでしょう。

(2)ドータボード(A6:電流帰還型)

(a)回路図

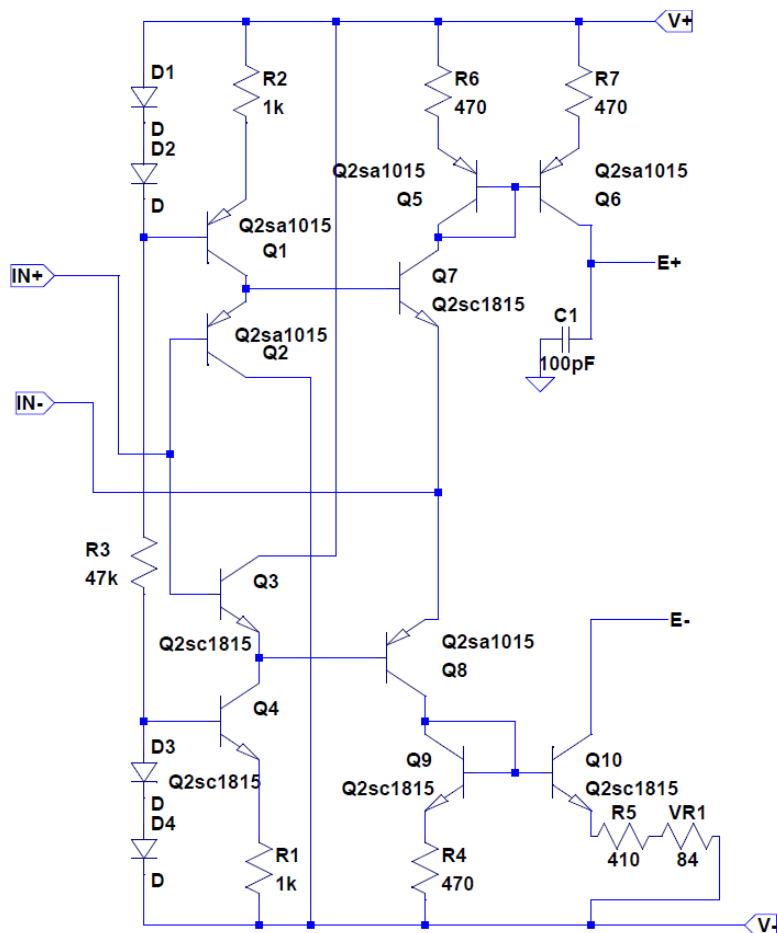


図 回路図(A6)

(b)参考部品表

表. 参考部品表(A6)

部品	No	規格	仕様	個数	備考
抵抗	R1,2	金属皮膜 1/4W	1k Ω	2	
	R3	金属皮膜 1/4W	47k Ω	1	
	R4	金属皮膜 1/4W	470 Ω	1	
	R5	金属皮膜 1/4W	390 Ω	1	
	R6,7	金属皮膜 1/4W	470 Ω	2	
半固定抵抗	VR1	サーメット型	200 Ω (B)	1	
コンデンサ	C1	フィルムコンデンサ	47pF	1	なくても可
ダイオード	D1-4	シリコン整流	IS1588 相当品	4	
トランジスタ	Q1,2	PNP	2SA872A など	2	
	Q3,4	NPN	2SC1775A など	2	
	Q5,6	PNP	2SA872A など	2	
	Q7	NPN	2SC1775A など	1	
	Q8	PNP	2SA872A など	1	
	Q9,10	NPN	2SC1775A など	2	

(c)部品選定時の注意事項

- (i) すべてのトランジスタの V_{CB} は電源電圧の2倍以上の値のものを選定ください(かならずしも、その電圧がかかるわけではありませんが余裕をもたせるためです。Q6,Q10 は必須です)。
- (ii) C1 は発振防止用として 22~100pF 程度を取り付けてください。
- (iii) メインボードの C7 は取り付けないでください(発振する場合があります)。

(3)データボード(A8:一般差動増幅型 A)

(a)回路図

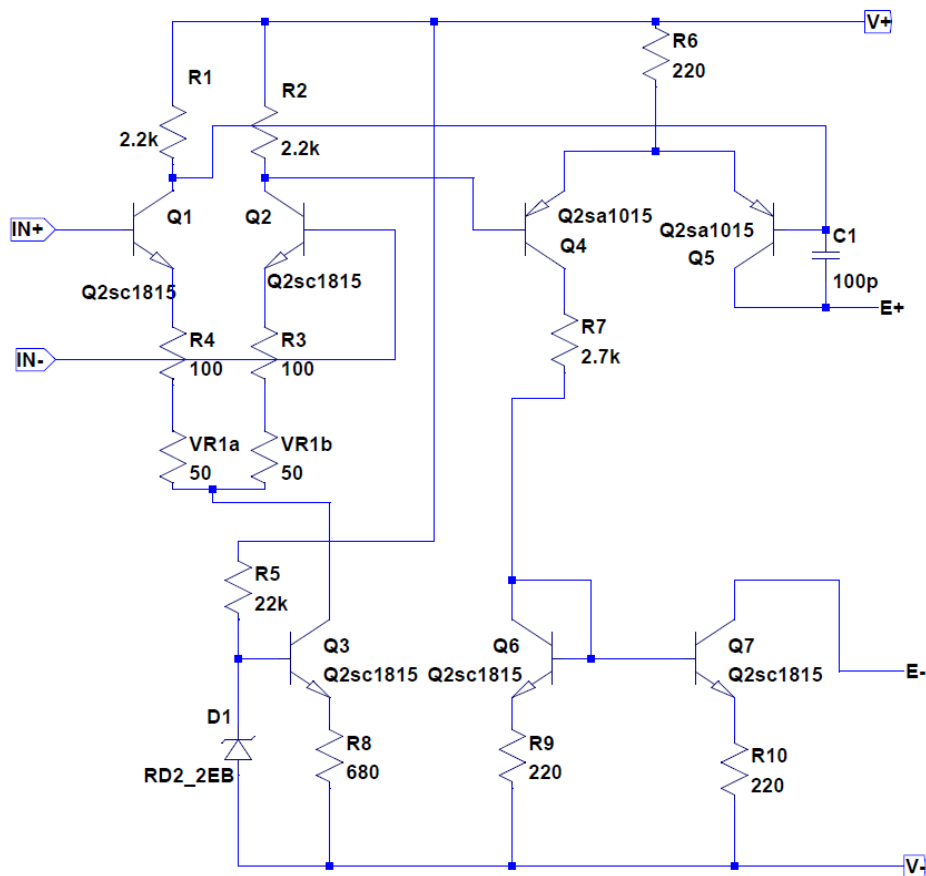


図 回路図(A8)

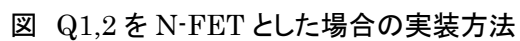
(b)参考部品表

表. 参考部品表(A8)

部品	No	規格	仕様	個数	備考
抵抗	R1,2	金属皮膜 1/4W	2.2k Ω	2	
	R3,4	金属皮膜 1/4W	100 Ω	2	
	R5	金属皮膜 1/4W	22k Ω	1	
	R6	金属皮膜 1/4W	220 Ω	1	
	R7	金属皮膜 1/4W	2.7k Ω	1	
	R8	金属皮膜 1/4W	680 Ω	1	
	R9,10	金属皮膜 1/4W	220 Ω	2	
半固定抵抗	VR1	サーメット型	100 Ω (B)	1	
コンデンサ	C1	フィルムコンデンサ	100pF	1	
ダイオード	D1	ツェナー	2V	1	赤色 LEDで可
トランジスタ	Q1,2	N-FET	2SK117 など	2	
	Q3	NPN	2SC1775A など	1	
	Q4,5	PNP	2SA1358 など	2	
	Q6,7	NPP	2SC3421 など	2	

(c)部品選定時の注意事項

- (i) すべてのトランジスタの V_{CB} は電源電圧の2倍以上の値のものを選定ください(かならずしも、その電圧がかかるわけではありませんが余裕をもたせるためです)。
- (ii) D1 を LED とする場合はアノード(A)、カソード(K)を反対にして取り付けます。



(3)ドータブード(A11:一般差動増幅型 B)

(a)回路図

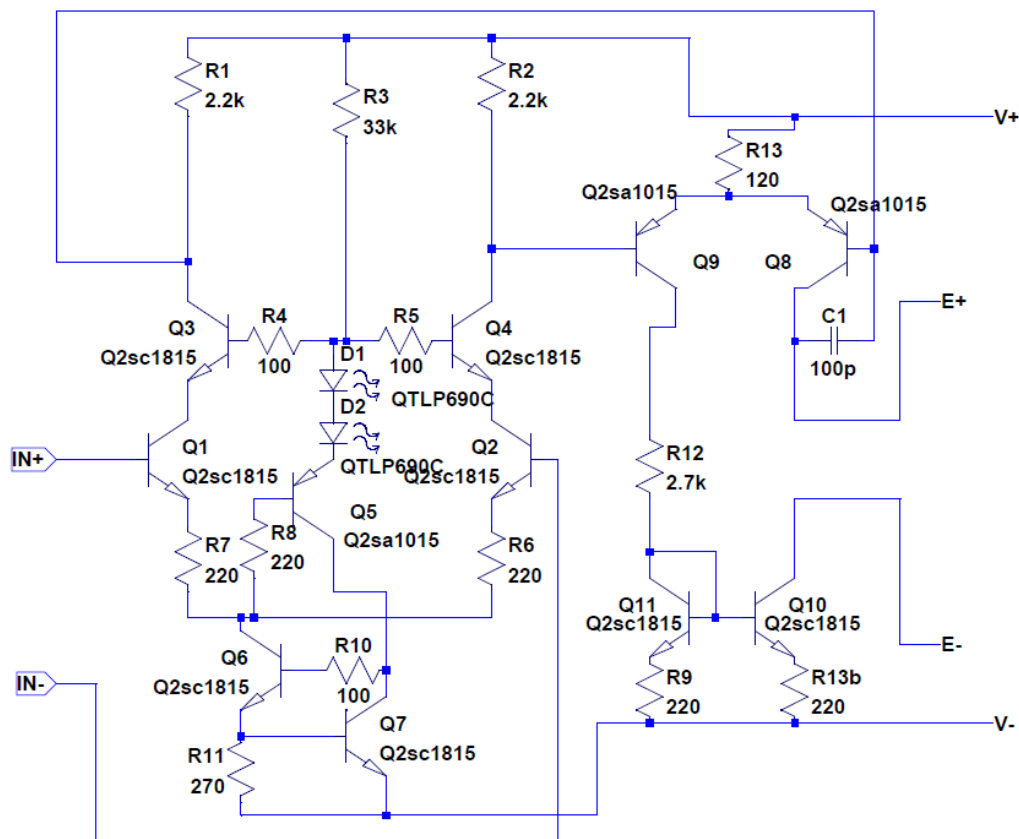


図 回路図

(b)参考部品表

表. 参考部品表 (A11)

部品	No	規格	仕様	個数	備考
抵抗	R1,2	金属皮膜 1/4W	2.2k Ω	2	
	R3	金属皮膜 1/4W	33k Ω	1	
	R4,5	金属皮膜 1/4W	100 Ω	2	
	R6-8	金属皮膜 1/4W	220 Ω	3	
	R9	金属皮膜 1/4W	220 Ω	1	
	R10	金属皮膜 1/4W	100 Ω	1	
	R11	金属皮膜 1/4W	270 Ω	1	
	R12	金属皮膜 1/4W	2.7k Ω	1	
	R13	金属皮膜 1/4W	120 Ω	1	
	R13b	金属皮膜 1/4W	220 Ω	1	R9 上側の R13 は R13b と読み替えてください(v1)
半固定抵抗		サーメット型	100 Ω (B)	1	
コンデンサ	C1	フィルムコンデンサ	100pF	1	
ダイオード	D1,2	赤色LED	Vf=2V 程度	2	
トランジスタ	Q1-4	NPN	2SC1775A など	4	
	Q5	PNP	2SA872A など	1	
	Q6,7	NPN	2SC1775A など	2	
	Q8,9	PNP	2SA1358 など	2	
	Q10,11	NPN	2SC3421 など	2	

(c)部品選定時の注意事項

(i) すべてのトランジスタの V_{CB} は電源電圧の2倍以上の値のものを選定ください(かならずしも、その電圧がかかるわけではありませんが余裕をもたせるためです)。

(4)ドータボード(OPA:オペアンプ使用)

(a)回路図

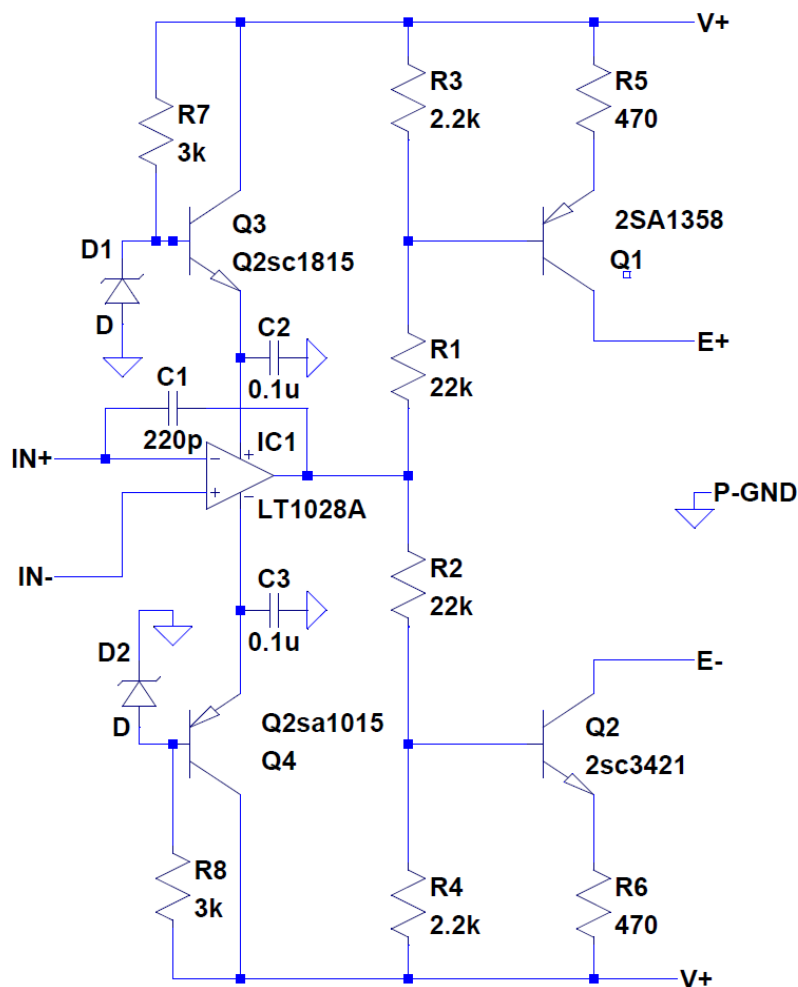


図 回路図(OPA)

(b)参考回路図

表. 参考部品表(OPA)

部品	No	規格	仕様	個数	備考
抵抗	R1,2	金属皮膜 1/4W	22k Ω	2	
	R3,4	金属皮膜 1/4W	2.2k Ω	2	
	R5,6	金属皮膜 1/4W	470 Ω	2	
	R7,8	金属皮膜 1/4W	3k Ω	2	
コンデンサ	C1	フィルムコンデンサ	220pF	1	
ダイオード	D1,2	ツェナー	15V 程度	2	
トランジスタ	Q1	PNP	2SA1358 など	1	
	Q2	NPN	2SC3421 など	1	
	Q3	NPN	TIP31C など	1	VCB は電源電圧以上
	Q4	PNP	TIP32C など	1	VCB は電源電圧以上
IC	IC1	シングル OP アンプ	OPA627 など	1	

(c)部品選定時の注意事項

- (i) Q1, Q2 の V_{CB} は電源電圧の2倍以上の値のものを選定ください。
- (ii) オペアンプはオフセットの小さいFET入力の方が良いでしょう。ただし、品番により発振する可能性があるので注意ください。
- (iii) C1は必ず取り付けてください。
- (iv) メインボードのC7(1000pF 程度)は必ず取り付けてください。取り付けない場合は高い確率で発振します。
- (v) Q3, Q4 は電源レギュレータですから、TO-220 型で適当に選んでください。

4. 基板端子

表 基板端子(メインボード)

Pin	機能	説明
P1	IN	入力
P2	GND	入力 GND
P3	V-	電圧増幅段用電源(負)
P4	GND	電源GND
P5	V+	電圧増幅段用電源(正)
T1	VP+	電力増幅段用電源(正)
T2	VP-	電力増幅段用電源(負)
T3	SP+	スピーカー出力

表 基板上コネクターCN1(メインボード)

CN1			
機能	Pin	Pin	機能
E+(電圧出力)	20	19	E+(電圧出力)
E+(電圧出力)	18	17	E+(電圧出力)
NC	16	15	NC
NC	14	13	NC
NC	12	11	NC
NC	10	9	NC
IN+(入力)	8	7	IN+(入力)
IN-(入力)	6	5	IN-(入力)
GND	4	3	GND
GND	2	1	GND

CN2			
機能	Pin	Pin	機能
E-(電圧出力)	20	19	E-(電圧出力)
E-(電圧出力)	18	17	E-(電圧出力)
V+(電源)	16	15	V+(電源)
V+(電源)	14	13	V+(電源)
GND	12	11	GND
GND	10	9	GND
GND	8	7	GND
V-(電源)	6	5	V-(電源)
V-(電源)	4	3	V-(電源)
NC	2	1	NC

5. 接続法

(1) 標準的な接続(その1)

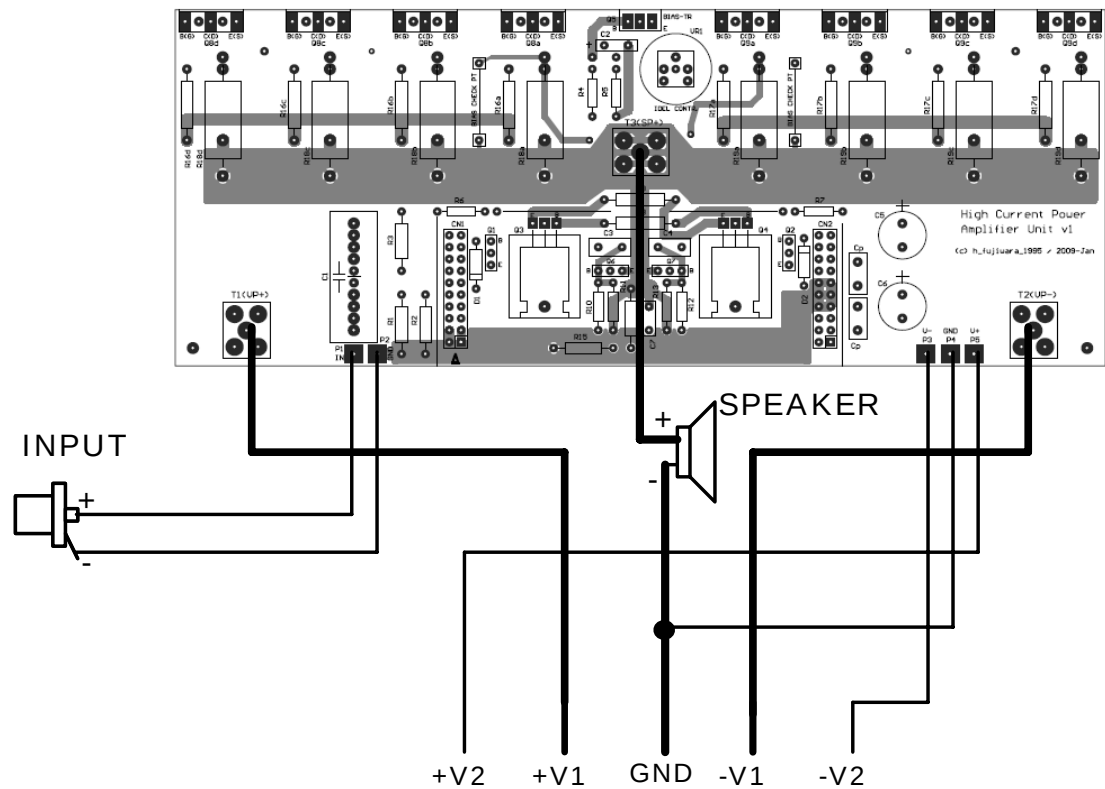


図 標準的な接続

標準的な接続を前図に示します。必要な電源はV1、V2の2系統になります。V1は電力増幅段に供給され、V2は電圧増幅段に供給されます。V1、V2は分離する必要はなく、共通でもかまいません。一般的には電源効率を上げるためにV2はV1より数V高く設定します。またV2は電圧増幅段の電源ですから、高インピーダンスの信号を扱う点と、多くの電流を必要としません(通常10mA程度)から、定電圧化することが望まれます。V1についても(電源インピーダンスを下げるため)定電圧化が望まれますが、これは好みの世界です(定電圧化することで、音の迫力が弱くなると言う人もいます)。

V1およびV2の電圧値は使用する回路や、得たい出力に合わせて設定しますが一般家庭での用途では、V1=20Vもあれば十分でしょう。V2はV1と同じかV1より5V程度高い電圧に設定すればよいでしょう。

(2)接続例(その2)

RA200-084 トランスや電源基板等をつかった接続例を図に示します。スピーカ出力にはプロテクト基板を接続することで、電源投入および電源切時のポップノイズを抑制すると同時に位相補償をかけています。

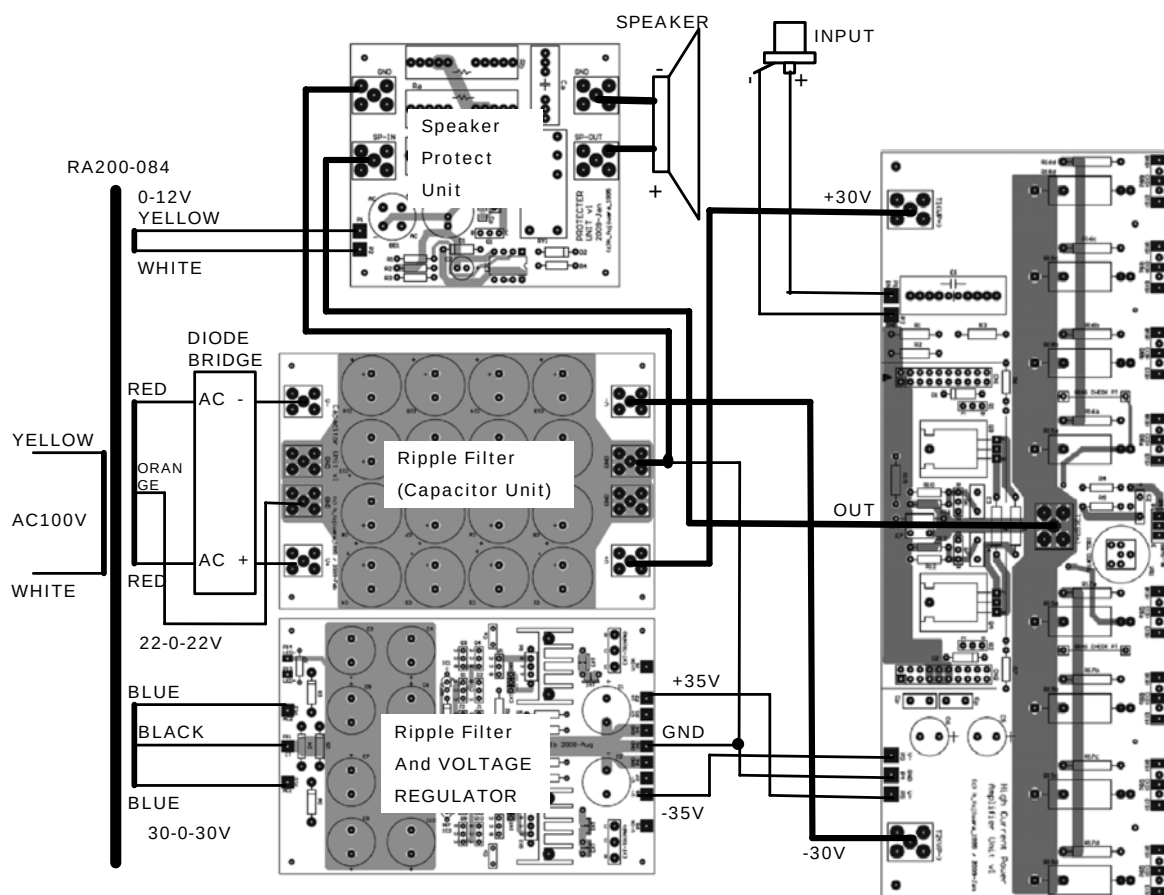


図 接続例

6. 調整法

(1) オフセット調整

オフセットは電圧増幅回路(ドータブード)の VR にて調整します(OPA 基板はオフセット調整は不要です)。スピーカ出力端子の電圧がゼロボルトになるように調整しますが、完全にゼロにする必要はなく 20~30mV以下であれば十分でしょう。

(2) バイアス電流

バイアス電流はメイン基板の VR1 により調整します。調整しやすいようにチェックポイントを設けていますので、それらをつかうと便利でしょう(前述済み)。バイアス電流は通常は10~20mAも十分だと思います。

なお、オフセットならびにバイアス電流は電源投入後から徐々に変化する場合があります。電源投入後から10分程度たってから、再度測定して目標とする値にあわせてください。

7. 注意点

本基板はアンプ製作の経験者や、回路理解者を対象としていますのでとくに下記の注意点については不要かと思いますが、列挙します。

(1) 電源投入時

電源投入後は、すぐさま各素子に手をあてて異常加熱がないかを確認します。また、トランス等から異音がないかを確認してください。発振等をしていれば、大電力を消費しますから、トランスからは若干のハム音が聞こえるはずです。またトランスには安全のためフューズをかならず入れてください。フューズの容量は電源回路のコンデンサ容量に依存しますが 5A 程度をいれておけばいいでしょう。

素子の異常加熱や異音があれば、すぐさま電源を切断して回路等のチェックをします。

(2) おかしいと思ったら

オフセット調整、アイドル電流調整時にテスターで電圧を測定したときに、明らかに大きな値を示した場合も必ず電源を一旦切って回路等をチェックします。電源投入後に「おかしいな？」と思って、そのまま電流を投入したままにすれば、素子等の異常加熱を招き焼損につながるおそれがあります。つねに、おかしいと思った電源を切ることが必要です。

(3) 調整後もしばらくは様子を見て、再度調整する。

オフセットならびにアイドル電流は徐々に変化する場合がありますから、一旦調整してもしばらくすれば、再度値を確認して再調整します。なお、アイドル電流はバイアス用のトランジスタの熱結合等が甘いと、相当増大することも考えられますから(とくにバイポーラトランジスタを終段に用いた場合)、注意が必要です。

(4) 放熱板は大きめにする。

一般の用途ではそれほど発熱はしないと思いますが、低抵抗負荷で高出力を連続させると、放熱板は相当に加熱します。用途にあわせて十分に大きな放熱板を使うようにしてください。

8. バグフィックス

(1) OPA 基板 (V1)

IN-, IN+が入れ替わっていますので修正が必要です。

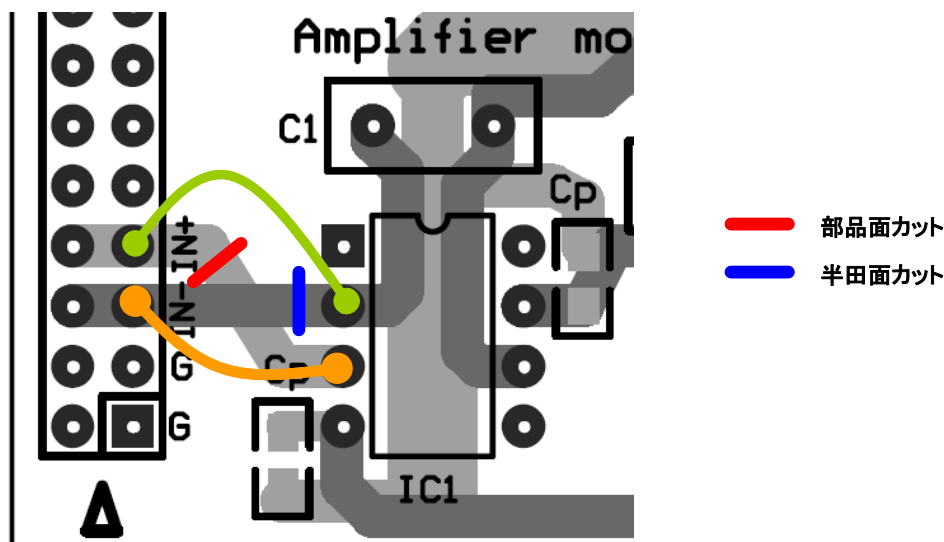


図 OPA 基板(V1)のパターン修正箇所

9. 更新記録

2009. 2. 22 R1 初版

(1) メインボード

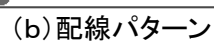
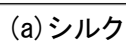
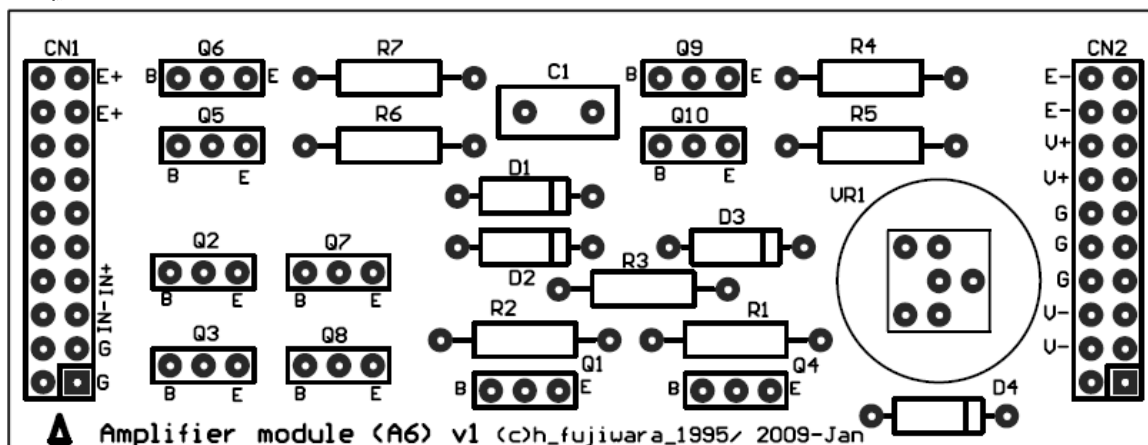
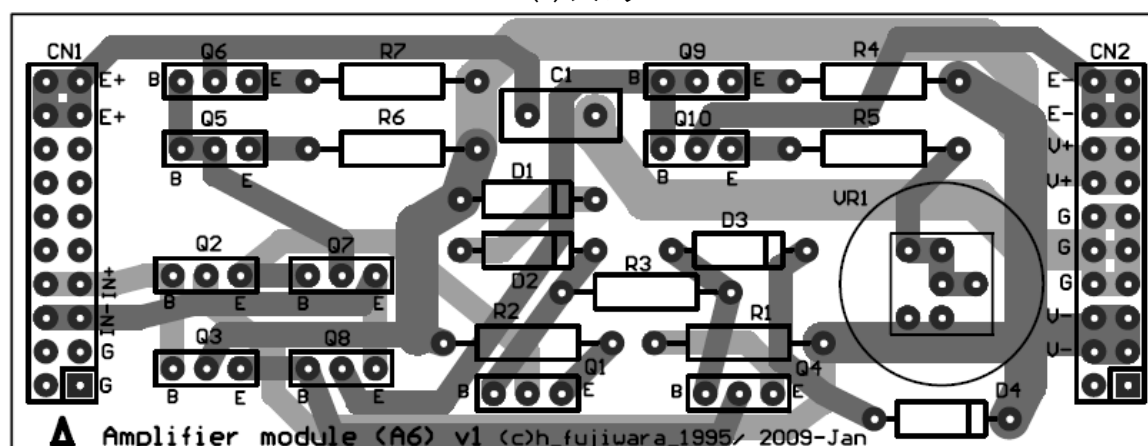


図 メインボードの基板パターン

(2) A6 基板

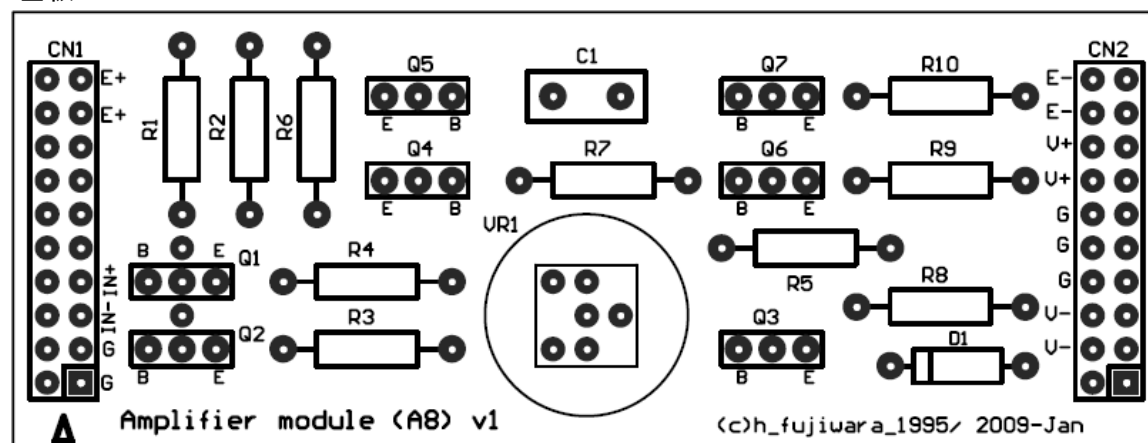


(a) シルク

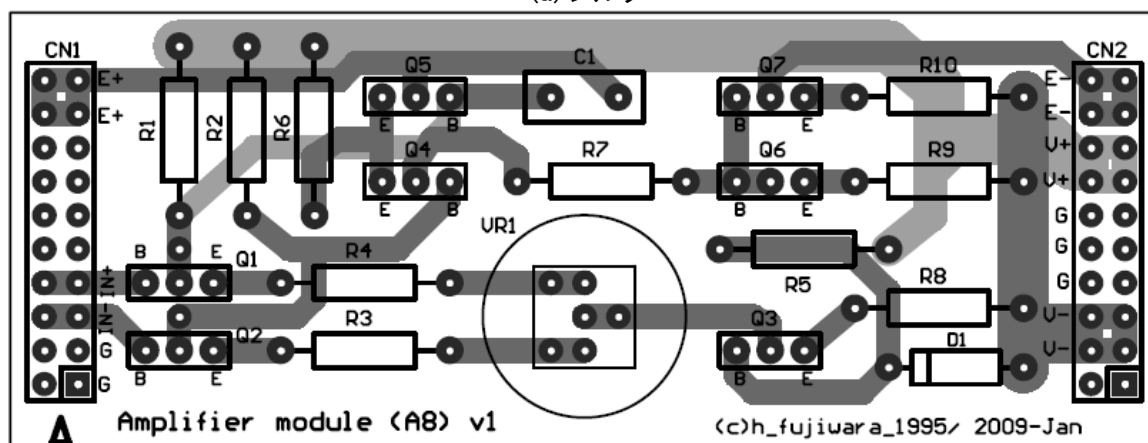


(b) 基板パターン

(3) A8 基板

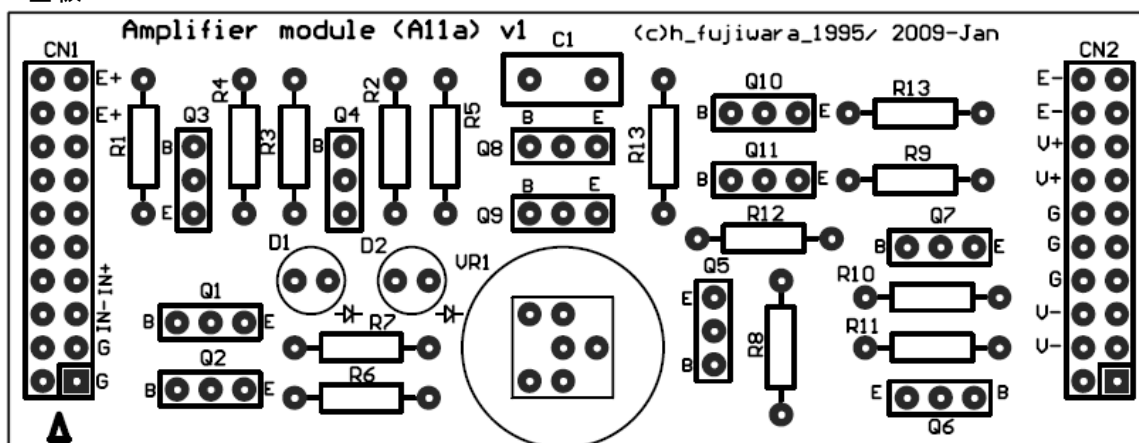


(a) シルク

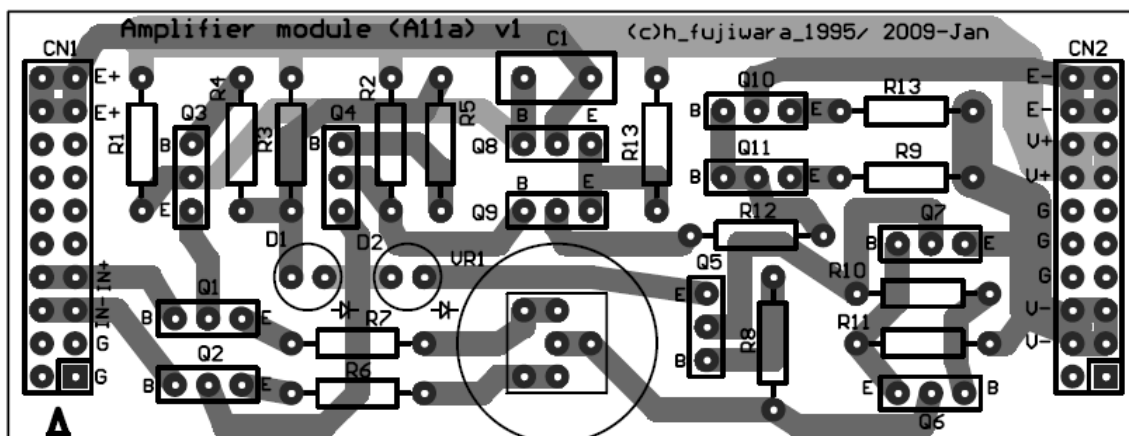


(b) 基板パターン

(4) A11 基板

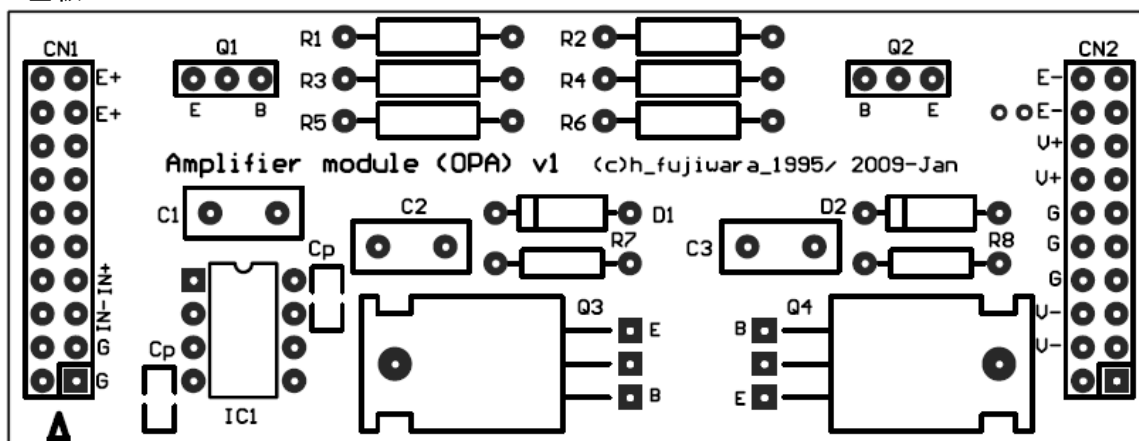


(a) シルク (R9 の上側の R13 は R13b と読み替えます (V1))

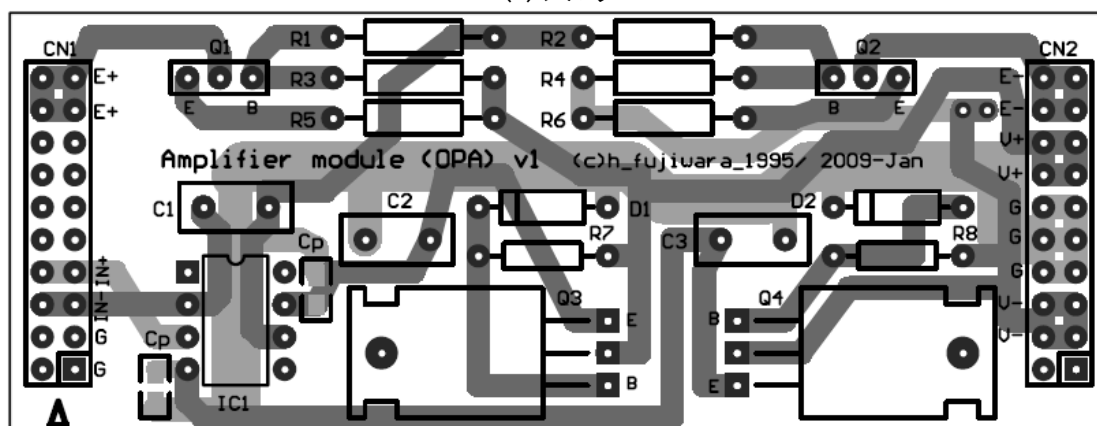


(b) 基板パターン (R9 の上側の R13 は R13b と読み替えます (V1))

(5) OPA 基板



(a) シルク



(b) 基板パターン (V1 では IN-, IN+ を入れ替え作業必要)