

ディスクリートOPアンプ基板 共通マニュアル

A1、A2、A3、A4、A6

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します。

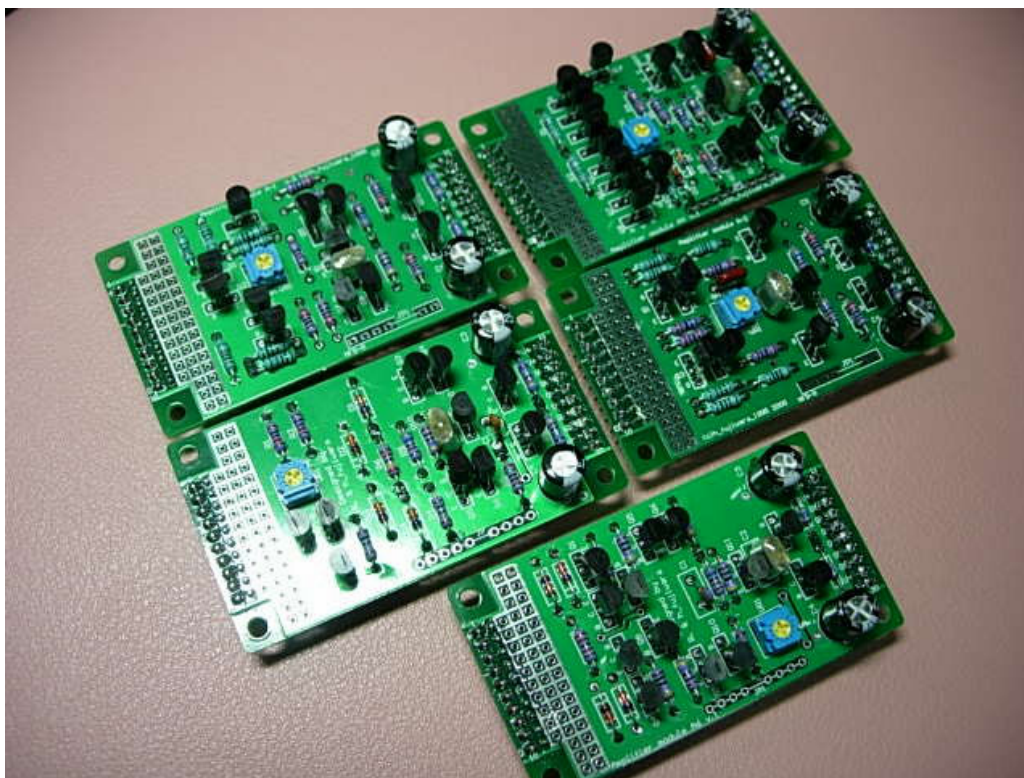


図 完成例

1. はじめに

このマニュアルにはディスクリートのOPアンプ基板群の製作情報を記しています。回路定数については正負15Vの電源電圧を想定した値を部品表にて示していますが、12~15Vでも問題ないと思います。基本的な知識があれば、回路定数は色々とバリエーションを持たせられると思います。この基板はいままでOPアンプをつかっていたIV変換やLPF回路をディスクリート化することで、さらに各自の好みの音に仕上げることを目的としています。もちろん汎用的な回路群ですので、トランジスタの選択などでヘッドホンアンプなどへの変更も可能です。基板にはユニバーサル部分もあり、少々の回路(LPFなど)ならこの基板上で組むことが可能です。いろいろと工夫されて楽しめることを期待しています。

表 基板種と特徴

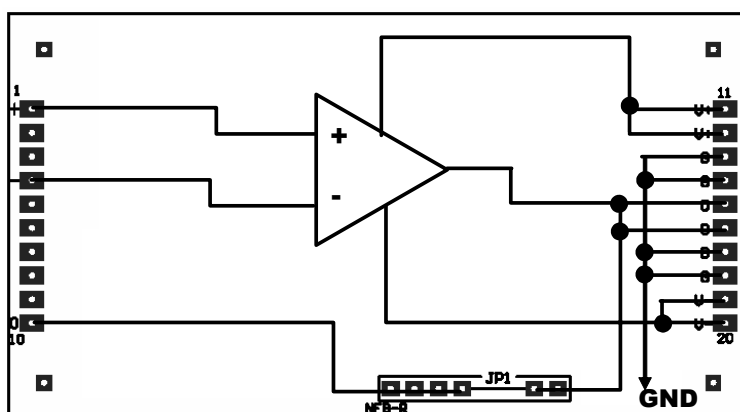
基板種	特徴
A1	一般的な2段差動増幅回路構成です。この構成は多くのアンプに使われていると思います。
A2	対称回路を用いることで波形の忠実な再現を狙っています。
A3	FET 差動入力+フォールディッドカスコード回路が取り入れられており、高速動作が可能です (designed by R.)
A4	A1回路をベースとして入力を4パラFETとすることで低ノイズ化を狙っています。
A6	電流帰還回路で超高速動作が可能です (designed by R.)

(*) A5は現時点では欠番です。

2. 基板の共通仕様

(1) OPアンプとの類似性

基板の端子機能はすべて共通です。JP1は帰還抵抗を取り付けるのに便利な構成にしています。オペアンプとして考えた場合の等価図は下記のようになります。



オペアンプとしてみた場合

図 OPアンプとの対比

(2) 端子機能

端子機能を下表に示します。

表 端子機能

No	機能	説明	No	機能	説明
1	IN+	正入力	11	V+	電源正電圧 (12~15V)
2	NC	無接続	12	V+	電源正電圧 (12~15V)
3	NC	無接続	13	GND	電源 GND
4	IN-	負入力	14	GND	電源 GND
5	NC	無接続	15	OUT1	出力
6	NC	無接続	16	OUT1	出力
7	NC	無接続	17	GND	電源 GND
8	NC	無接続	18	GND	電源 GND
9	NC	無接続	19	V-	電源負電圧 (-12~-15V)
10	OUT2	出力 (JP1 が接続された場合)	20	V-	電源負電圧 (-12~-15V)

(3) 基板外形

- ・外形寸法 : 77.4mm×43.2mm(3050mil×1700mil)
旧バージョンでは 78.7mm×43.2mm(3100mil×1700mil) の場合あり。
- ・取付けネジ寸法 : 71.1mm×35.6mm(2800mil×1400mil)

3. 部品表例

以下にそれぞれの基板についても部品表 (代表例) を記します。

(注)

- ・一部部品表と回路図の定数が違う場合がありますが、その場合は部品表を正としてください。
- ・トランジスタの NPN と PNP は間違えると破壊のおそれがあります。部品表ならびに回路図でよく確認ください。

3-1. A1基板

表 部品表 (A1)

品名	番号	規格	仕様	個数	備考
抵抗	R1, 2	金属被膜 1/4W	1kΩ	2	
	R3	金属被膜 1/4W	10kΩ	1	
	R4, 5	金属被膜 1/4W	10kΩ	2	
	R6, 7	金属被膜 1/4W	220Ω	2	
	R8	金属被膜 1/4W	2.7kΩ	1	
	R9, 10	金属被膜 1/4W	220Ω	2	
	R11	金属被膜 1/4W	5.6kΩ	1	
	R12	金属被膜 1/4W	4.7kΩ	1	
	R13, 14	金属被膜 1/4W	220Ω	2	
	R15, 16	金属被膜 1/4W	47Ω	2	
	R17, 18	金属被膜 1/4W	100Ω	2	
可変抵抗	VR1	1回転サーメット	100Ω	1	
コンデンサ	C1	セラミック	47pF	1	発振防止用
	C2	フィルムコンデンサ	0.1uF	1	
	C3, 4	電解コンデンサ	10uF/25V	2	
トランジスタ	Q1-4	小電力 NPN	2SC1815	4	
	Q5, 6	小電力 PNP	2SA1015	2	
	Q7, 8	小電力 NPN	2SC1815	2	
	Q9	小電力 NPN	2SC1815	1	
	Q10	小電力 NPN	2SC1815	1	
	Q11	小電力 PNP	2SA1015	1	
	Q12	小電力 NPN	2SC1815	1	

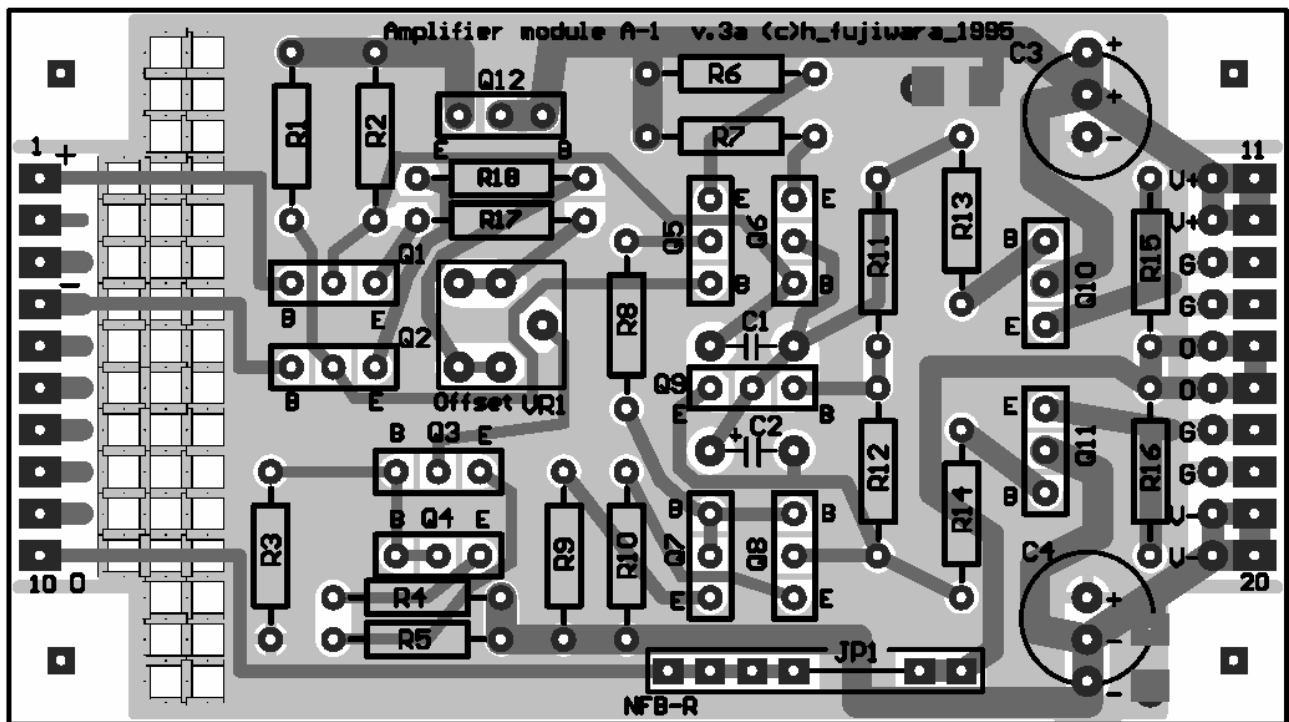


図 A1基板の部品配置図

ポイント&注意事項

- (1) 出力オフセットの調整は VR1 で行います。出力電圧が 0V になるように調整ください。
- (2) C3, 4 はより大容量のものに変更することで好結果が得られる可能性があります。また基板背面にはチップコンデンサを取り付けるランドがありますので 0.1 μ F 程度のセラミックコンデンサを取り付けると高周波特性が改善すると思います。
- (3) R11 を 5.6 \rightarrow 6.8k Ω に増大させることにより終段トランジスタのアイドル電流を増大させることができ A 級動作範囲が広がります。ただし Q11, 12 の発熱量がふえますのでご注意ください(できればより Pc 容量の大きなものに変更する方がのぞましいでしょう)。
- (4) ヘッドホンアンプ等に適用する場合は R15, 16 を 5 \sim 10 Ω 程度に変更してください。また、出力にはヘッドホン保護と短絡時に備え 100 \sim 200 Ω の抵抗を直列に入れてください。

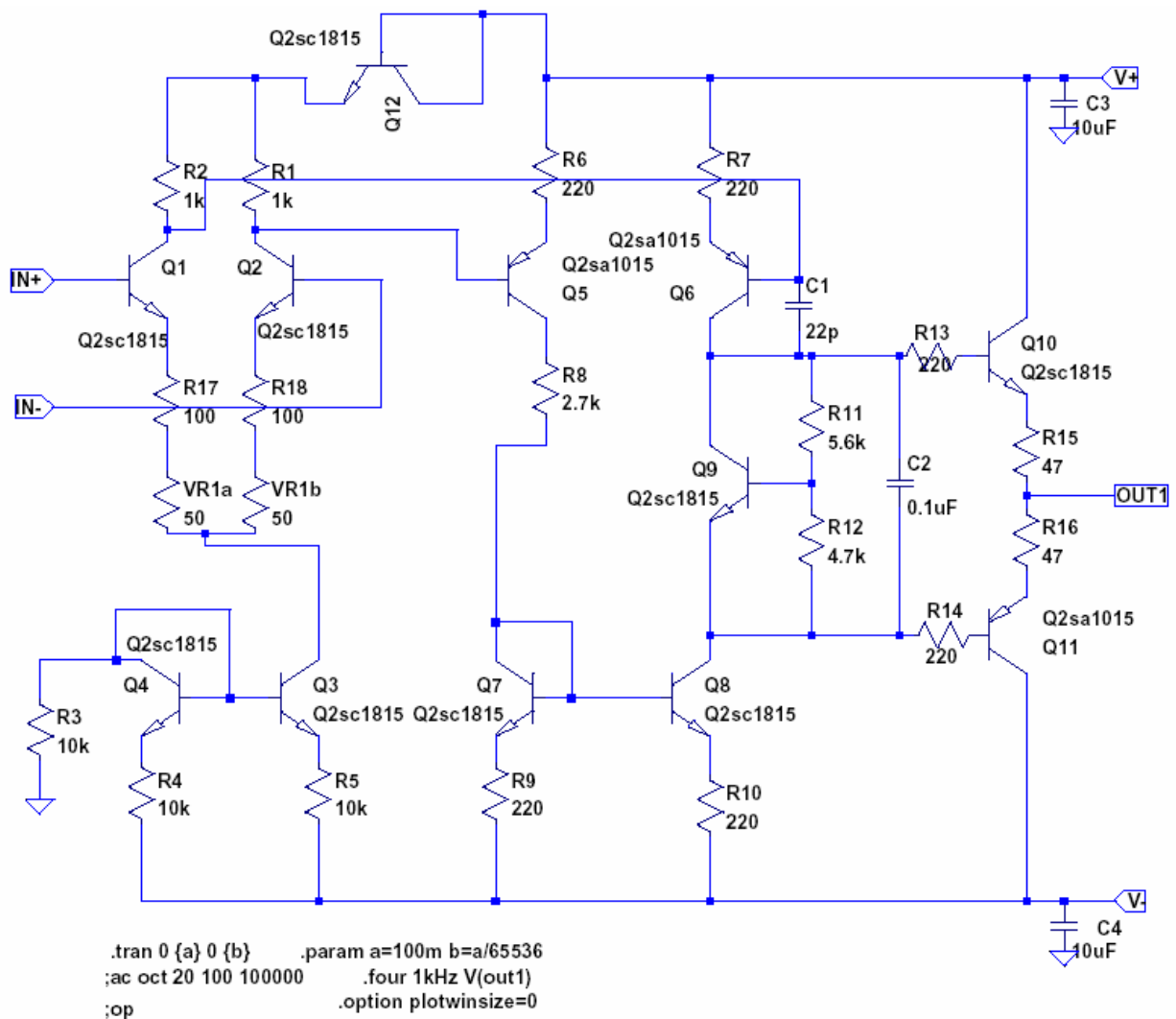


図 A 1 基板の回路図

3-2. A2基板

表 部品表 (A2)

品名	番号	規格	仕様	個数	備考
抵抗	R1, 2	金属被膜 1/4W	10k Ω	2	
	R3	金属被膜 1/4W	16k Ω	1	
	R4	金属被膜 1/4W	22k Ω	1	
	R5, 6	金属被膜 1/4W	10k Ω	2	
	R7	金属被膜 1/4W	1k Ω	1	
	R8, 9	金属被膜 1/4W	2.7k Ω	2	
	R10	金属被膜 1/4W	1k Ω	1	
	R11	金属被膜 1/4W	5.6k Ω	1	
	R12	金属被膜 1/4W	4.7k Ω	1	
	R13, 14	金属被膜 1/4W	220 Ω	2	
	R15, 16	金属被膜 1/4W	47 Ω	2	
可変抵抗	VR1	1回転サマット	10k Ω	1	
コンデンサ	C1	セラミック/フィルム	100pF	1	発振防止用
	C2	フィルムコンデンサ	0.1 μ F	1	
	C3, 4	電解コンデンサ	10 μ F/25V	2	
トランジスタ	Q1, 2	小電力 NPN	2SC1815	2	
	Q3, 4	小電力 PNP	2SA1015	2	
	Q5	小電力 PNP	2SA1015	1	
	Q6	小電力 NPN	2SC1815	1	
	Q7	小電力 NPN	2SC1815	1	
	Q8	小電力 NPN	2SC1815	1	
	Q9	小電力 PNP	2SA1015	1	

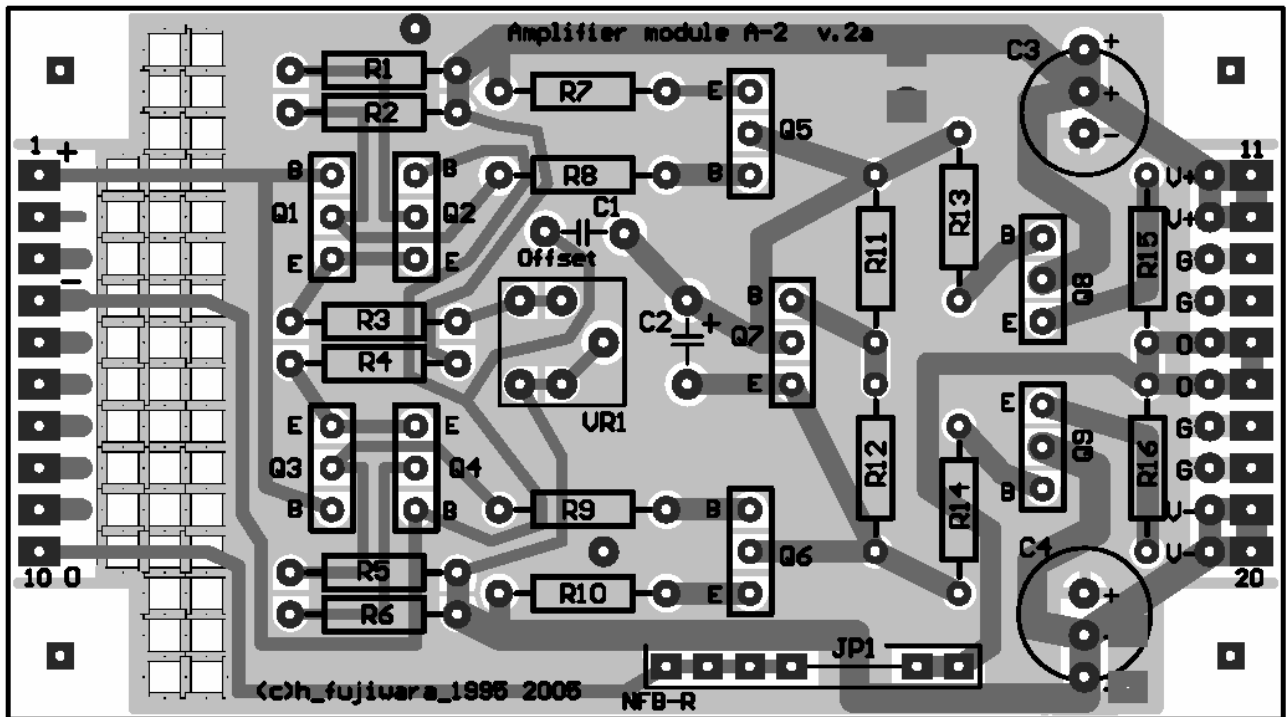


図 A2基板の部品配置図

ポイント&注意事項

- (1) 出力オフセットの調整は VR1 で行います。出力電圧が 0V になるように調整ください。
- (2) C3, 4 はより大容量のものに変更することで好結果が得られる可能性があります。また基板背面にはチップコンデンサを取り付けるランドがありますので 0.1uF 程度のセラミックコンデンサを取り付けると高周波特性が改善すると思います。
- (3) R11 を 5.6→6.8kΩ に増大させることにより終段トランジスタのアイドリング電流を増大させることができ A 級動作範囲が広がります。ただし Q8, 9 の発熱量がふえますのでご注意ください(できればより Pc 容量の大きなものに変更する方がのぞましいでしょう)。
- (4) ヘッドホンアンプ等に適用する場合は R15, 16 を 5~10Ω 程度に変更してください。また、出力にはヘッドホン保護と短絡時に備え 100~200Ω の抵抗を直列に入れてください。

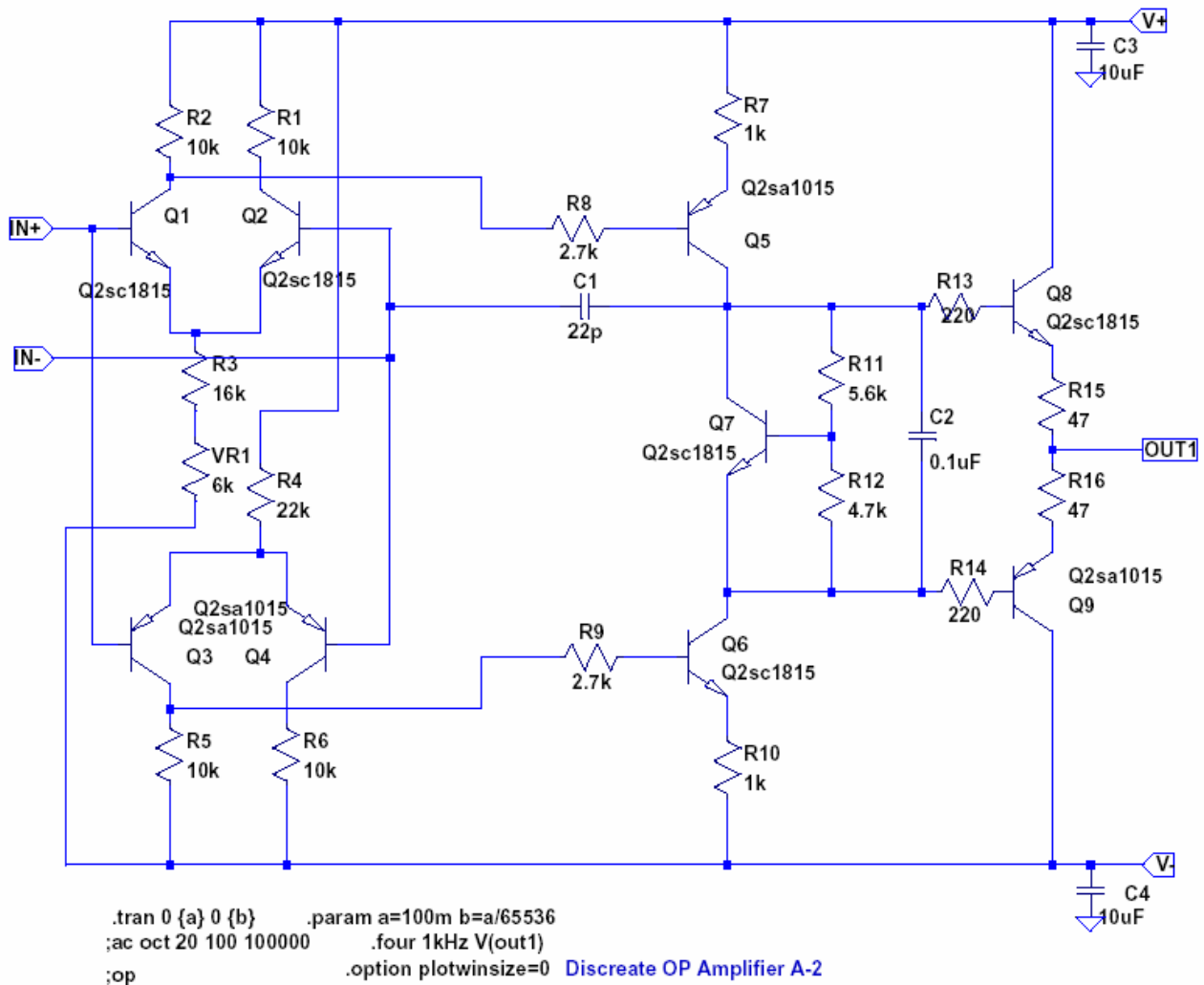


図 A 2 基板の回路図

3-3. A3基板

表 部品表 (A3)

品名	番号	規格	仕様	個数	備考
抵抗	R1, 2	金属被膜 1/4W	120Ω	2	
	R3	金属被膜 1/4W	150Ω	1	
	R4, 5	金属被膜 1/4W	150Ω	2	
	R6	金属被膜 1/4W	24kΩ	1	
	R7, 8	金属被膜 1/4W	47Ω	2	
	R9	金属被膜 1/4W	5.6kΩ	1	
	R10	金属被膜 1/4W	4.7kΩ	1	
可変抵抗	VR1	1回転サマット	10kΩ	1	
コンデンサ	C1	セラミック/フィルム	47pF	1	発振防止用
	C2	フィルムコンデンサ	0.1uF	1	
	C3, 4	電解コンデンサ	10uF/25V	2	
トランジスタ	Q1, 2	小電力 N-FET	2SK117	2	2SK30 等も可
	Q3, 4	小電力 PNP	2SA1015	2	
	Q5, 6	小電力 NPN	2SC1815	2	
	Q7	小電力 NPN	2SC1815	1	
	Q8	小電力 NPN	2SC1815	1	
	Q9	小電力 PNP	2SA1015	1	
	Q10	小電力 NPN	2SC1815	1	

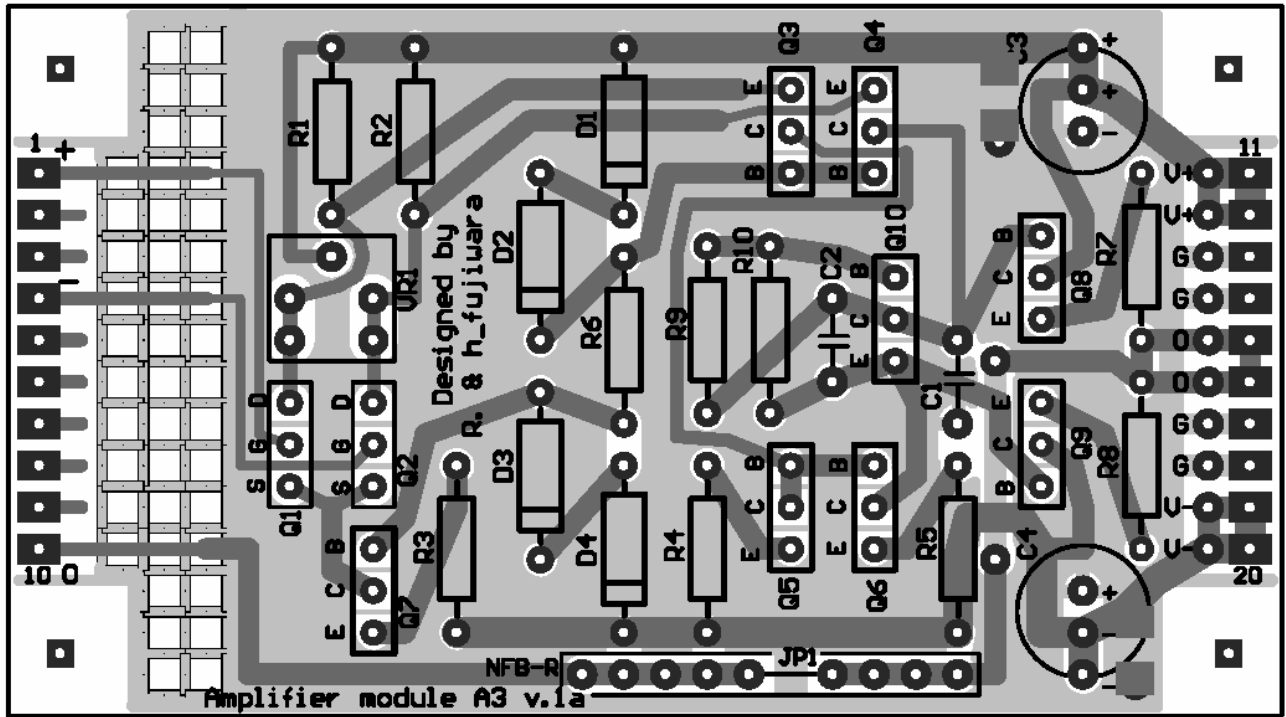
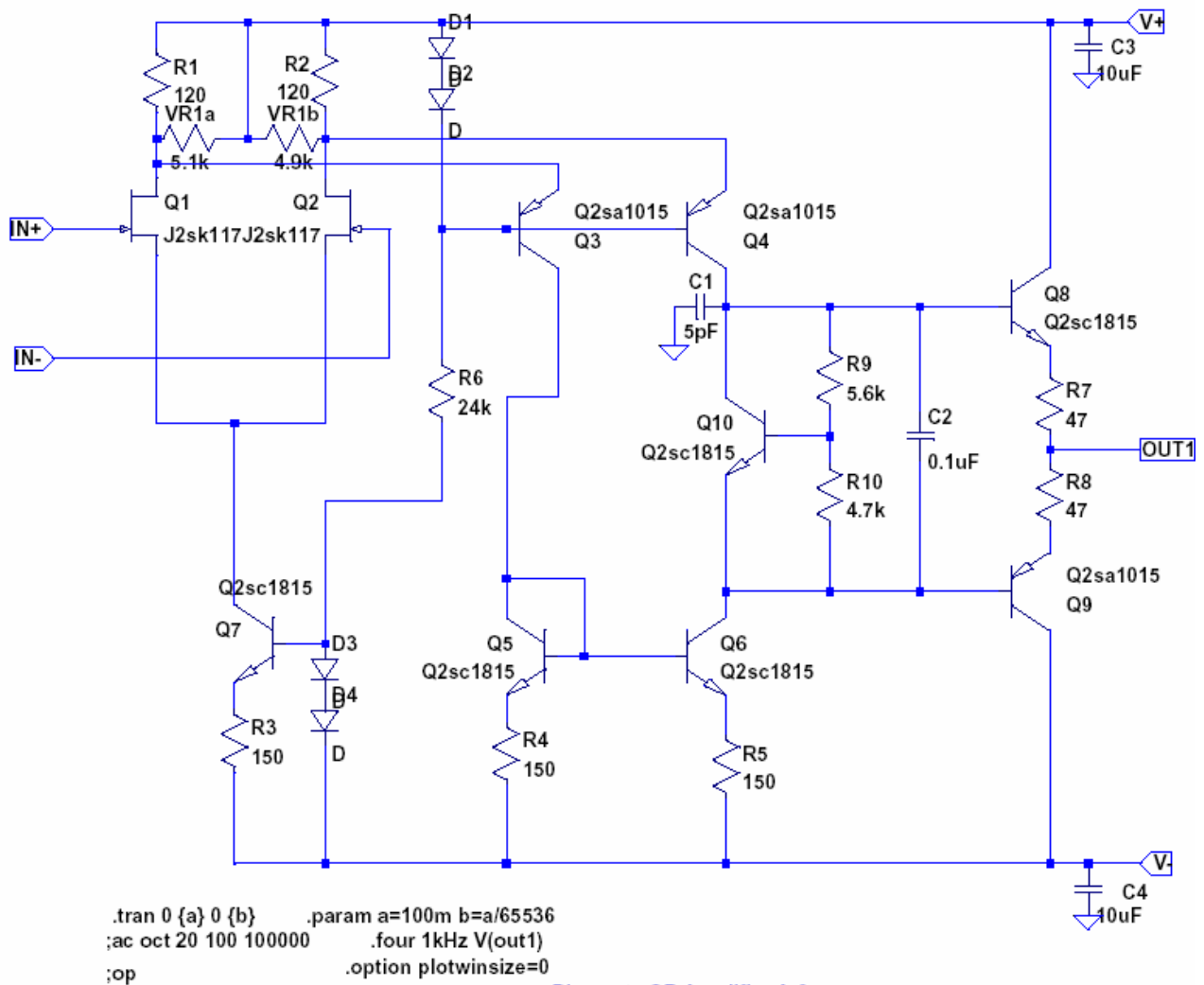
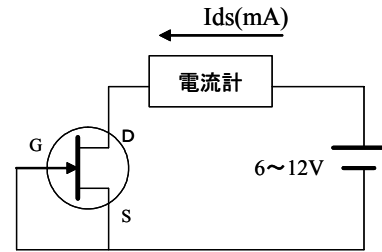


図 A3 部品配置図

ポイント&注意事項

- (1) 出力オフセットの調整は VR1 で行います。出力電圧が 0V になるように調整ください。必ず VR は中央位置より調整ください。最小・最大の位置では次段の TR が過熱損傷する場合があります。
- (2) C3, 4 はより大容量のものに変更することで好結果が得られる可能性があります。また基板背面にはチップコンデンサを取り付けるランドがありますので 0.1uF 程度のセラミックコンデンサを取り付けると高周波特性が改善すると思います。
- (3) R9 を 5.6→6.8kΩ に増大させることにより終段トランジスタのアイドル電流を増大させることができ A 級動作範囲が広がります。ただし Q9, 10 の発熱量がふえますので注意ください(できればより P_c 容量の大きなものに変更する方がのぞましいでしょう)。
- (4) ヘッドホンアンプ等に適用する場合は R7, 8 を 5~10Ω 程度に変更してください。また、出力にはヘッドホン保護と短絡時に備え 100~200Ω の抵抗を直列に入れてください。
- (5) 入力 FET は I_{ds} をそろえた方がいいでしょう。図の方法で I_{ds} が 5% 以内のペアを作ってください(1つが 3mA ならもう 1つは 2.85~3.15mA)。



Discrete OP Amplifier A-3

図 A 3 基板の回路図

3-4. A4基板

表 部品表 (A4)

品名	番号	規格	仕様	個数	備考
抵抗	R1, 2	金属被膜 1/4W	10kΩ	2	
	R3	金属被膜 1/4W	1kΩ	1	
	R4	金属被膜 1/4W	24kΩ	1	
	R5	金属被膜 1/4W	2.7kΩ	1	
	R6	金属被膜 1/4W	1.5kΩ	1	
	R7	金属被膜 1/4W	5.6kΩ	1	
	R8	金属被膜 1/4W	4.7kΩ	1	
	R9, 10	金属被膜 1/4W	220Ω	2	
	R11, 12	金属被膜 1/4W	47Ω	2	
可変抵抗	VR1	1回転サーメット	100Ω	1	
ダイオード	D1, 2	小電流 SW 用	1S1855 相当	2	
コンデンサ	C1	セラミック/フィルム	220pF	1	発振防止用
	C2	フィルムコンデンサ	0.1uF	1	
	C3, 4	電解コンデンサ	10uF/25V	2	
トランジスタ	Q1~8	小電力 N-FET	2SK117	8	2SK30 等も可
	Q9	小電力 NPN	2SC1815	1	
	Q10	小電力 PNP	2SA1015	1	
	Q11	小電力 NPN	2SC1815	1	
	Q12	小電力 PNP	2SA1015	1	
	Q13	小電力 NPN	2SC1815	1	
	Q14	小電力 NPN	2SC1815	1	
	Q15	小電力 NPN	2SC1815	1	
	Q16	小電力 PNP	2SA1015	1	
Q17	小電力 NPN	2SC1815	1		

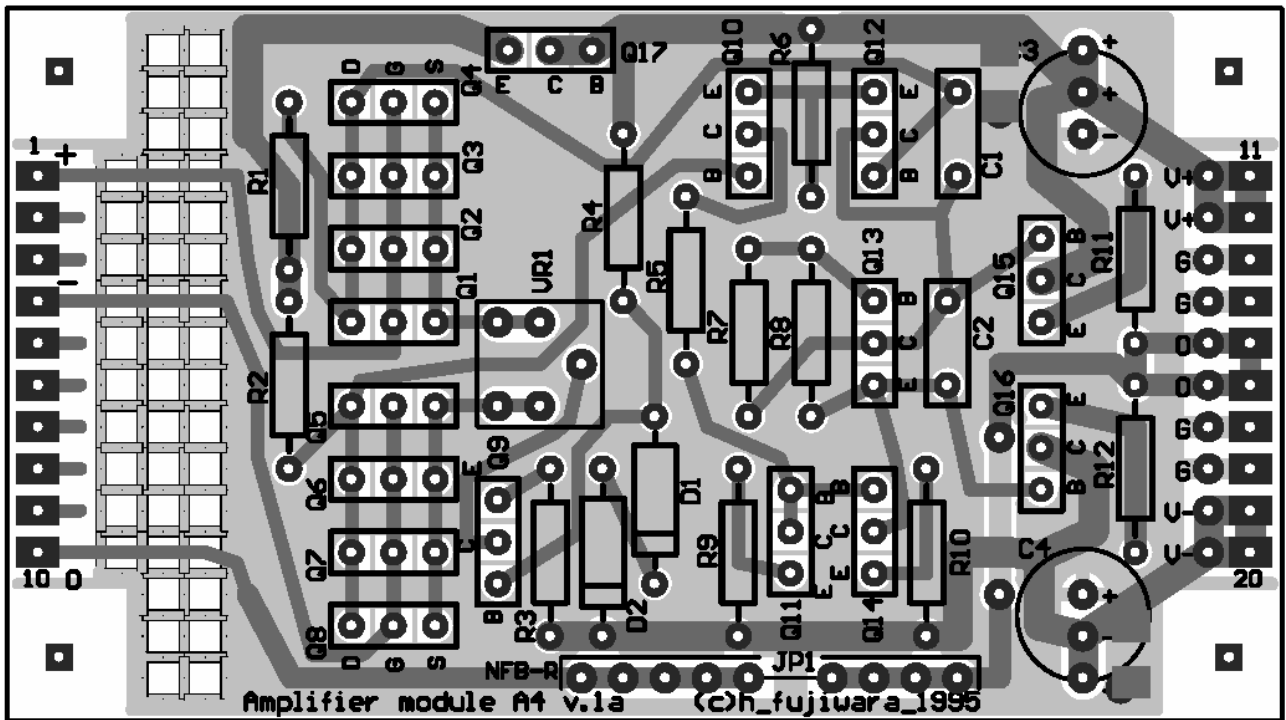
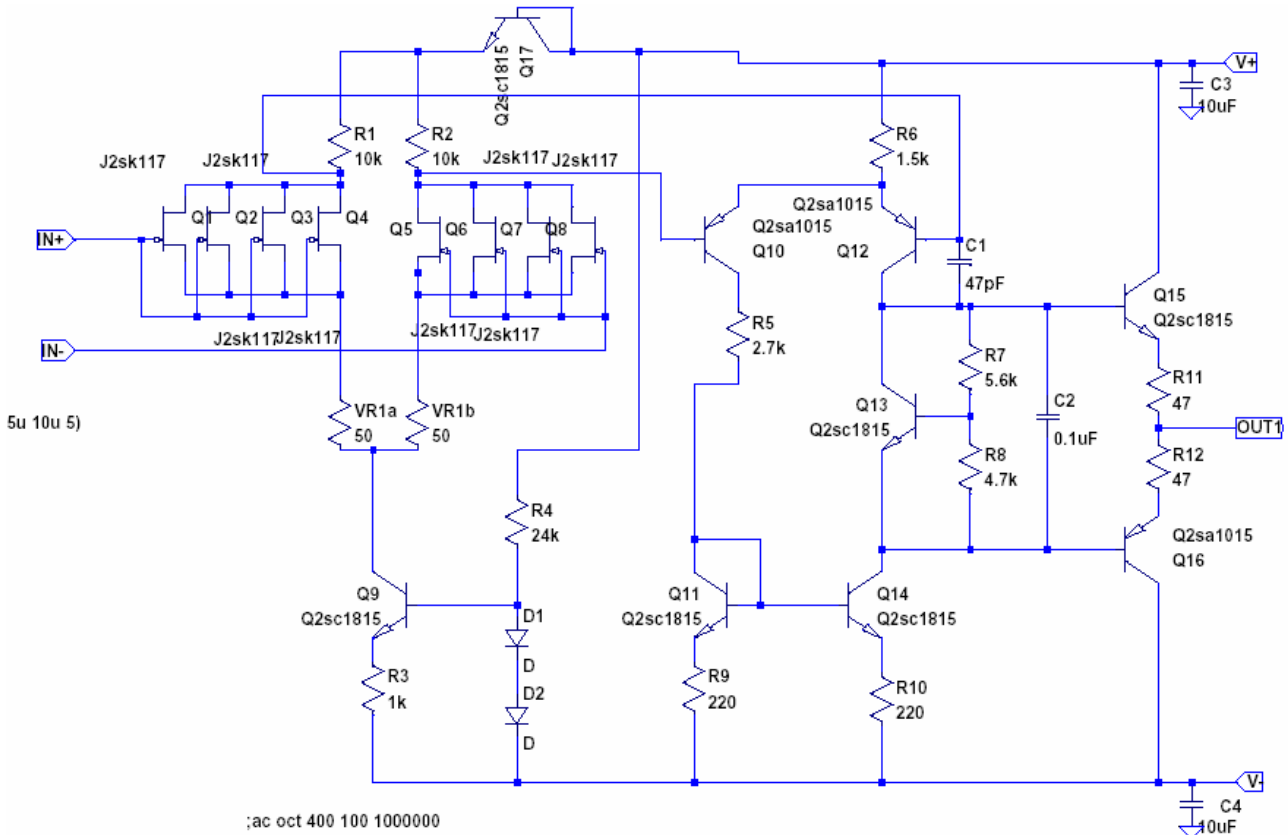
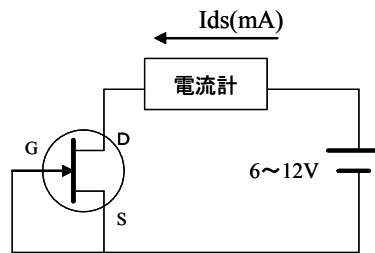


図 A4基板部品配置図

ポイント&注意事項

- (1) 出力オフセットの調整は VR1 で行います。出力電圧が 0V になるように調整ください。
- (2) C3, 4 はより大容量のものに変更することで好結果が得られる可能性があります。また基板背面にはチップコンデンサを取り付けるランドがありますので 0.1uF 程度のセラミックコンデンサを取り付けると高周波特性が改善すると思います。
- (3) R7 を 5.6→6.8kΩ に増大させることにより終段トランジスタのアイドル電流を増大させることができ A 級動作範囲が広がります。ただし Q15, 16 の発熱量がふえますのでご注意ください(できればより Pc 容量の大きなものに変更する方がのぞましいでしょう)。
- (4) 入力の FET は I_{ds} をそろえた方がいいでしょう。下図の方法で I_{ds} が 5%以内となるように Q1~8 をそろえればいいでしょう。



Discrete OP Amplifier A-4

図 A 4 基板の回路図

3-5. A6基板

表 部品表 (A6)

品名	番号	規格	仕様	個数	備考
抵抗	R1, 2	金属被膜 1/4W	470Ω	2	
	R3	金属被膜 1/4W	22kΩ	1	
	R4	金属被膜 1/4W	470Ω	1	
	R5	金属被膜 1/4W	430Ω	1	
	R6, 7	金属被膜 1/4W	470Ω	2	
	R8	金属被膜 1/4W	4.7kΩ	1	
	R9	金属被膜 1/4W	5.6kΩ	1	
	R10, 11	金属被膜 1/4W	47Ω	2	
可変抵抗	VR1	1回転サーメット	200Ω	1	
ダイオード	D1~4	小電流 SW 用	1S1855 相当	4	
コンデンサ	C1	セラミック	22pF	1	発振防止用
	C2	フィルムコンデンサ	0.1uF	1	
	C3, 4	電解コンデンサ	10uF/25V	2	
トランジスタ	Q1, 2	小電力 PNP	2SC1015	2	
	Q3, 4	小電力 NPN	2SC1815	2	
	Q5, 6	小電力 PNP	2SA1015	2	
	Q7	小電力 NPN	2SC1815	1	
	Q8	小電力 PNP	2SA1015	1	
	Q9, 10	小電力 NPN	2SC1815	2	
	Q11	小電力 NPN	2SC1815	1	
	Q12	小電力 NPN	2SC1815	1	
	Q13	小電力 PNP	2SA1015	1	

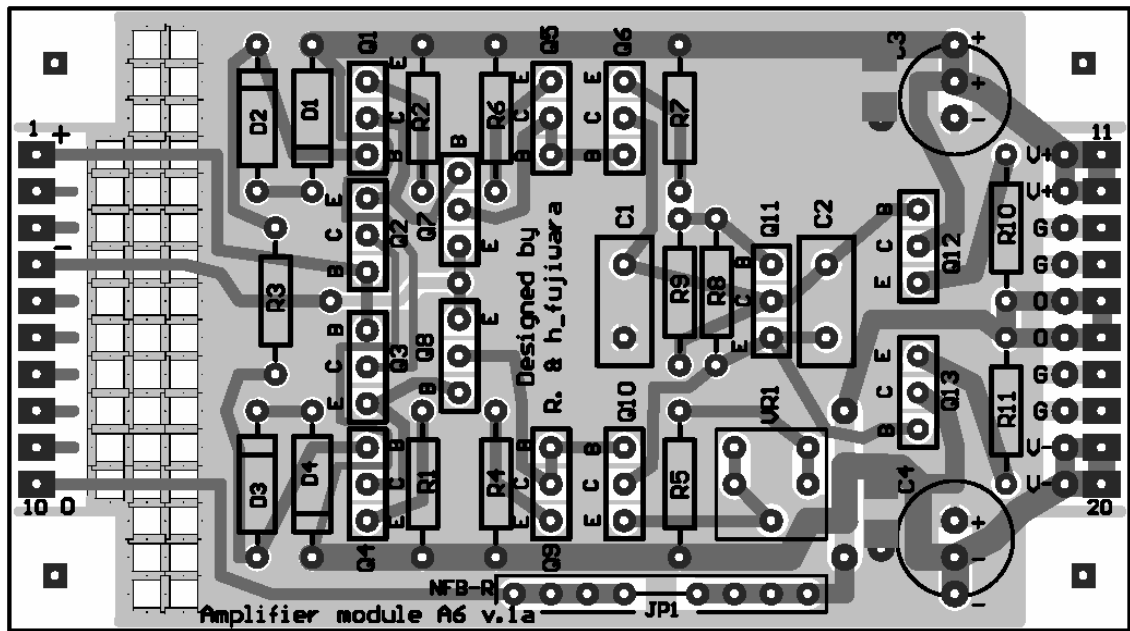


図 A6基板の部品配置図

ポイント&注意事項

- (1) 出力オフセットの調整は VR1 で行います。出力電圧が 0V になるように調整ください。
- (2) C3, 4 はより大容量のものに変更することで好結果が得られる可能性があります。また基板背面にはチップコンデンサを取り付けるランドがありますので 0.1uF 程度のセラミックコンデンサを取り付けると高周波特性が改善すると思います。
- (3) R9 を 5.6→6.8kΩ に増大させることにより終段トランジスタのアイドル電流を増大させることができ A 級動作範囲が広がります。ただし Q12, 13 の発熱量がふえますのでご注意ください(できればより Pc 容量の大きなものに変更する方がのぞましいでしょう)。
- (4) ヘッドホンアンプ等に適用する場合は R7, 8 を 5~10Ω 程度に変更してください。また、出力にはヘッドホン保護と短絡時に備え 100~200Ω の抵抗を直列に入れてください。
- (6) 電流帰還アンプですので帰還抵抗 (NFB-R) は概ね 2kΩ 以下としてください。できれば 1kΩ 以下が望ましいでしょう。帰還抵抗値が高いとオフセット調整が敏感になりすぎる問題が生じます。また低くしすぎると終段のトランジスタの容量の問題があるのでご注意ください。
- (7) 入力には直列に 100Ω ~1kΩ の抵抗をいれないと動作が安定しない場合があります。

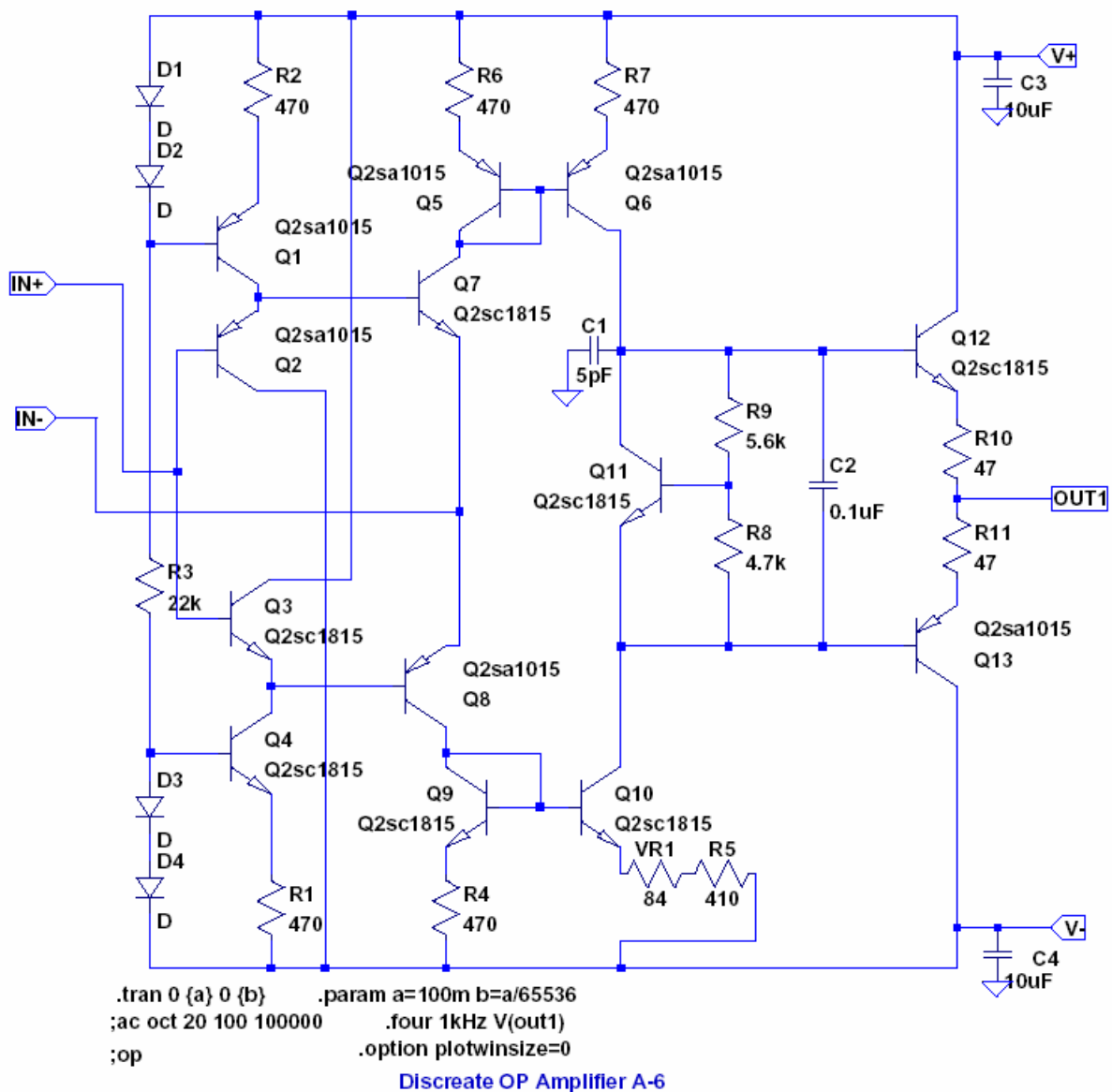


図 A 6 基板の回路図

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。間違っても取り付けし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

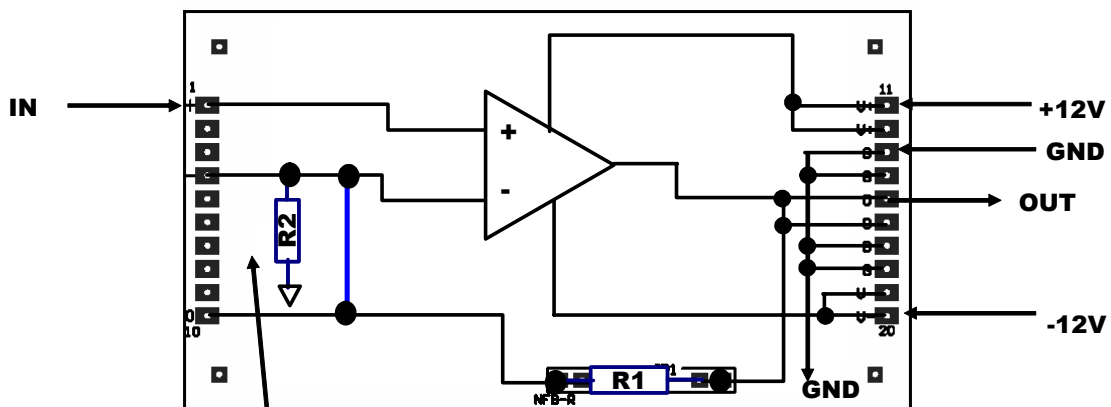
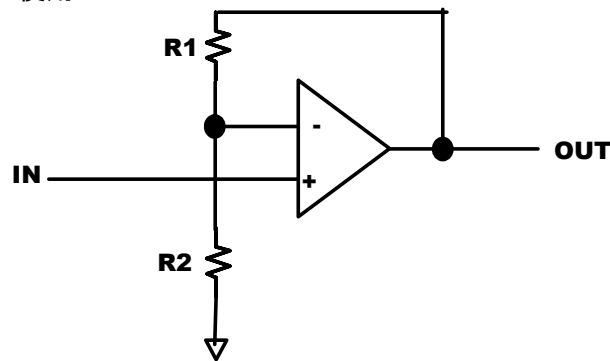
(ii) 半田吸い取り器で吸い取る

(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. 接続例

簡単な使用例を下記に示します。

(1) 非反転増幅器として使用



メッシュ部はGND

図 非反転増幅器への応用例

(2) DACのI/V変換回路として使用する場合

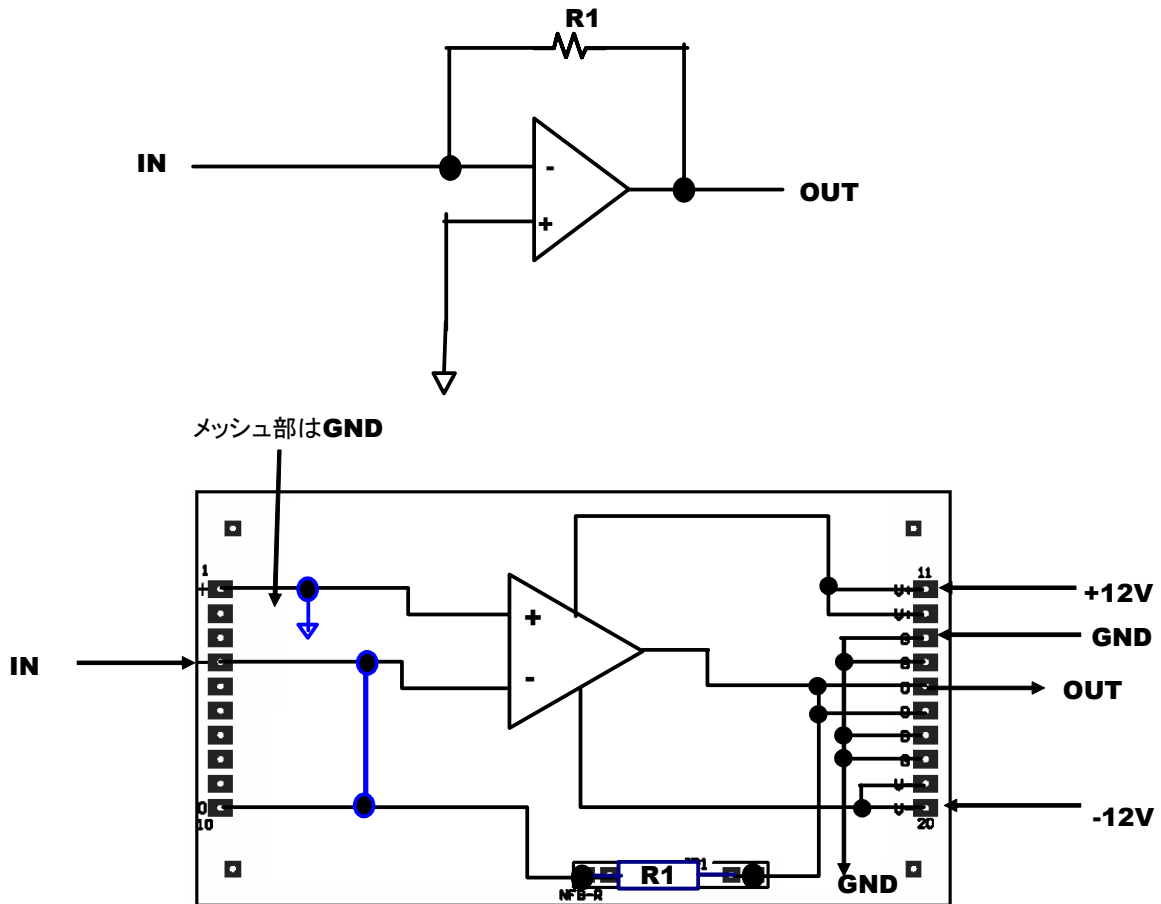


図 I/V変換として用いる

6. その他の注意事項

- (1) アンプの入カインピーダンスは高いため、入力オープンの状態では使わないでください（出力が不安定になったり飽和したりします）。
- (2) 入力抵抗が高い（たとえば $1\text{M}\Omega$ ）場合は、トランジスタのベース電流によりオフセットが発生（バイポーラの場合）し、VRでゼロ調整出来ない場合が生じます。入力抵抗は $47\text{k}\Omega$ 以下が望ましいと思われませんが、回路によっても特性が異なるため、状況を見て変更ください（ $10\text{k}\Omega$ 程度がよいと思います）。

（以上）