

シンプル電子ボリューム基板 (LM1972)

製作マニュアル

1. はじめに

この基板はNS社の LM1972 を用いた電子ボリュームバッファアンプになります。電子ボリュームをつかうメリットは左右の音量差が生じにくい点と、信号線の配線長が短くなりノイズに強くなります。さらに、ボリュームは単純な1連のBカーブ可変抵抗ですみ、その配置の自由度も高くなります。

この基板の回路構成として、アンプ部はシンプルにデュアルオペアンプを用いたバッファにしており部品点数も少なく済みます。電子ボリューム部の電源は電源は LM317/337 を使用し、デジタル部は 7805 の3端子レギュレータを用いた降圧回路としており、こちらも部品点数を少なくしています。

電子ボリューム IC の制御にはPICマイコンをつかっています。これはワンチップで、かつ発振器も内蔵していますので回路構成をシンプルにするのに役立っています。

シンプルな構成ですが、電子ボリュームの IC 性能もよく HiFi ラインアンプとして十分に使えるものと思います。



図 完成例

2. 機能&仕様

表 主な機能&仕様

機能	電子ボリューム付きバッファアンプ
電子ボリューム	NS社 LM1972 を使用 <ul style="list-style-type: none"> ■ 全高調波歪み+ノイズ 0.003% (最大) ■ 減衰範囲 (ミュートを除く) 78dB (代表値) ■ SN 比 (4Vrms を基準) 110dB (最小) ■ チャンネル・セパレーション 100dB (最小) 制御 IC は PIC16F819 を使用。
アンプ部	オペアンプ+バッファ
電源電圧	正負 15V (推奨値) 動作可能範囲：正負 8V ~ 18V ※上限はオペアンプに依存 変動値は 3%以内であること。
基板	FR4、サイズ：4700×3200mil 119.4×81.3mm 70um 銅箔厚

3. 基板端子機能表

基板端子は基板の周囲に配置した P1~P23 のランドを示します。

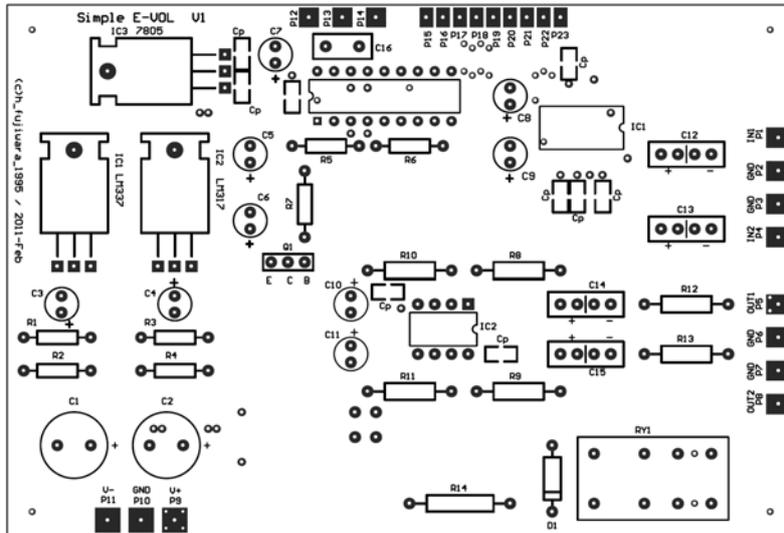


図 基板周囲の基板端子

表 基板端子の機能表

No	表示	機能	説明	
P1	IN1	信号入力 (ch. 1)	信号入力	
P2	GND	GND		
P3	GND	GND		
P4	IN2	信号入力 (ch. 2)	信号出力	
P5	OUT1	信号出力 (ch. 1)		
P6	GND	GND		
P7	GND	GND	電源入力	
P8	OUT2	信号出力 (ch. 2)		
P9	V+	正電源 (+15V)		
P10	GND	電源 GND	可変抵抗器を接続 (ボリュームコントロール) 10kΩ (B) 推奨	
P11	V-	負電源 (-15V)		
P12	-	GND		
P13	-	可変抵抗中点	この部分は 通常は使用 しません。 詳しくは 「9. オプ ション機 能」を参照 ください。	
P14	-	5V		
P15	-	5V 出力		
P16	-	PIC-I/O RA2	未使用	
P17	-	PIC-I/O RA3	未使用	
P18	-	N. C		
P19	-	PIC-I/O RB0	ボリューム値出力	
P20	-	PIC-I/O RB1	MUTE 用リレー予備出力	
P21	-	PIC-I/O RB2	未使用	
P22	-	PIC-I/O RB3	未使用	
P23	-	GND		

4. 部品表例

オペアンプのゲイン $G=1$ とした場合の部品表例を下記に示します。

表. 部品表例

部品名	No	規格	仕様	個数	備考	
抵抗	R1	金属皮膜(1/4W)	910Ω	1		
	R2	金属皮膜(1/4W)	240Ω	1		
	R3	金属皮膜(1/4W)	910Ω	1		
	R4	金属皮膜(1/4W)	240Ω	1		
	R5	金属皮膜(1/4W)	6.8kΩ	1		
	R6	金属皮膜(1/4W)	2.2kΩ	1		
	R7	金属皮膜(1/4W)	2.2kΩ	1		
	R8, 9	金属皮膜(1/4W)	2.2kΩ	2		
	R10, 11	金属皮膜(1/4W)	不要	—		
	R12, 13	金属皮膜(1/4W)	100Ω	2	出力保護用	
	R14	炭素皮膜(1/4~1/2W)	75Ω	1	リレー電流調整用	
	コンデンサ	C1, 2	電解コンデンサ	1000uF/25	2	
		C3-11	電解コンデンサ	47uF/25V	9	
		C12, 13	電解コンデンサ	10uF/25V	2	バイポーラ推奨
C14, 15		電解コンデンサ	10uF/25V	2	バイポーラ推奨	
C16		フィルムコンデンサ	0.1uF	1		
C15		電解コンデンサ	47uF/25V	2		
C16		フィルム/セラミック	0.1uF	1		
Cp		チップセラミック	0.1uF	9	2012 サイズ	
ダイオード	D1	小信号用ダイオード	1S1588 相当	1		
トランジスタ	Q1	小電力 NPN	2SC1815 など	1		
IC	IC1	電圧レギュレータ	LM337	1		
	IC2	電圧レギュレータ	LM317	1		
	IC3	電圧レギュレータ	7805	1		
	IC4	制御 CPU	PIC16F819	1	シルク無し	
	IC5	電子ボリューム	LM1972	1	シルク間違い有り 秋月電子で購入可能	
	IC6	DUAL オペアンプ	OPA2134 など	1	シルク間違い有り	
リレー	RY1	2 回路 2 接点	941H-2C-12D	1	秋月電子で購入可能	

5. 重要事項

基板のシルクに一部抜け、間違い（2重表記）があります。「8. 基板パターン(1)シルク面（部品面）」を参照ください。

6. 接続例

下記の接続例を参考にして接続します。ボリュームには 10kΩ 程度の B カーブの可変抵抗を使用します。

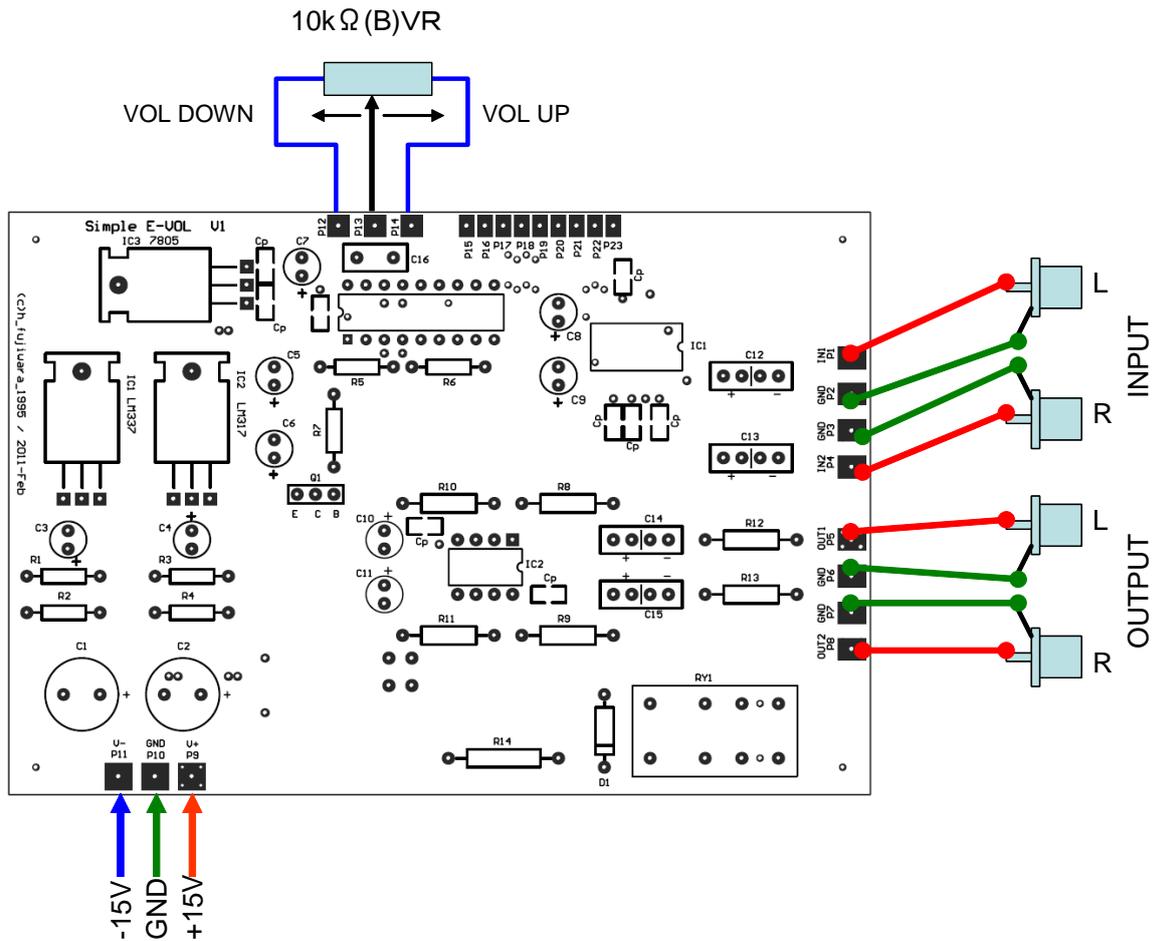


図 接続例

7. 製作上のヒント

(1) オペアンプのゲインの設定

部品表ではバッファアンプのオペアンプのゲインは 1 倍 (0dB) にしていますが、下記の定数設定によりゲインをもたせることができます。

$$G = (R8 + R10) / R10 \quad , \quad G = (R9 + R11) / R11$$

例えば 2 倍のゲインを持たせる場合は、部品表では不要となっている R10, R11 に 2.2kΩ の抵抗を実装します。

(2) R14 の値

R14 はリレーの動作電流を調整するための抵抗です。基板の電源電圧が 15V で、12V リレーを用いる場合は差である 3V の電圧降下を R14 で得ます。具体的に、使用しているリレー (941H-2C-12D) の巻線抵抗は 280Ω なので 12V 動作時に流れる電流は 43mA になります。この電流値で 3V の電圧降下を得るために抵抗値は $R = E / I = 3 / 0.043 = 70$ となるので、近い値として 75Ω を選択しています。電源電圧を 12V とする場合は R14 は不要 (ジャンパー) です。また 15V 以上とする場合は、R14 をさらに大きな値に変更ください。

(3) カップリングコンデンサ

この基板では入力部に C12, 13、出力部に C14, 15 のカップリングコンデンサが入っています。これらの数値について若干解説します。

(i) 入力カップリングコンデンサ (C12, 13)

LM1972 の入力インピーダンスが 20k Ω ですので、カットオフ周波数 f は

$$f = 1 / (2 \pi \times 20000 \times C)$$

で求められます。部品表で指定している 10 μ F では $f=0.8$ Hz で、 $C=2.2\mu$ F では $f=3.6$ Hz となります。部品表では電解コンデンサを指定していますが、2.2 μ F 程度のフィルムタイプのコンデンサにすることで、より高音質が望める可能性があります。

(ii) 出力カップリングコンデンサ (C14, 15)

これについても入力カップリングコンデンサ (C12, C13) と同様です。接続するアンプの入力インピーダンスを考慮して、容量が小さくともフィルムコンデンサに変更することで好結果が得られる可能性があります。

(iii) カップリングコンデンサレスにする

また、入出力のカップリングコンデンサは必ずしも必要ではありません。パワーアンプ側に DC カット用のカップリングコンデンサが入っている場合は、C12~C15 をすべて未使用 (ジャンパー接続) に変更してもいいでしょう。

(4) 使用するオペアンプ

出力オフセットを小さくするためには OPA2134 などの FET 入力タイプのもをおすすめします。バイポーラ形のものでも、実用上問題になるオフセットがでるわけではありません。オフセットをカットしたい場合は出力のカップリングコンデンサ (C14, 15) を実装ください。

8. コントロールソフト

本基板のコントロールソフトは PIC16F819 にプログラムされています。

(1) シーケンス

このコントロールソフトは電源投入後、下記のシーケンスで動作します。

- (a) 初期化
- (b) 1.5 秒待つ (電源電圧が安定するのをまつ)。
- (c) 電源電圧を測定 (測定値 E 1)
- (d) MUTE リレーを ON (信号出力 ON)
- (e) ボリューム値を読み込み
- (f) ボリューム値を LM1972 に書き込み (変化があった場合のみ)
- (g) 電源電圧を測定 (測定値 E)
- (h) 電源電圧 E が E 1 の 90% 以下となった場合 (電源 OFF 検知)
 - ・ LM1972 へ MUTE 信号送出
 - ・ MUTE 用リレー OFF (信号出力 OFF)
 - ・ その後、電源電圧を監視し続け E 1 の 95% まで復帰した場合は (d) に戻る。
- (i) (e) に戻る。

上記のシーケンスからわかるように、電源電圧の安定化は必要であり、動作中に電源電圧が変動する場合は途中で電源 OFF 検知が作動することになります。

9. オプション機能

基板端子 P15~P23 は通常の使用方法では使う必要はありませんが、補助として下記の機能を持たせていますので必要に応じて使用することができます。

(1) ボリューム値シリアル出力 : P19 出力

ボリューム値が 0 (MUTE 時) ~ 80 (最大値) の値で出力されます。出力されるフォーマットは下図に示すような調歩同期式で 1 スタートビット、8 ビットデータ、1 ストップビットであり LSB ファーストでデータが送信されます。送信速度は 19200bps 相当です。

出力される値は LM1972 との設定値とは対応しておらず、ボリュームつまみの回転角度に比例させています。

また電源投入時の立ち上げ時、および電源 OFF 時にはデータ値 255 (0xFF) を送信します。

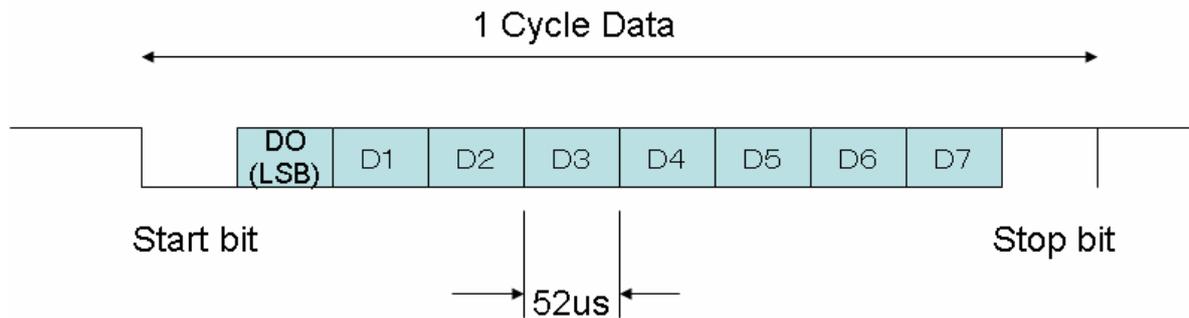


図. P19 からの出力フォーマット

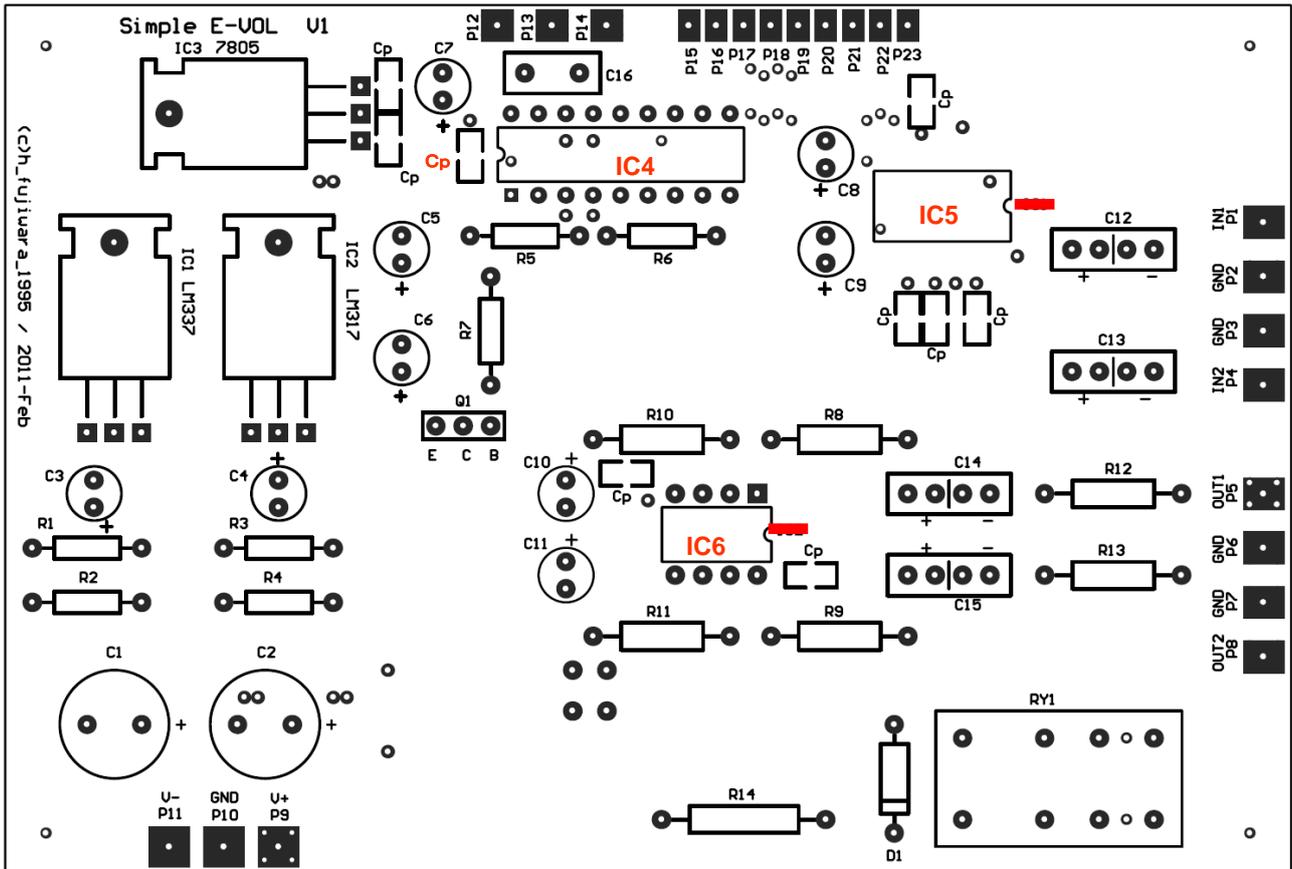
この信号を受信して、7 セグメントの LED 等を表示させるようにすれば電子ボリュームとしておもしろいと思います (オプションとして準備予定)。

(2) MUTE 用リレー予備出力 : P20 出力

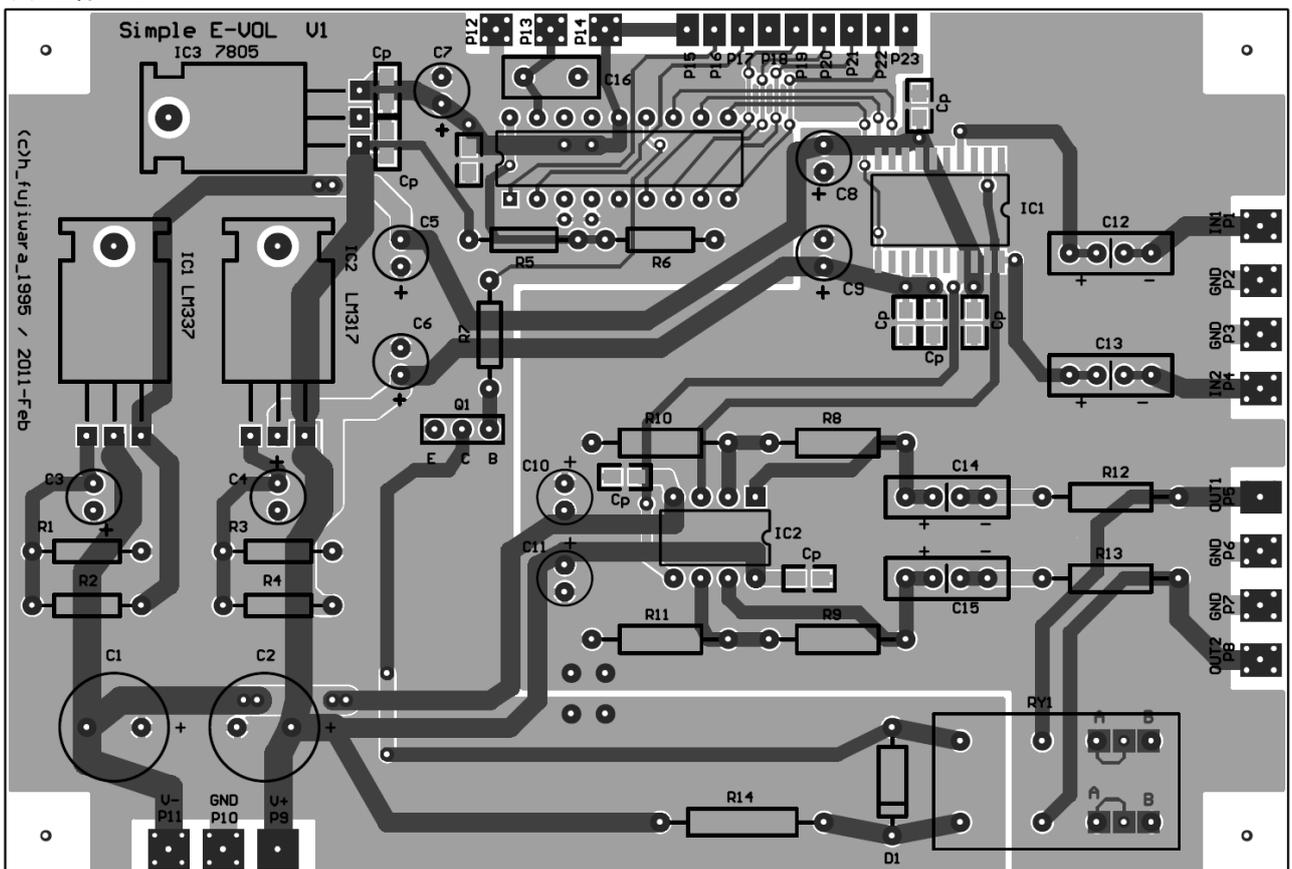
電源投入後 1.5 秒後にロジックレベル L→H に変化します。外部に MUTE 用リレーを設置する場合などに使用します。

8. 基板パターン

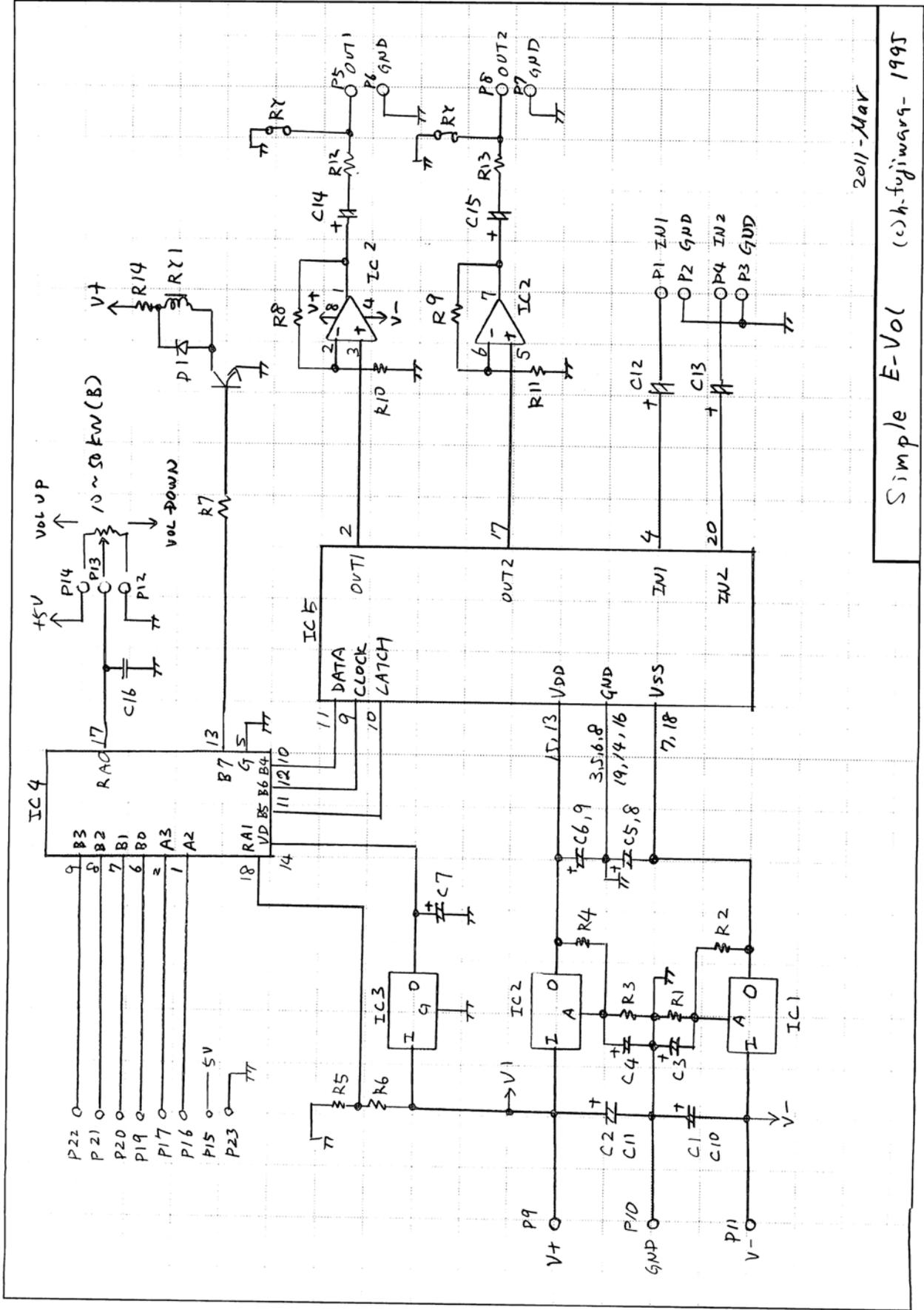
(1) シルク面 (部品面)



(2) 配線パターン



9. 回路図



2011-Mar

Simple E-Vol (c)h.fujiwara-1995

10. 編集履歴
2011.3.4 R1