

プリアンプ基板 製作マニュアル (高精度汎用アンプモジュール基板)

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。

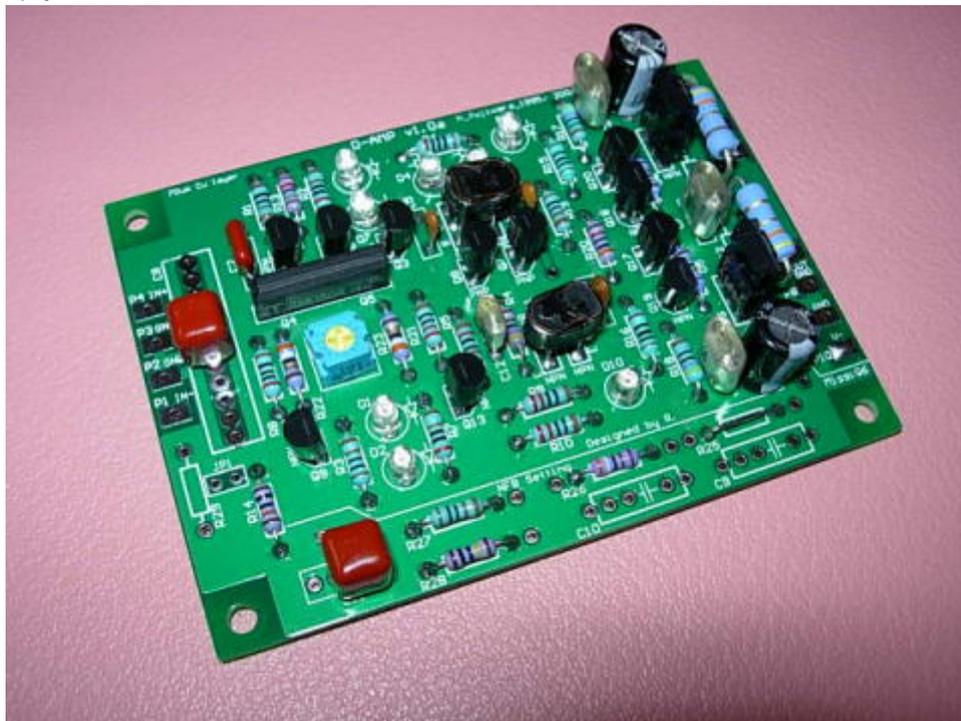
本マニュアルに記載の内容は製作上級者の方には不要なものが多く含まれますが、製作の前に必ずお読みいただきますようお願いいたします。

1. はじめに

この基板は入力段にFETを使用し、2段差動増幅およびダイヤモンドバッファタイプの構成をもった増幅器になります。最大の特徴は、定電流回路などが随所に組み込まれており、各能動素子を高精度に動かすための工夫がされています。そのため、19石10D_iの多くの素子をつかいますが、歪率の少ない極めて安定で高性能な増幅器が実現されていると思います（R.さん設計）。

基板にはオペアンプと同様に正負の入力端子があり、それらをうまくつかって反転・非反転増幅器やI/V変換器などへの応用が可能です。また名称がプリアンプ基板となっているように、非反転増幅器が簡単に組めるようになっており、FETの高入力インピーダンスを利用してパッシブDCサーボの構成が標準で行える回路構成になっています。また帰還素子には2段のCRが実装できるようになっており、RIAAイコライザ回路とすることもできるでしょう。

さらに出力段に容量の大きなトランジスタを用いればヘッドホンアンプとしてもつかえると思います。回路を理解して定数をうまく選べばいろいろな応用が可能だと思います。使用方法はみなさんにお任せいたします。



完成例（ヘッドホンアンプ）

2. 特徴

- (1) 回路構成 : 2段差動増幅+SEPP（ダイヤモンドバッファ）
- (2) 入力増幅TR : DUAL-FET使用（2SK150を想定）。
- (3) 基板 : サイズ89×63.5mm、両面スルーホール・ガラスエポキシ基板（FR4）
- (4) 標準回路 : 非反転増幅器（DCパッシブサーボ有）

3. 部品表

3-1: プリアンプあるいは小出力ヘッドホンアンプなど

設計条件: ゲイン約10倍、電源電圧正負15~20V

品名	番号	規格	仕様	個数		
コンデンサ	C1	フィルムコンデンサ	47p	1		
	C2	フィルムコンデンサ	100p	1		
	C3, 4	電解コンデンサ	10~100uF/25V	2		
	C5	フィルムコンデンサ	47p	1		
	C6	フィルムコンデンサ	22p	1		
	C7	フィルムコンデンサ	0.1uF	1		
	C8	フィルムあるいはハイポラ電解コンデンサ	1~10uF	1	入力カップリング用	
	C9		-	-	-	不要
	C10		-	-	-	不要
	C11	フィルムコンデンサ	1uF	1	1	DCサーボ用
	C12	フィルムコンデンサ	0.01uF	1	1	
	Cp	フィルムコンデンサ	0.1uF	2	2	セラミックコンデンサ可
	抵抗	R1, 2	金属皮膜(1/4W)	2kΩ	2	2
R3		金属皮膜(1/4W)	1kΩ	1	1	
R4		金属皮膜(1/4W)	4.7kΩ	1	1	
R5		金属皮膜(1/4W)	10kΩ	1	1	
R6		金属皮膜(1/4W)	200Ω	1	1	
R7		金属皮膜(1/4W)	2kΩ	1	1	
R8		金属皮膜(1/4W)	220Ω	1	1	
R9, 10		金属皮膜(1/4W)	220Ω	2	2	
R11, 12		金属皮膜(1/4W)	47Ω	2	2	
R13		金属皮膜(1/4W)	15kΩ	1	1	
R14		金属皮膜(1/4W)	510kΩ	1	1	47~510k程度
R15, 16		金属皮膜(1/4W)	100Ω	2	2	
R17, 18		金属皮膜(1/4W)	470Ω	1	1	
R19		金属皮膜(1/4W)	1kΩ	1	1	
R20		金属皮膜(1/4W)	30kΩ	1	1	
R21		金属皮膜(1/4W)	220Ω	1	1	
R22, 23		金属皮膜(1/4W)	47Ω	2	2	
R24		金属皮膜(1/4W)	100Ω	1	1	
R25		-	ジャンパ(0Ω)	1	1	
R26		金属皮膜(1/4W)	9.1kΩ	1	1	ゲイン決定用
R27	金属皮膜(1/4W)	1kΩ	1	1	ゲイン決定用	
R28	金属皮膜(1/4W)	1MΩ	1	1		
R29	-	-	-	-	不要	
半固定	VR1	1回転サーメット	100Ω	1	1	
ダイオード	D1~4, 7~10	赤色LEDなど		8	8	順方向電圧1.6V
	D5, 6	小電力用シリコン	1S1588など	2	2	順方向電圧0.6V
Q6無し	Q3, 7, 8, 10, 12, 17, 20	PNP	2SA1015	7	7	Pc>300mW以上, ローノイズ品
	Q1, 2, 9, 11, 13, 14, 18, 19	NPN	2SC1815	8	8	Pc>300mW以上 ローノイズ品
	Q4, 5	DUAL FET	2SK150	1	1	FET選別品可
	Q15	NPN	2SC3421など	1	1	Pc>5W、ローノイズ品
	Q16	PNP	2SA1358など	1	1	Pc>5W、ローノイズ品

太字はR.1からの変更点

3-2: その2 ヘッドホンアンプなど

設計条件: ゲイン約5倍、電源電圧正負15~20V

品名	番号	規格	仕様	個数	
コンデンサ	C1	フィルムコンデンサ	47p	1	
	C2	フィルムコンデンサ	100 p	1	
	C3, 4	電解コンデンサ	10~100uF/25V	2	
	C5	フィルムコンデンサ	47p	1	
	C6	フィルムコンデンサ	22p	1	
	C7	フィルムコンデンサ	0. 1uF	1	
	C8	フィルムあるいはハイポラ電解コンデンサ	1~10uF	1	入力カップリング用
	C9		-	-	不要
	C10		-	-	不要
	C11	フィルムコンデンサ	1uF	1	DCサーボ用
	C12	フィルムコンデンサ	0. 01uF	1	
	Cp	フィルムコンデンサ	0. 1uF	2	セラミックコンデンサ可
	抵抗	R1, 2	金属皮膜(1/4W)	2kΩ	2
R3		金属皮膜(1/4W)	1kΩ	1	
R4		金属皮膜(1/4W)	4. 7kΩ	1	
R5		金属皮膜(1/4W)	10kΩ	1	
R6		金属皮膜(1/4W)	200Ω	1	
R7		金属皮膜(1/4W)	2kΩ	1	
R8		金属皮膜(1/4W)	220Ω	1	
R9, 10		金属皮膜(1/4W)	220Ω	2	
R11, 12		金属皮膜(1/4W)	4. 7Ω	2	
R13		金属皮膜(1/4W)	15kΩ	1	
R14		金属皮膜(1/4W)	510kΩ	1	47~510k 程度
R15, 16		金属皮膜(1/4W)	100Ω	2	
R17, 18		金属皮膜(1/4W)	470Ω	1	
R19		金属皮膜(1/4W)	1kΩ	1	
R20		金属皮膜(1/4W)	30kΩ	1	
R21		金属皮膜(1/4W)	220Ω	1	
R22, 23		金属皮膜(1/4W)	47Ω	2	
R24		金属皮膜(1W)	10~47Ω	1	ヘッドホン保護
R25		-	ジャンパ(0Ω)	1	
R26		金属皮膜(1/4W)	3. 9kΩ	1	ゲイン決定用
R27	金属皮膜(1/4W)	1kΩ	1	ゲイン決定用	
R28	金属皮膜(1/4W)	1MΩ	1		
R29	-	-	-	不要	
半固定	VR1	1回転サーメット	100Ω	1	
ダイオード	D1~4, 7, 8	赤色LEDなど		6	順方向電圧1. 6V
	D5, 6	金属皮膜(1/4W)	22Ω	2	抵抗器置き換え
	D9, 10	赤色LEDなど		2	順方向電圧1. 6V
Tr Q6無し	Q3, 7, 8, 10, 12, 17, 20	PNP	2SA1015	7	Pc>300mW以上, ローノイズ品
	Q1, 2, 9, 11, 13, 14, 18, 19	NPN	2SC1815	8	Pc>300mW以上 ローノイズ品
	Q4, 5	DUAL FET	2SK150	1	FET選別品可
	Q15	NPN	2SC3421など	1	Pc>5W、ローノイズ品
	Q16	PNP	2SA1358など	1	Pc>5W、ローノイズ品

網掛け部はその1と異なるところ。太字はR. 1からの変更点

LEDについての注意

この回路においてダイオード（LED）は約1.6Vの電圧降下を得るための素子として用いられています。ちょうど赤色LEDがこの電圧降下に等しくなるでしょう。他の色のLEDを用いることも可能ですが、順方向電圧（電圧降下）には注意ください。とくに青色、白色のLEDは順方向電圧が高く（3Vくらいある）ので、定数変更が必要な場合があります。

4. 調整方法

この回路の調整箇所は1箇所のみで、出力オフセットの調整つまみのみになります。入力端子（P）をショートして（あるいは組み込み済みの場合はボリュームを最小に絞った状態）でVRを回して出力電圧がゼロになるように調整します。完全にゼロにすることは難しいと思いますが数mV程度のオフセットであれば実用上は問題ないでしょう

（注意）オフセットが許容できないシステム構成の場合

たとえばメインアンプのゲインやスピーカの感度が極めて高く、プリのオフセットでコーンが大きく前後してしまう場合などは、出力にDCカット用のコンデンサをいれればよいでしょう。コンデンサの容量は接続する機器の入カインピーダンスに依存しますが、通常は10uF以上の良質なコンデンサを用います。

5. 回路定数の設定に関する豆知識

・ゲインの調整方法

本基板はデフォルトで非反転増幅器になります。このときのゲインは

$$G = (R25 + R26 + R27) / R27$$

で決まります。なお、R27は1kΩくらいがいいでしょう（手に入りやすいですし）。

・定電流回路の基礎

このプリアンプ回路には定電流回路が多く使われています。定電流回路の基本構成は下図のようになっており、トランジスタのベース・エミッタ電圧が約0.6Vで一定であり、またダイオードの順方向電圧が一定であることを利用しています。すなわち図の回路では電源電圧にかかわらず、抵抗R3の両端の電位は2.6Vになることを利用しています。

すなわち、抵抗値を変更することで任意の電流を流すことが可能になります。この回路は増幅初段や出力段の動作電流を決めるところなど重要な箇所につかわれています。

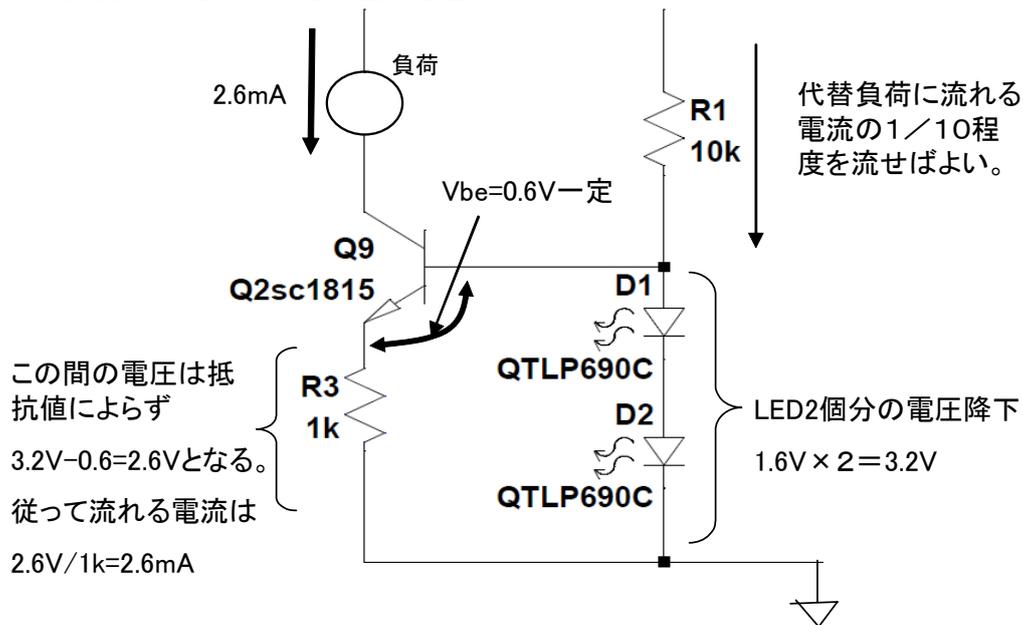


図 定電流回路の基本構成

・出力トランジスタのアイドル電流の決め方

アイドル電流の決め方は2つあります。

(その1) R11, 12による変更

標準の回路では出力抵抗 R11, 12 の両端電位が D5, 6 の順方向電位とほぼ同じになります。したがって R11, 12 の両端には常に約 0.6V の電圧が作用します。したがって、アイドル電流は次式で決まります。

$$I = 0.6 / R$$

定数 1 (3-1 項) では 47Ω となっていますから、アイドル電流は約 12.7mA になります。

このとき出力トランジスタで消費される電力は電源電圧を 15V とした場合、 $P_c = 15 \times (15 - 0.6) = 225\text{mW}$ とかなり大きな値になりますから、 $P_c = 5\text{W}$ 以上のトランジスタを指定しています。

抵抗を大きな値に変更すれば小さなアイドル電流になりますから、終段のトランジスタに 2SC1815/A1015 などの小容量のものが見つかるでしょう。たとえば 100Ω に変更すればアイドル電流は 6mA 程度になり、 $P_c = 100\text{mW}$ 程度となります。

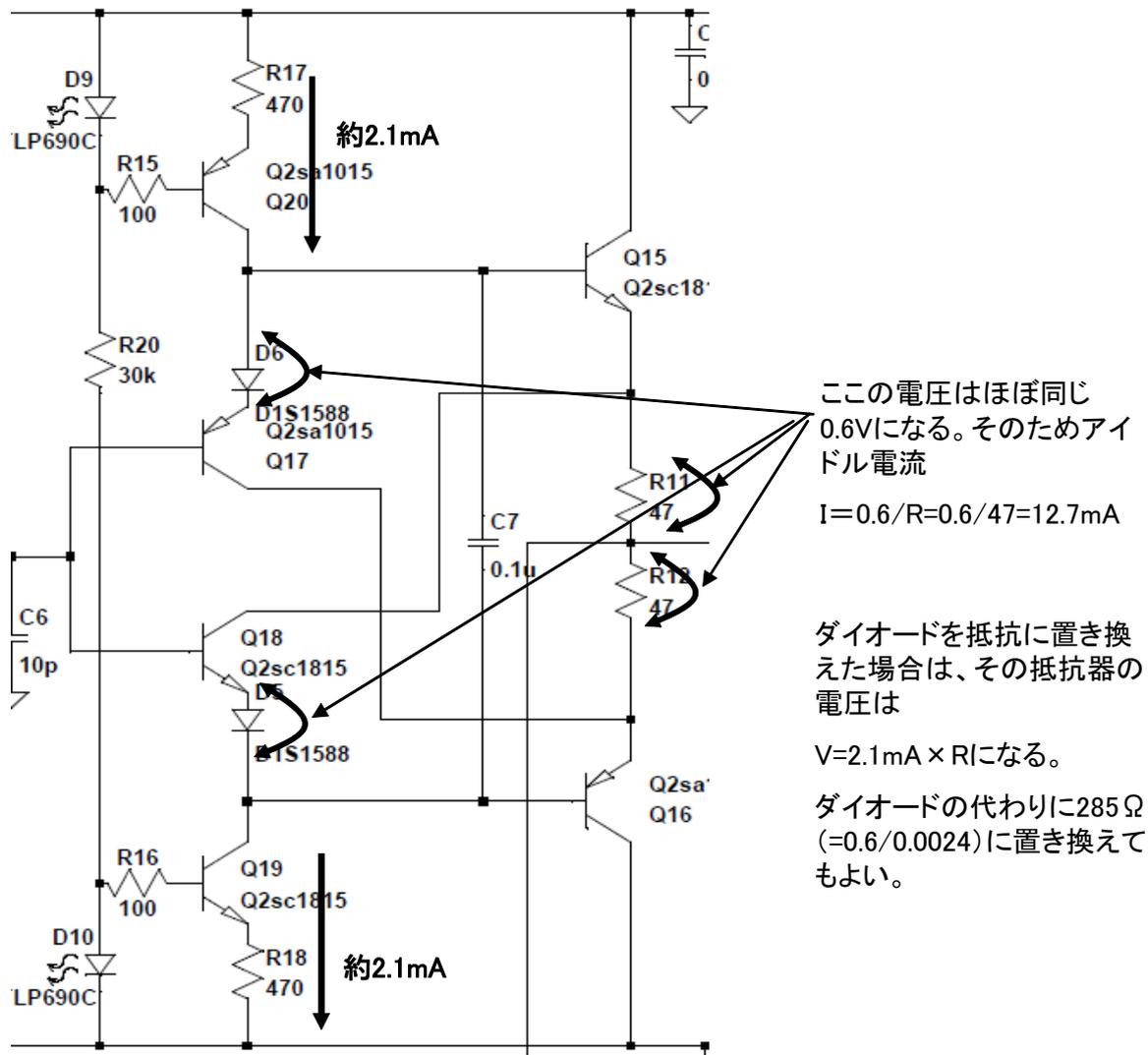


図 アイドル電流の計算方法

(その2) ダイオードを抵抗に置き換える

もうひとつのアイドル電流をきめる方法は、ダイオードの代わりに抵抗器におきかえて調整します。この回路では定電流回路部 (Q20) によって D6 にはつねに約 2.1mA の電流が流れることとなります。すなわちダイオードを抵抗 R に置き換えることにより、R11, 12 に任意の電圧をかけることができます。たとえばダイオードの代わりに 285Ω の抵抗と置き換えてもほぼ同じになります。

さて、アイドル電流を 10mA に設定し、なおかつ出力抵抗 R11, 12 を 4.7Ω にしたい場合を考えます。

置き換え抵抗 R の電圧降下は 47mV を見込めばよいことになります。これから R は

$$R=E/I=0.047/0.0021=22\Omega$$

に設定すればよいことになります。

・ R11, 12 の値の選定とアイドル電流を増やす場合の注意事項

一般にこの R11, 12 の値は接続する機器のインピーダンスの数分の 1 程度が望ましいといわれていますので、パワーアンプ(入力抵抗は 10kΩ 以上)に接続するのであれば 100Ω 程度でもまったく問題ありません。600Ω 負荷相手でも十分でしょう。

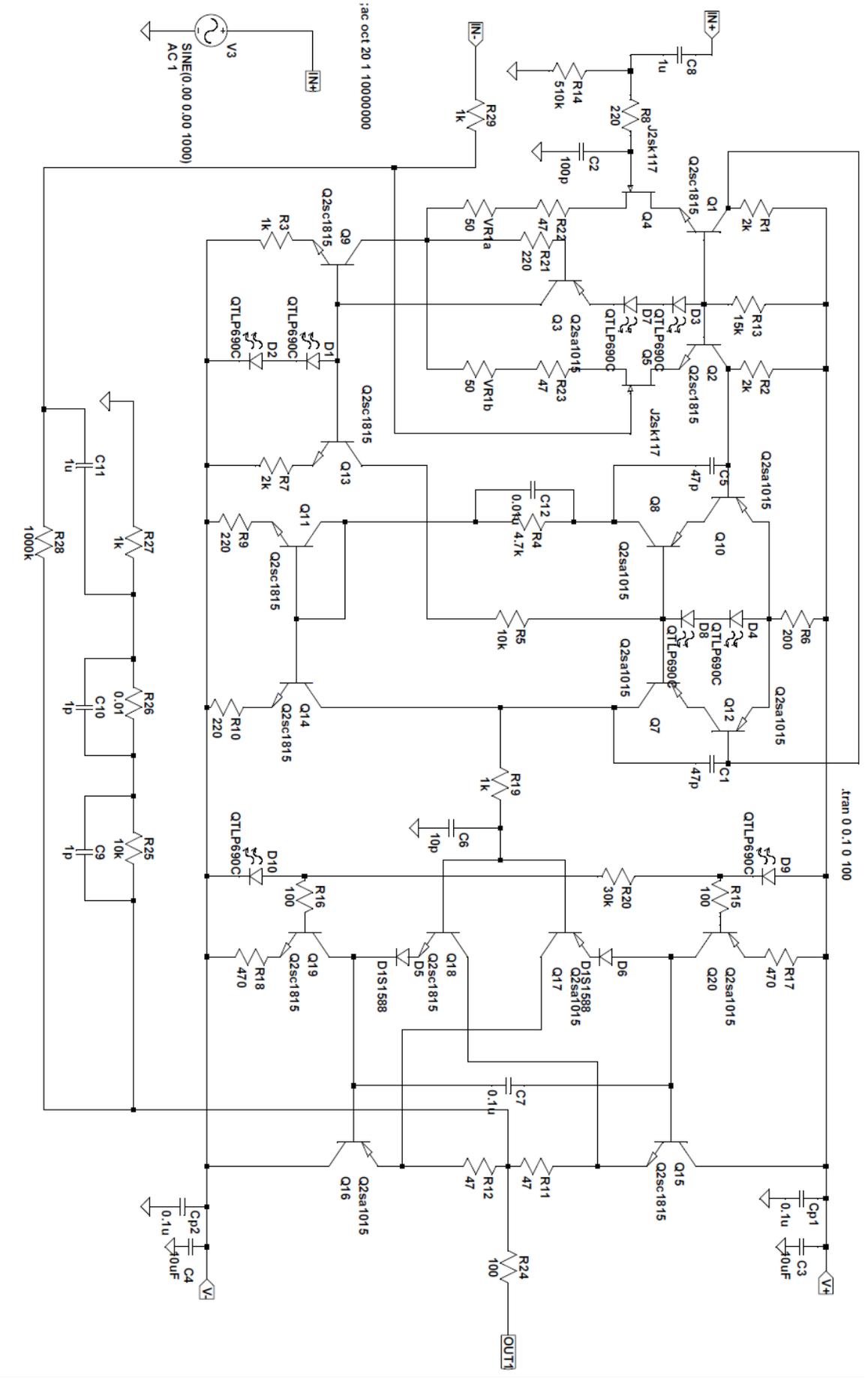
反対に電流をより多く流したい場合には R11, 12 を小さくすれば良いわけですが、ここに制約条件があります。ひとつはトランジスタのコレクタ損失容量(Pc)の問題ですが、もうひとつはTRのベースに流す電流を確保する必要があります。たとえばアイドル電流に 100mA を流そうとします。トランジスタの電流増幅率(hFE)が 40 とすればベースに 2.5mA の電流を流さなくてはなりません。しかし、Q20 の定電流回路では 2.1mA の電流しか供給できませんから、必要なベース電流が確保できません。したがって、アイドル電流をより多く流す場合には、使用するトランジスタの hFE や他の部分の回路定数を総合的に決める必要があります。

6. 基板のピンの機能表

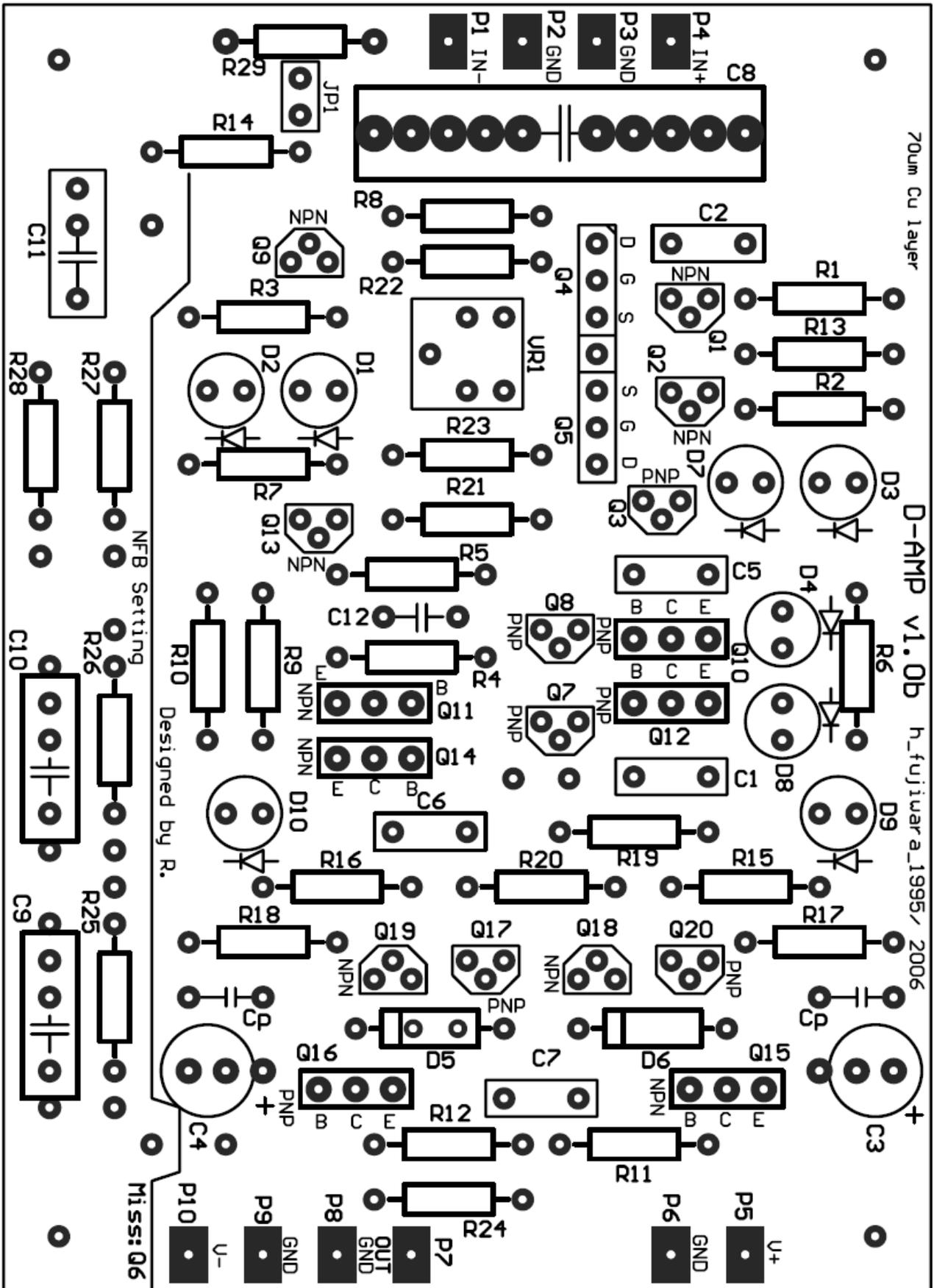
表 ピン機能

Pin	機能	説明
1	IN-	入力 (-)
2	GND	電源 GND
3	GND	電源 GND
4	IN+	入力 (+)
5	V+	正電源入力 (通常は 15~20V 程度)
6	GND	電源 GND
7	GND	信号出力
8	GND	電源 GND
9	GND	電源 GND
10	V-	負電源入力 (通常は-15~-20V 程度)

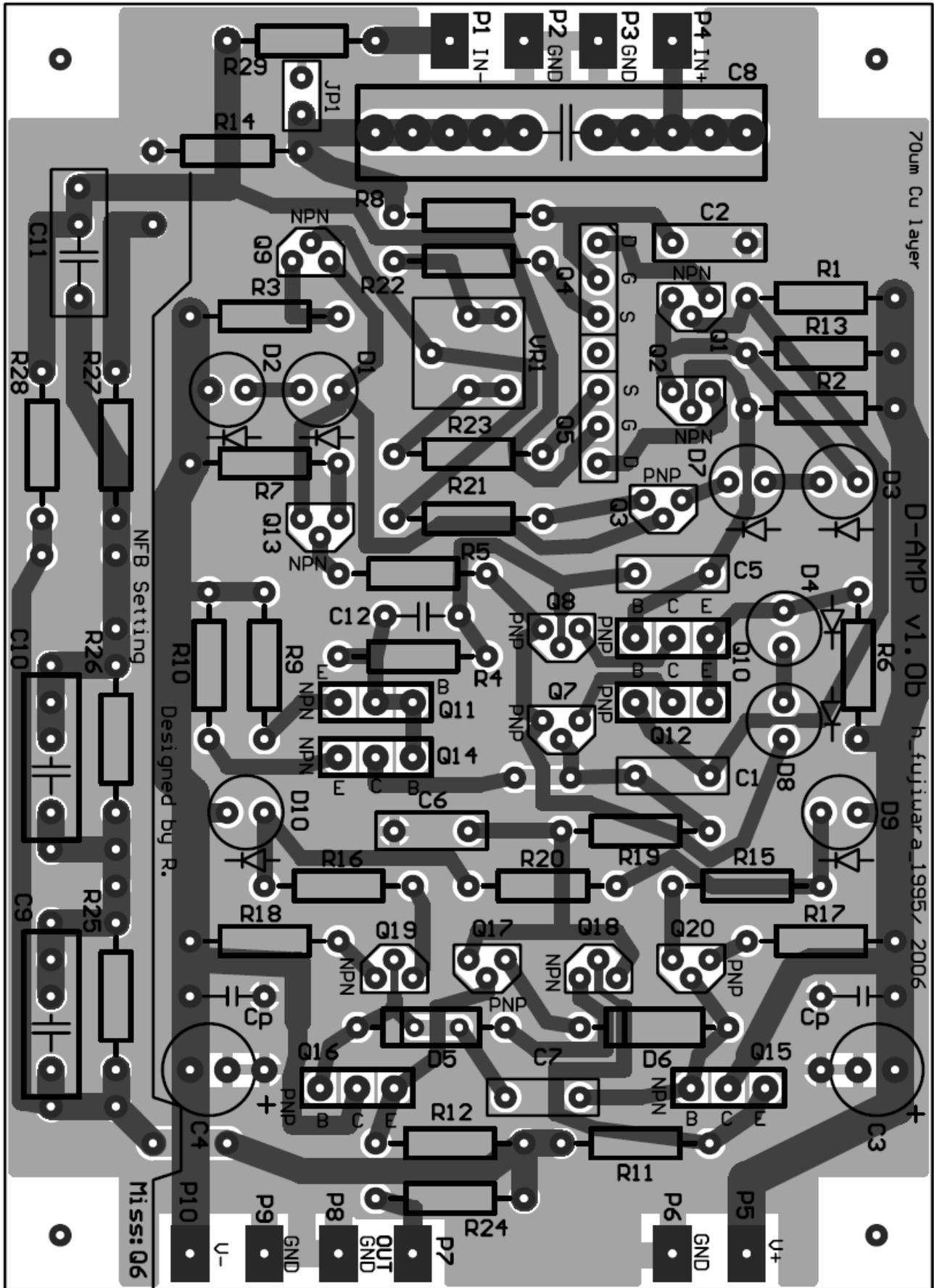
6. 回路图



7. 基板シルク



8. 基板パターン



rev.1 2006.7.23 (c)h_fujiwara_1996

R.2 2006.8.14 部品表のダイオードの指定に間違い有り。

(以 上)