

## サウンドモニター回路の作製

この項では、アナログ回路技術の中心的存在である OP アンプを用いた回路実習を行う。実際に OP アンプ回路を製作し動作確認を行うことで、OP アンプを中心とした電子回路の理解を更に深めることを目的とする。また、回路製作においては、定電圧電源回路作製で行った基板のようにパターン化されていない市販のユニバーサル基板を使用する。そして、各自配線を施すことで基板配線技術の習得も行う。

次に電気生理実験で使用される代表的な OP アンプ回路の装置として、パッチクランプアンプがあるので紹介しておく。図 1 は、ホールセル・クランプアンプ(Whole-cell Clamp Amplifier)の回路図であり、今日のように多くのパッチクランプアンプがまだ市販されていない頃に研究室で自作し、実際に実験で使用されていたものである。このアンプには、OP アンプの基本回路が多く含まれており、OP アンプ回路の実習を行うのには最適と思われる。本来はこのアンプの製作を行うのが実用的であるが、製作や調整時間の制約から今回はサウンドモニター回路の作製を行うことにする。

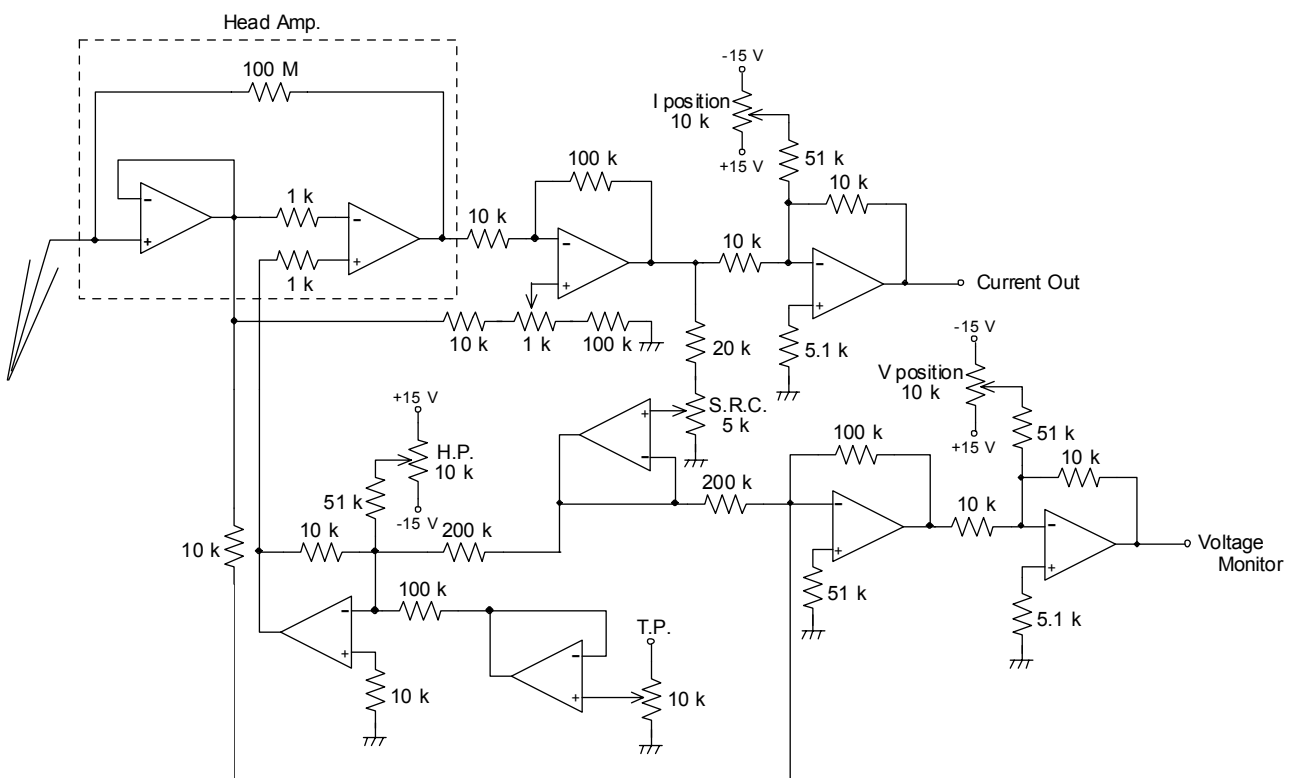


図1 Whole-cell Clamp Amp. の回路図

## 1 OPアンプについて

OPアンプ（演算増幅器：Operational Amplifier）とは、アナログ・コンピュータの演算用増幅素子として発達してきたもので、2つの入力端子と1つの出力端子をもつ高性能な増幅器である。しかも設計が容易であり、非常に演算誤差が少ないため手軽に高精度な演算が可能である。OPアンプの記号は、三角形が一般に用いられる。また、電源は普通正負の2電源が使用されるが、デジタル回路などとの相性がよいように1電源で動作するタイプもある。

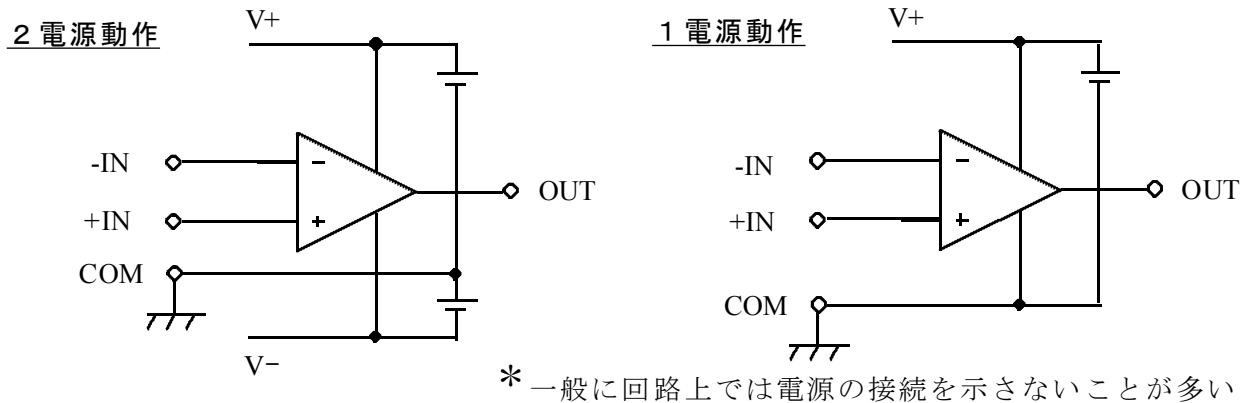


図2 OPアンプの記号

次にオペアンプの動作を理解する上で大切な考え方であるイマジナリショートとネガティブフィードバックについて説明する。

### ①イマジナリショート

OPアンプは実質的に無限大に近い増幅度をもった差動増幅器であり、その入・出力電圧が能動範囲内で正常に動作しているときは、+・-両入力ピン間の電圧差は無限小、つまりゼロになるという考え方である。この考え方は、OPアンプの+・-両入力ピン間が常に同電位である（見かけ上ショートされている）として解析できるので便利である。

### ②ネガティブフィードバック

これは増幅器の出力電圧を、入力電圧を打ち消す方向に加える（帰還：フィードバック）回路技術である。即ち図3において入力電圧  $V_i$  は  $R_1$  経由で、そして出力電圧  $V_o$  は  $R_2$  経由で、それぞれ-入力に接続される。このとき出力電圧は入力電圧と位相（極性）が反対となり、 $V_i$  と  $V_o$  は互いに打ち消し合う形で-入力に加えられることになる。これがネガティブフィードバックの考え方である。したがってイマジナリショートの考え方と合わせ図中の式が成立する。

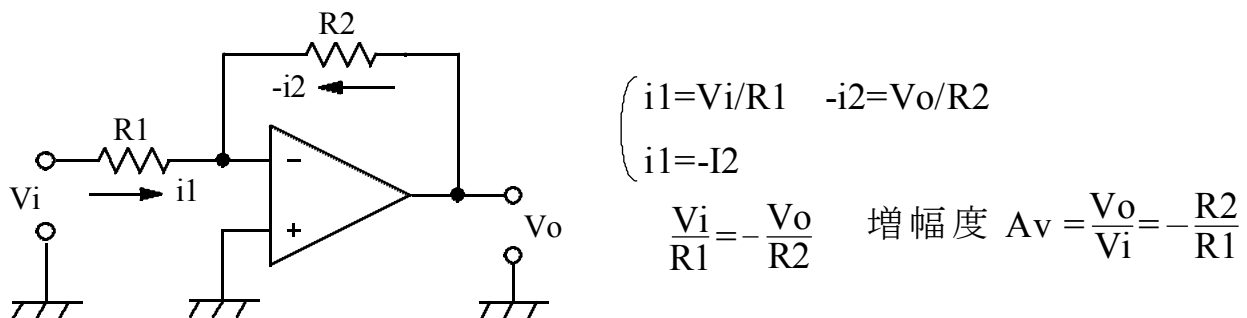


図3 ネガティブフィードバックの考え方

## 2 サウンドモニターの回路図

サウンドモニター回路は、パッチクランプ実験の最初のステップであるガラス電極に細胞を吸着させてギガオームシール（以下ギガシール）を作る際に使用する装置である。これまでギガシールの進行状況は、電極にステップパルス（テストパルス）を加えながらアンプからの電流出力をオシロスコープで絶えずモニターして行っていたが、顕微鏡とオシロスコープを同時に観察することは極めて困難であり熟練を要する操作である。そこでテストパルスによって生じたピペット電流減少の経過を音の高低（ピッチ）の変化に置き換える回路を作製し、電極と細胞の位置関係を音の変化として知ることができるようにする。これにより実験者はオシロスコープの波形にそれほど目を向けることなく顕微鏡等の諸装置の操作に専念できるようになる。

今回製作するサウンドモニターの回路図を図4に示す。回路設計は、入力電圧範囲を1～5V（電極抵抗では1～5MΩ）に設定して行い、回路構成は、バッファー、反転増幅、全波整流、電圧一周波数変換、オーディオアンプ、ステップパルス発振回路で構成されている。ステップパルス発振回路は、回路の動作チェックと実際にアンプに接続する前にある程度の調整を行えるように組み込み、入力はスイッチの切替で行う。

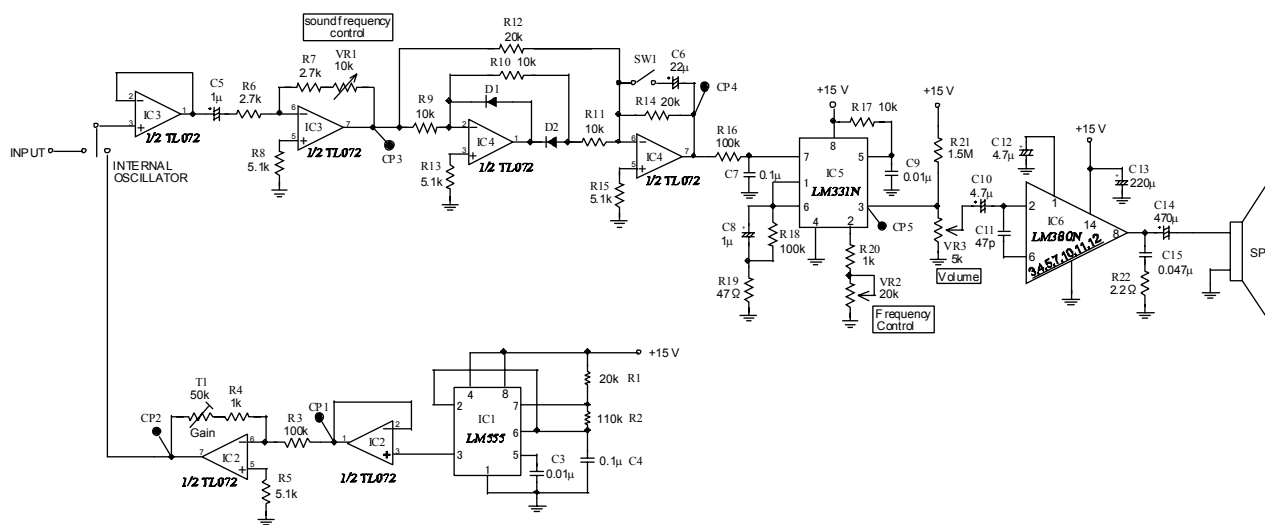


図4 生体電気用アンプ回路図

## 3 部品実装の手順

回路の製作工程は各項目ごとに説明を分けている。それぞれの実体配線図を参考にして順番に部品の取り付けを行っていく。抵抗などは、カラーコードをよく見て間違えないように注意する。また極性のある素子に付いては、方向に注意して取付ける。

## 実装手順1 ソケットの取り付け・電源ラインの接続

### 手順1 ソケットの取り付け・電源ラインの接続

- ① IC ソケットを図に示す所定の場所に配置し、対角の2点をハンダ付けする。
  - ・取付後、ソケットの浮きがないかチェックする。
- ② コンデンサを取り付ける。
  - ・コンデンサの足を配線方向に折り曲げ、適当な長さで切りハンダ付けする。
- ③ スズメッキ線を使い電源ラインを作る。
  - ・スズメッキ線は、ホールに沿わせてできるだけまっすぐに取り付ける。
  - ・ソケットの電源ピンも一緒にハンダ付けする。
- ④ ジャンパ線を3カ所取り付ける。

#### 使用する部品

部品名	規格	個数	記号	備考
プリント基板	サハヤト UK-18P-69	1		片面プリント
IC ソケット	2 列 - 8 ピン端子	5	IC1-5	方向注意
IC ソケット	2 列 - 14 ピン端子	1	方向注意	
コンデンサ (積層セラミック)	50 V, 0.1 $\mu$ F	2	C1,C2	104

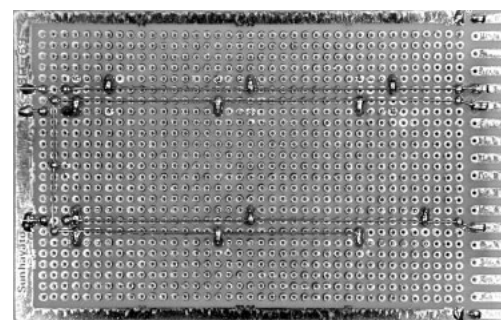
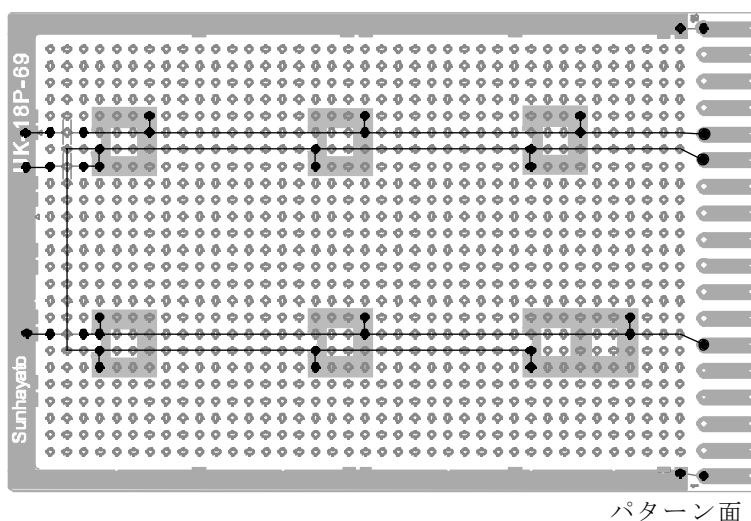
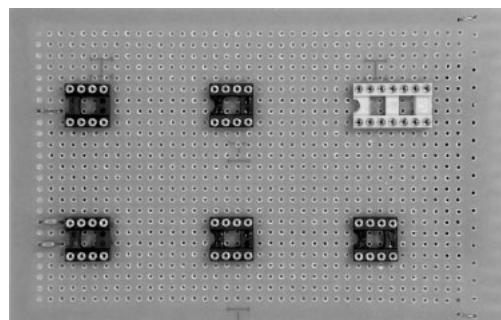
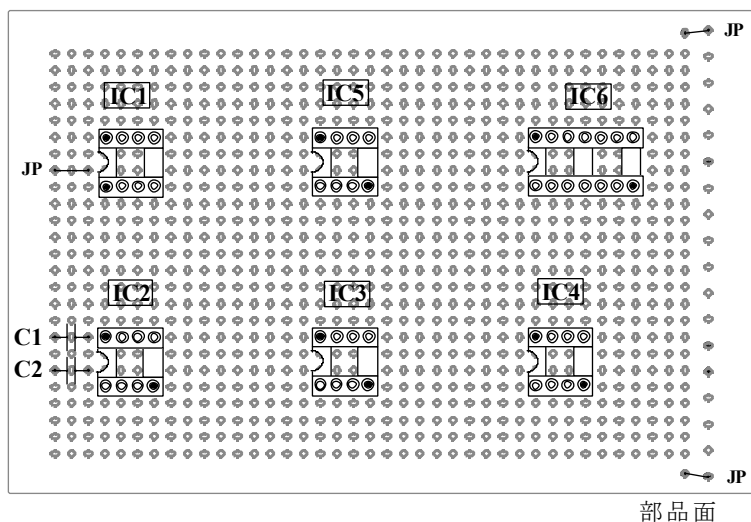


図5 ICソケットと電源配線の実体配線図

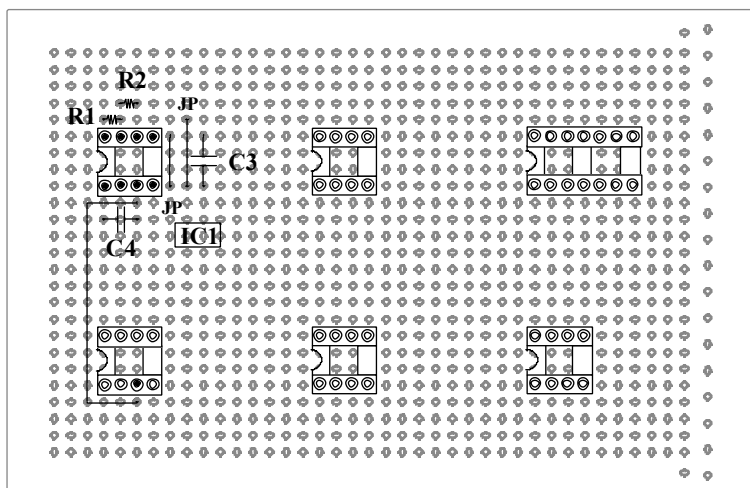
## 実装手順 2 発振回路部の製作

### 手順 2 発振回路部の製作

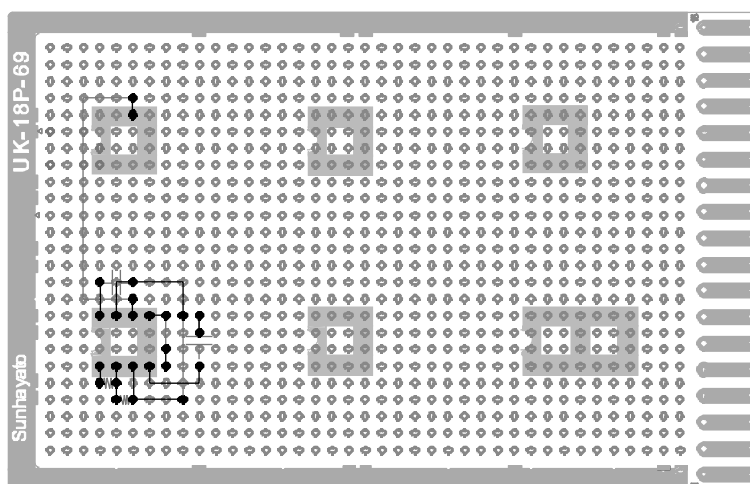
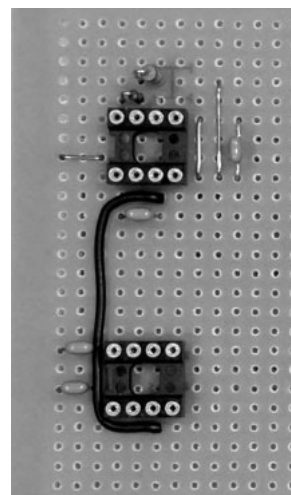
- ①抵抗は縦置きで配置し、足をソケット端子方向に曲げて切りハンダ付けする。
- ②ジャンパ線を2カ所取り付ける。
  - ・ジャンパ線は、予め挿入位置に合わせて足を曲げておくと浮かなくて良い。
- ③配線コードを適正な長さで切り取り付ける。
  - ・配線コードは、被服を剥いたら予備ハンダをしておくが良い。
- ④コンデンサを取り付ける。

### 使用する部品

部品名	規格	個数	記号	備考
タイマ IC	NE555	1	IC1	方向注意
抵抗	20 k $\Omega$	1	R1	茶黒黒赤茶
抵抗	110k $\Omega$	1	R2	茶黒黒茶茶
コンデンサ (積層セラミック)	0.01 $\mu$ F	1	C3	103
コンデンサ (積層セラミック)	0.1 $\mu$ F	1	C4	104



部品面



パターン面

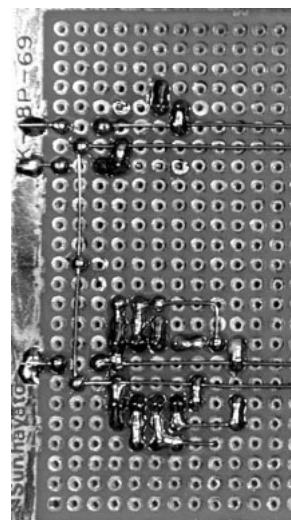


図6 発振回路部の実体配線図

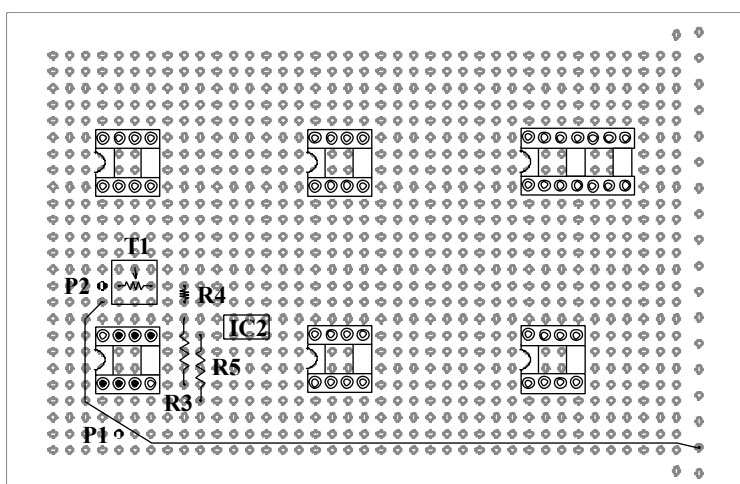
### 実装手順3 反転増幅回路部1の製作

#### 手順3 反転増幅回路部1の製作

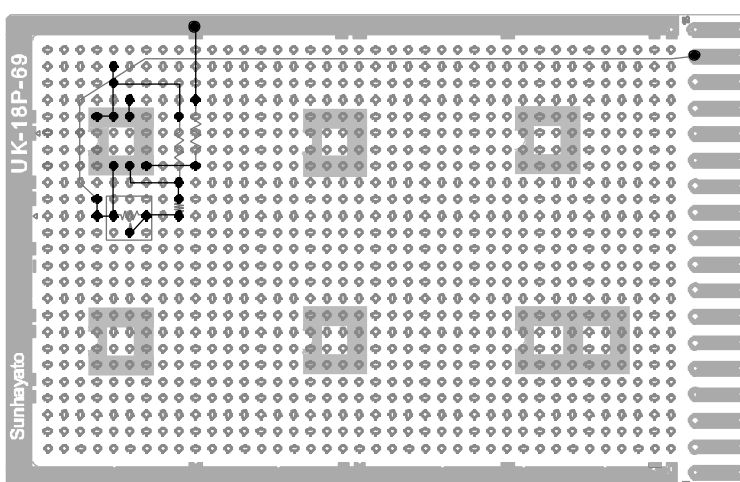
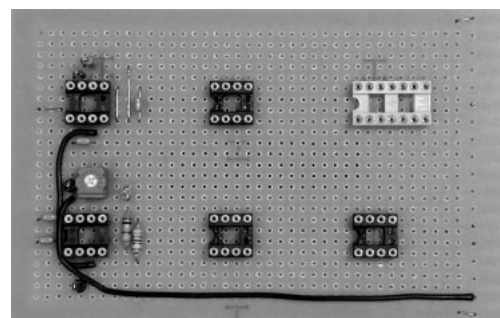
- ①抵抗を取り付ける。R3、R5は横置き、R4は縦置きである。
- ②トリマーを取り付ける。トリマーの2本の端子はショートさせる。
- ③チェックピンを取り付ける。
- ④配線コードを適正な長さで切り取り付ける。

#### 使用する部品

部品名	規格	個数	記号	備考
OP アンプ	TL072	1	IC2	方向注意
トリマー	50 k $\Omega$	1	T1	方向注意
抵抗	100 k $\Omega$	1	R3	茶黒黄茶
抵抗	1 k $\Omega$	1	R4	茶黒黒茶茶
抵抗	5.1 k $\Omega$	1	R5	緑茶黒茶茶
チェックピン		2	P1,P2	



部品面



パターン面

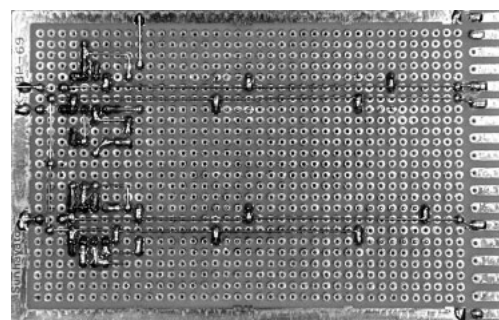


図7 反転増幅回路部1の実体配線図

## 実装手順4 反転増幅回路部2の製作

### 手順4 反転増幅回路部2の製作

- ①抵抗を取り付ける。  
・基本的にソケットに近い部品から取り付けると良い。またカラーコードの向きを揃えると良い。
- ②コンデンサを取り付ける。  
・極性があり足の長い方が+側である。また予めホールに合わせ足を曲げておくと良い。
- ③ジャンパ線、チェックピンを取り付ける。
- ④配線コードを長めに切り取り付ける。

#### 使用する部品

部品名	規格	個数	記号	備考
OP アンプ	TL072	1	IC3	方向注意
抵抗	2.7 kΩ	2	R6,R7	赤紫黒茶茶
抵抗	5.1 kΩ	1	R8	緑茶黒茶茶
コンデンサ (電解)	1 μF	1	C5	極性あり
チェックピン		1	P3	

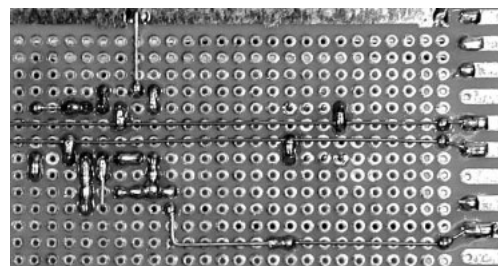
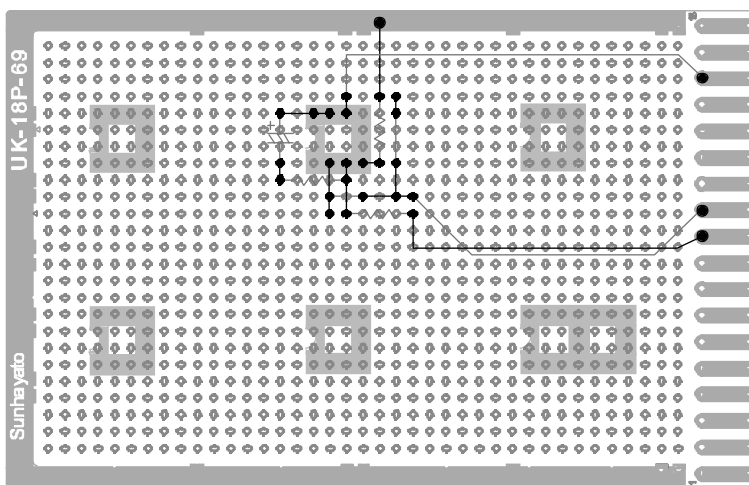
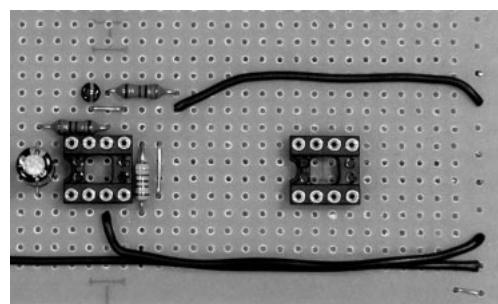
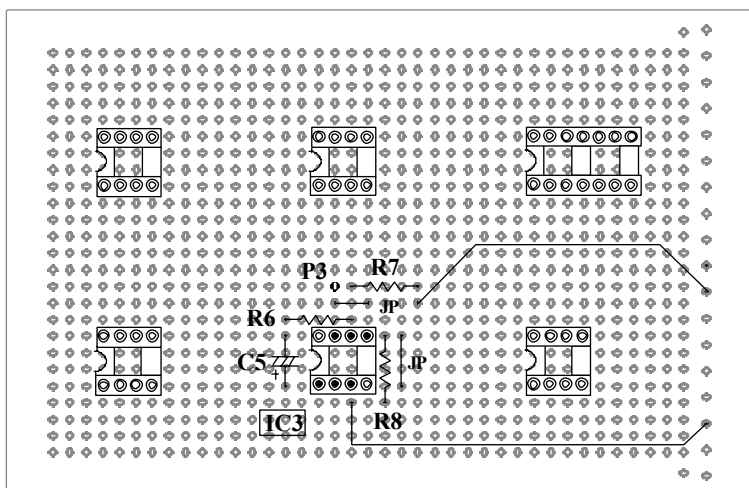


図8 反転増幅回路部2の実体配線図

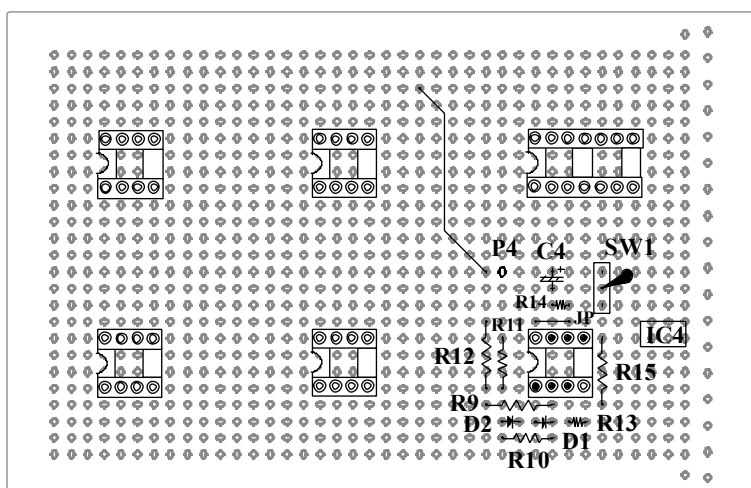
## 実装手順5 全波整流回路部の製作

### 手順5 全波整流回路部の製作

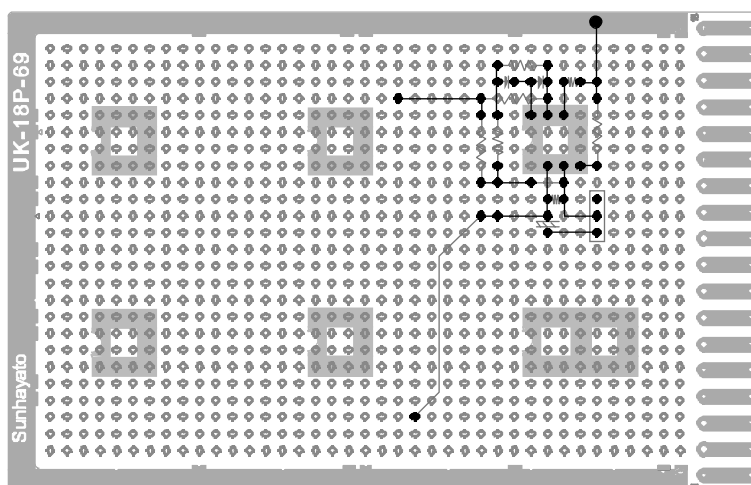
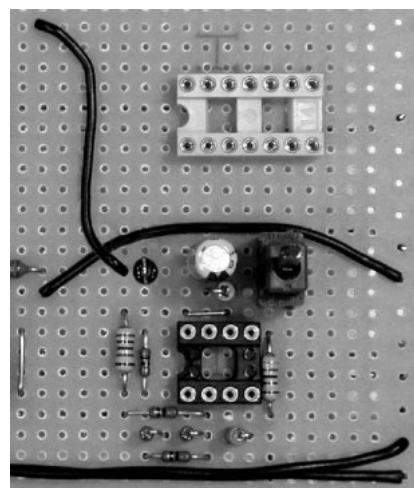
- ①抵抗、ジャンパ線をソケットに近い部品から取り付ける。
- ②整流ダイオードを縦置きに取り付ける。方向性があり青いマークがカソード側である。
- ③コンデンサの極性に注意し取り付ける。
- ④スイッチ、配線コードを取り付ける。スイッチの接続は、2端子のみである。

#### 使用する部品

部品名	規格	個数	記号	備考
OP アンプ	TL072	1	IC4	方向注意
抵抗	10 k $\Omega$	3	R9,R10,R11	茶黒黒赤茶
抵抗	20 k $\Omega$	2	R12,R14	赤黒黒赤茶
抵抗	5.1 k $\Omega$	2	R13,R15	緑茶黒茶茶
コンデンサ(電解)	22 $\mu$ F	1	C4	極性あり
整流ダイオード	1S1588	2	D1,D2	方向性あり
スイッチ		1	SW1	
チェックピン		1	P4	



部品面



パターン面

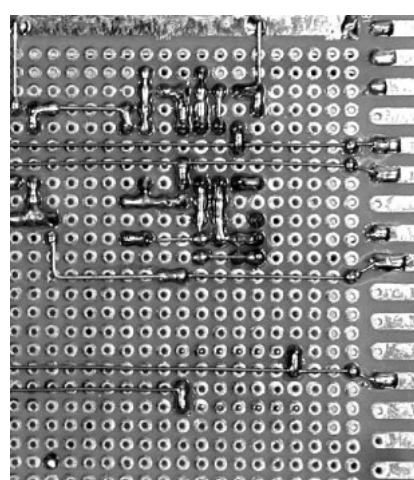


図9 全波整流回路部の実体配線図



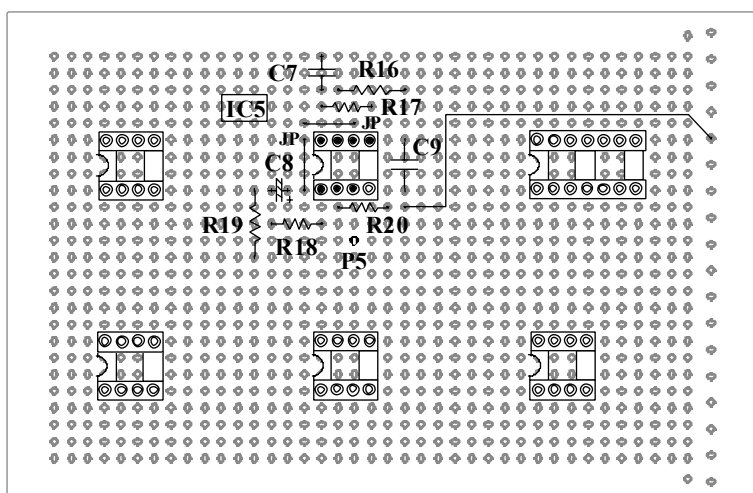
## 実装手順6 電圧一周波数変換回路部の製作

### 手順6 電圧一周波数変換回路部の製作

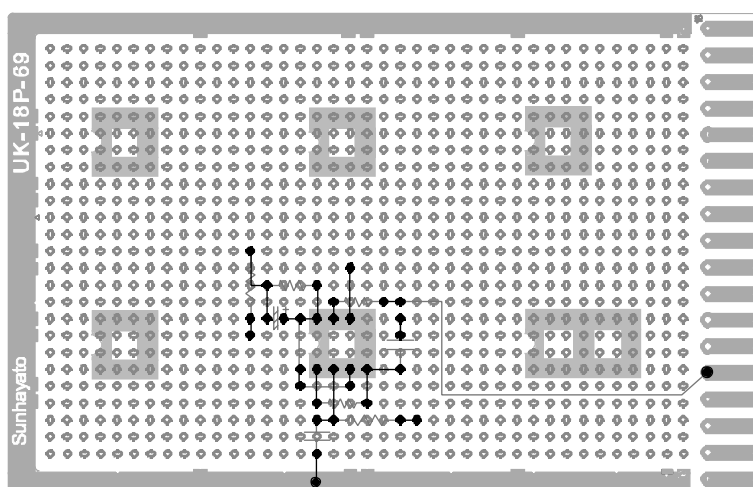
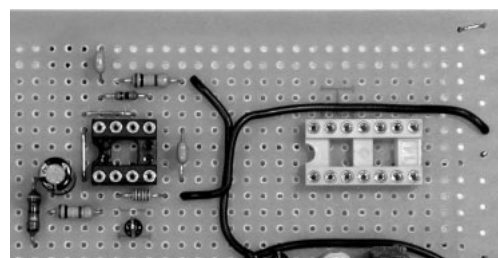
- ①抵抗、ジャンパ線を取り付ける。
- ②コンデンサを取り付ける。C8は極性があるので注意する。
- ③チェックピン、配線コードを取り付ける。

#### 使用する部品

部品名	規格	個数	記号	備考
V F コンバータ	LM331N	1	IC5	方向注意
抵抗	100 k $\Omega$	2	R16,R18	茶黒黄茶
抵抗	1 k $\Omega$	1	R17	茶黒黒赤茶
抵抗	47 $\Omega$	1	R19	黄紫黒銀茶
抵抗	1 k $\Omega$	1	R20	茶黒黒茶茶
コンデンサ (積層セラミック)	0.1 $\mu$ F	1	C7	104
コンデンサ (電解)	1 $\mu$ F	1	C8	極性あり
コンデンサ (積層セラミック)	0.01 $\mu$ F	1	C9	103
チェックピン		1	P5	



部品面



パターン面

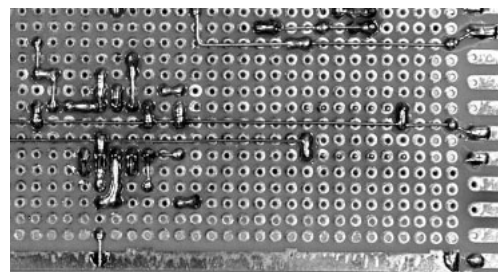


図10 電圧一周波数変換回路部の実体配線図

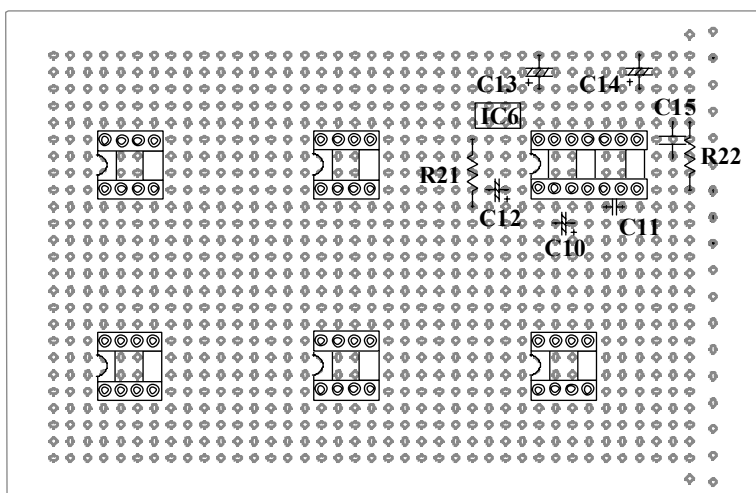
## 実装手順7 オーディオアンプ回路部の製作

### 手順7 オーディオアンプ回路部の製作

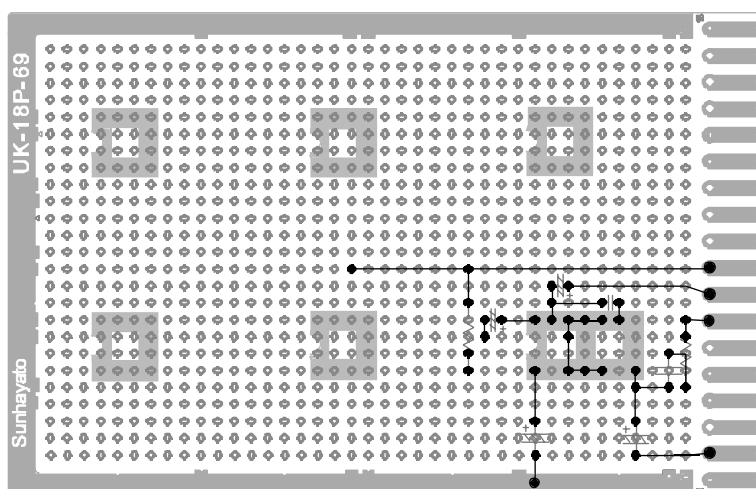
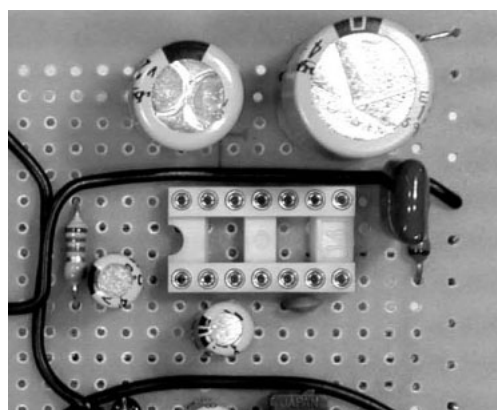
- ①コンデンサをソケットに近いものから取り付ける。
  - ・C11、C15以外は極性があるので注意する。
  - ・C15を取り付ける時は、配線コードをまたいで取り付ける。
- ②抵抗を取り付ける。

#### 使用する部品

部品名	規格	個数	記号	備考
オーディオアンプ	LM380N	1	IC6	方向注意
抵抗	1.5 M $\Omega$	1	R21	茶緑緑金
抵抗	2.2 $\Omega$	1	R22	赤赤黒銀茶
コンデンサ (電解)	4.7 $\mu$ F	1	C10,C12	極性あり
コンデンサ (セラミック)	47 pF	1	C11	47p
コンデンサ (電解)	220 $\mu$ F	1	C13	極性あり
コンデンサ (電解)	470 $\mu$ F	1	C14	極性あり
コンデンサ (マイ)	0.047 $\mu$ F	1	C15	473



部品面



パターン面

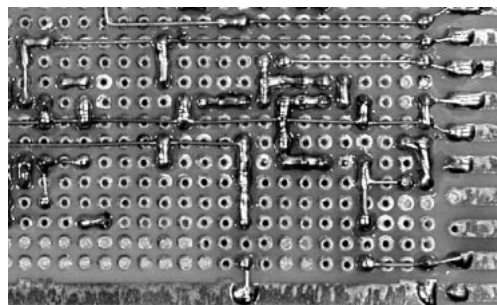


図11 オーディオアンプ回路部の実体配線図

## 実装手順8 コネクタの配線

### 手順8 コネクタの配線

- ① 図12のコネクタ配線図、図13の実体配線図を参考にしてコネクタと部品の配線を行う。
- ② スイッチに接続するケーブルは、シールド線を使いシールド端子はGND端子に接続する。
- ③ 可変抵抗器の10kと20kは片側をジャンパー線を使って短絡させる必要があるので注意する。
- ④ スピーカー端子は、極性があるので注意する。

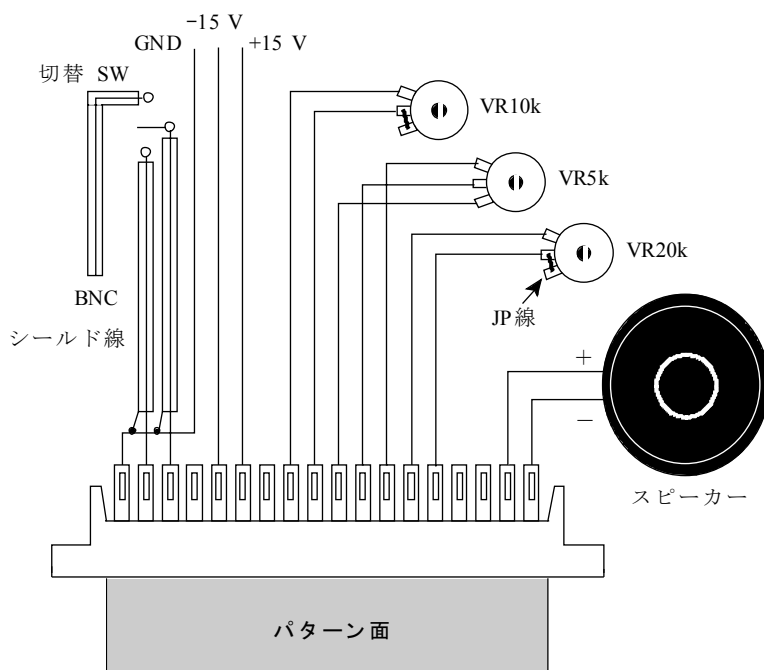


図12 コネクタ配線図

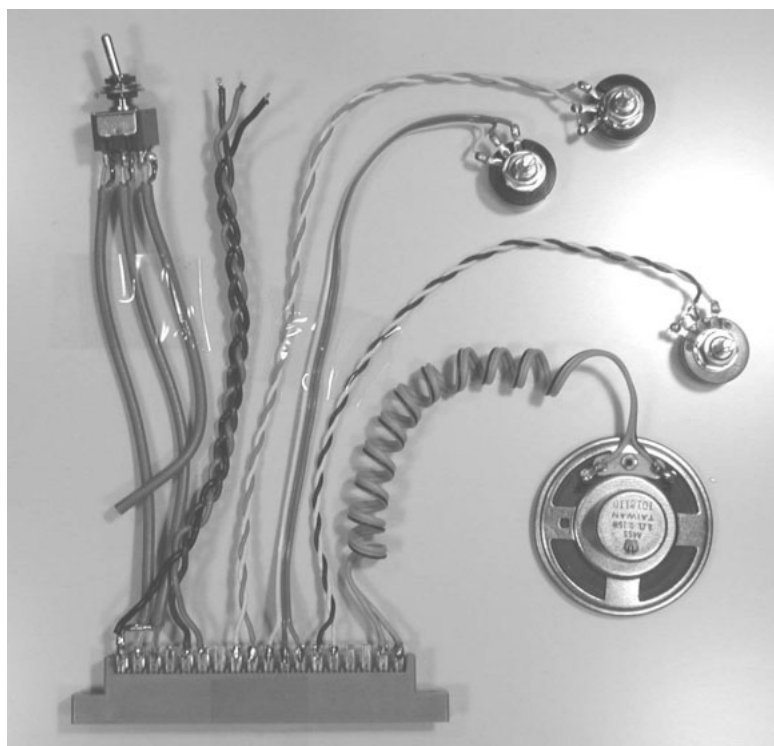


図13 コネクタ実体配線図

## 実装手順9 ケース実装

### 手順9 ケース実装

- ①図 14、15に完成基板の実体配線図を示す。ケース実装の前に配線の最終確認を行う。
- ④図 16、17の実装図を参考にしてケースの所定位置に部品を取り付け配線を行う。
  - ・可変抵抗器の位置を間違えないように注意する。
  - ・スイッチは、トグルの反対側が繋がるので注意して取り付ける。
- ⑤図 18 完成したサウンドモニター回路の外観を示す。
  - ・所定の位置にシールを貼り付ける。

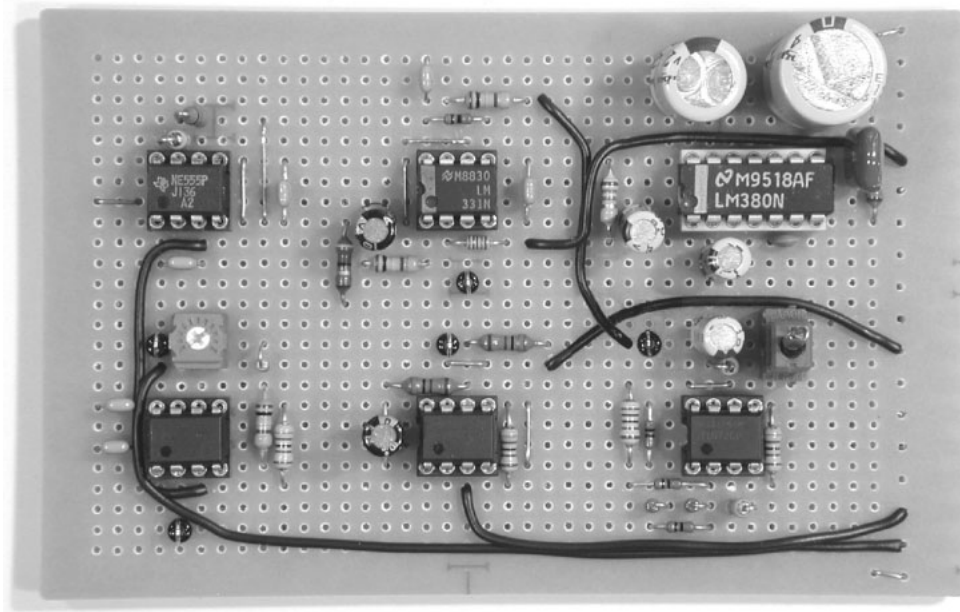


図14 完成基板部品面

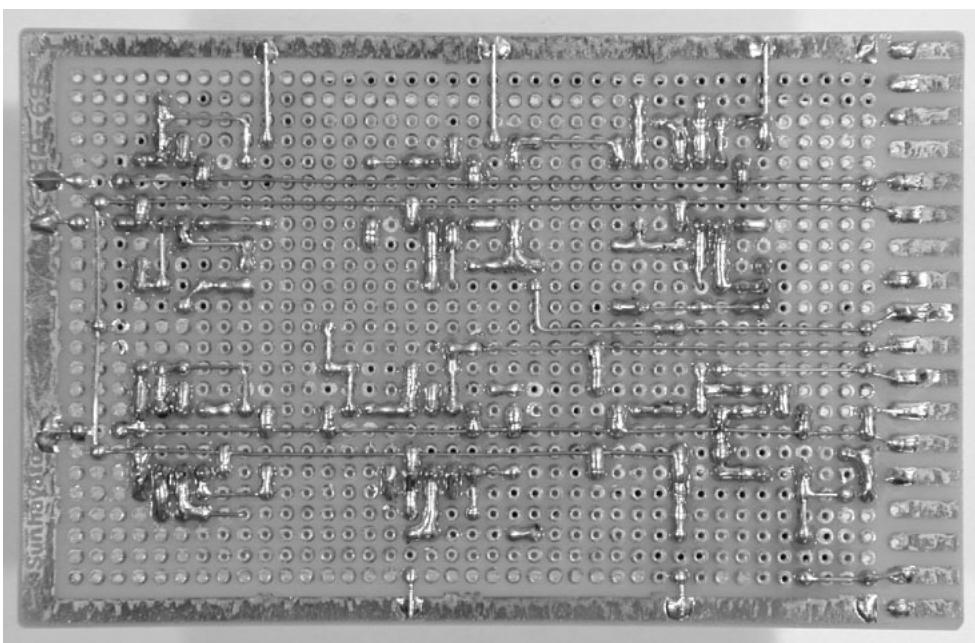


図15 完成基板パターン面

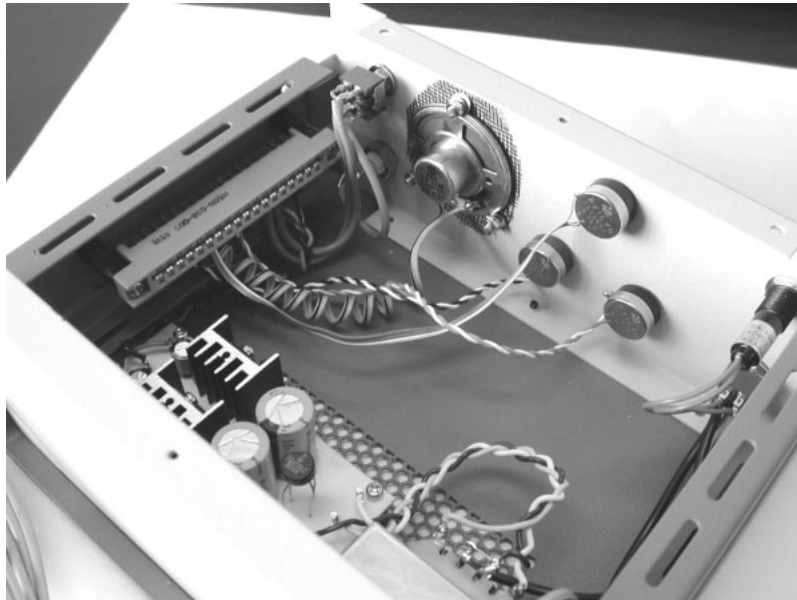


図16  
ケース内の配線

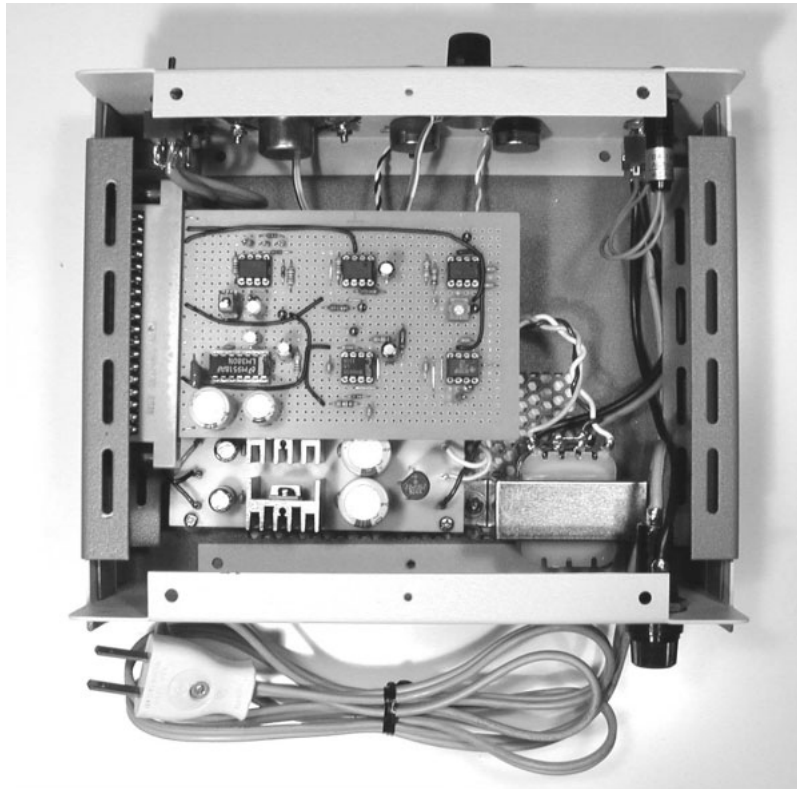


図17  
基板の取り付け

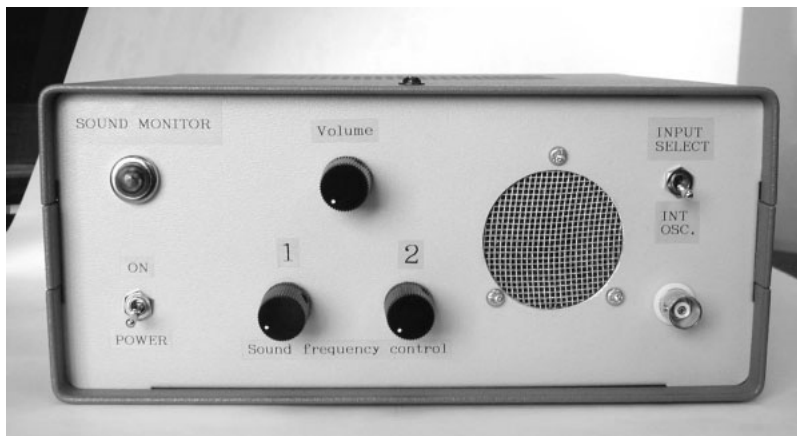


図18  
完成したサウンド  
モニターの外観

