

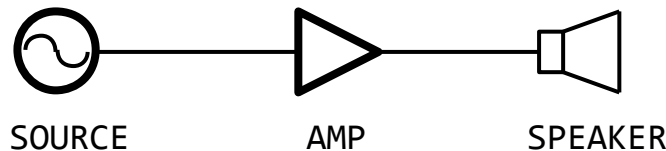
小出力アンプの設計と試作

アンプの設計

一概にアンプといっても、ポケットラジオ用の 100mW から、PA 用の 1000W に至るまで千差万別だが、基本的な構成はそれほど大きな違いはない。ここではまず、第3号で紹介したヘッドフォンアンプを参考にしながら、基礎的なことがらを述べていくことにしよう。さらに、このヘッドフォンアンプを出発点として改良を加え、スピーカーを鳴らすための、音質のよい小出力アンプに発展させていきたいと思う。

そもそもアンプは何をしているのか？

スピーカーから音響を出すには、空気を物理的に振動させるので、それなりに電力を要する。オーディオシステムにおいてパワーアンプは、ラインレベルの信号から、スピーカーを駆動するための大きな信号へ変換する役割がある。



ここでいうラインレベルとはおよそ $1V_{\text{RMS}}$ で、ふつうパワーアンプへの入力にはそれほどの電力を必要としない。一般的なパワーアンプの入力インピーダンス r_i は $10k\Omega$ ほどだから、電力としては、

$$P = E^2/R = 1 \times 1/10k = 0.1\text{mW}$$

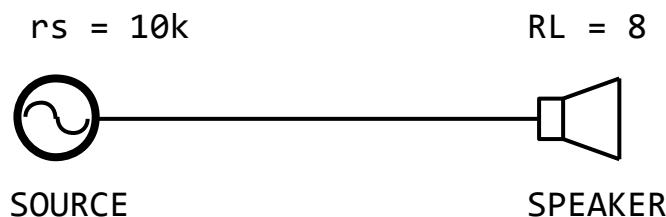
となる。ここで最大 5W を出力できるパワーアンプの場合、スピーカーの入力インピーダンスを 8Ω とすると、

$$P = E^2/R = 5\text{W より、} E = 6.32V_{\text{RMS}}$$

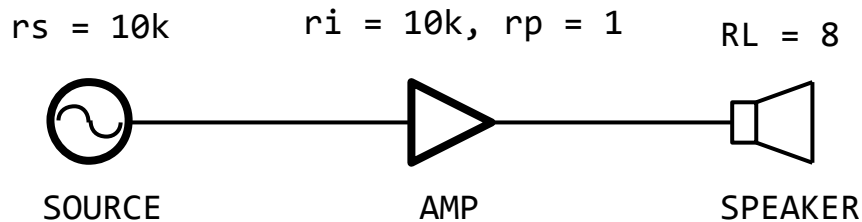
$$P = I^2R = 5\text{W より、} I = 0.79A_{\text{RMS}}$$

したがって、電圧増幅率は 6.32 倍 (16dB) だが、電力増幅率は 50,000 倍 (47dB) も必要になる。このような理由から、パワーアンプは電力増幅回路と呼ばれている。

また、インピーダンスという観点から眺めると、パワーアンプは本質的にインピーダンス変換をしているだけである。たとえば、出力インピーダンス r_s が $10k\Omega$ の信号源に、入力インピーダンス R_L が 8Ω のスピーカーをつなぐと、 r_s による損失が大きい (r_s は出力抵抗ともいう) のでほとんど鳴らない ($r_s \gg R_L$)。



いっぽう、パワーアンプの出力インピーダンス r_p は 1Ω とかそれ以下なので、スピーカーをつないでもよく鳴る ($r_p \ll R_L$)。つまり、出力インピーダンスが低いというのは、重い (低いインピーダンスの) 負荷をつないでも、少ない損失で電力を取り出せるという意味である。



もちろん、パワーアンプの入力インピーダンスは高いほど損失は減るが、何よりも最大入力（この場合 $1V_{\text{RMS}}$ ）でも飽和しないことが重要である。

入力とボリューム

オーディオシステムを使う上で、直感的な操作ができるのは大切な要素である。音量を調整するボリュームつまみを例にとると、ふだん聴く音量レベルが時計の目盛りでいう 9 時あたりだと、音量を調整しにくいし、しかも音を絞ったときは全体にやせた感じになってしまう。使い慣れた感覚では、通常の音量レベルはおよそ 12 時が適正といえる。12 時の位置は、A カーブのボリュームだと入力電圧レベルが 5 分の 1 ほどになる。パワーアンプにつなぐスピーカーの能率にも拠るが、上記の場合 $0.2V_{\text{RMS}}$ の入力で 1W を出力するようにゲイン配分すると、パワーアンプに必要なゲインは

$$6.32/0.2 = 31.6 \text{ 倍 (30dB)}$$

ほどになる。プリアンプを経由せず、CD プレーヤー（または DAC）とパワーアンプをアッテネータのみで直結する場合、仕上がりゲインとしては多すぎず、少なすぎずといったところだ。

能動素子と受動素子

アンプの音質を決めるのは、何とんでも半導体などの能動素子に負うところが大きい。その次に来るのが抵抗器・コイルやコンデンサなどの受動素子であり、さらには配線材、メッキ、プリント配線、ハンダ、スイッチ、リレー、コネクタ、半固定抵抗などの接点の影響もある。

配線材は単線がいい、錫メッキの抛り線がいい、OFC（無酸素銅）がいい、銀線はすばらしい、テフロン被覆がいいなど、オーディオ界ではいろいろな話を聞くが、実際のところは試してみないとわからない。ただ、配線材の材質、形状、太さ、触感、硬さ、輝きなどは、音質を形容する場合にも当てはまり、相関があるような気がする。銅線は電気抵抗が低く、適度に軟らかいので、配線材としては一般的だが、その軟らかさが音質にも出ていて、どうも芯のない腑抜けた音になっている気がする。電解コンデンサやダイオード、一部の抵抗器では、リード線としてふつうに鉄線が使われており、これが意外と音質に影響する。鉄線は硬くて配線しにくいですが、音質としては銅線よりも好ましい場合もある。

異なる金属が接触するところでは、熱電対といって周囲の熱により電気が発生する。つまり、予期しない微小電流となって信号に乗り、雑音源になる。メッキすることも、酸化皮膜による接触抵抗を減らすのとは引き換えに、雑音や歪みを増やす結果になる。ハンダを使わずに部品と部品を直結したほうが、音の鮮度にとって最も望ましいが、実際にはまったくなくすることはできない。

一般的なプリント基板の銅箔は、厚さが $35\mu\text{m}$ （ミクロン）が多い。安いものでは $18\mu\text{m}$ 、特殊なものでは $70\mu\text{m}$ というものもある。 $\phi 0.4\text{mm}$ の単線と同じ断面積にするには、 $35\mu\text{m}$ の銅箔でパターン幅を 3.6mm にしなければならない。最近の集積回路は面実装の小さなパッケージが多く、その大きさ自体はさておき、幅 1mm とか細くしないと実装できないので、アナログ信号の経路としてはおよそ頼りなく、むしろそのほうが問題になる。ピンとパターンの接点も、リフローはんだでちょこっと付い

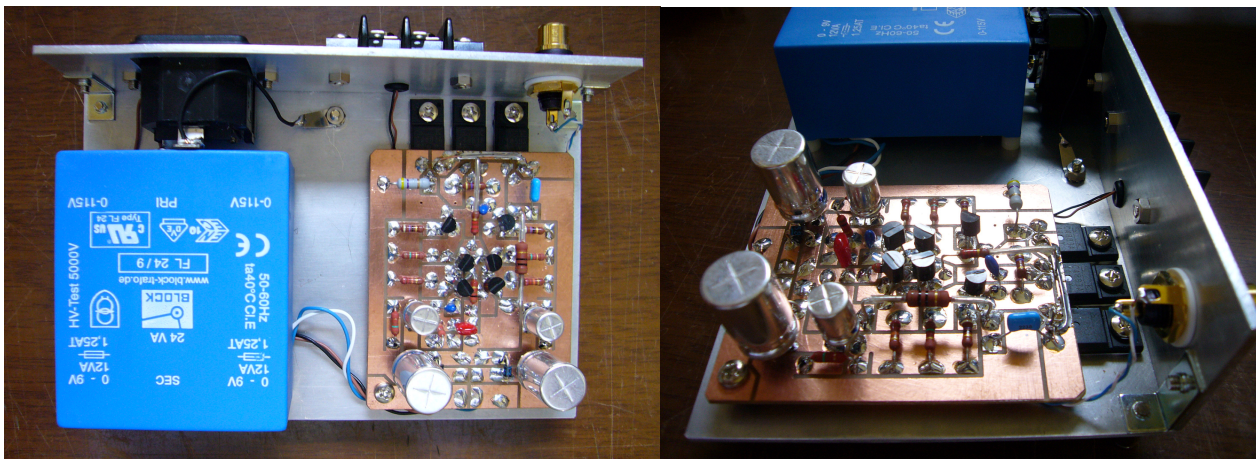
ているだけという、実に頼りないものだ。リフローはんだは音に芯がなくなる。

音の信号経路にスイッチ、リレー、コネクタなどの接点があると、接触抵抗による損失があるばかりか、歪が発生する。それらが音の鮮度に大きく影響していることは、直結した場合と音質を比較すればわかる。また、回路構成上、調整箇所が必要な半固定抵抗なども、接点をもっており、音質に影響を与えるので、そうしたものを極力使わないようにするか、音の信号経路とは関係ないところで使用するよう配慮すべきだろう。

トランスインピーダンス方式（電流帰還型）パワーアンプの試作

6帖ほどの部屋でふつうにスピーカーで音楽を聴く場合、たかだか2~3Wしか出さない。であれば、少し余裕を見て最大5Wのアンプがあれば十分だと考え、その範囲で最高に音質のよいアンプを作ってみようと思い立った。徹底的に無駄を省き、プリント基板の使い方もふつうとは異なり、銅箔を分割しただけの太いパターンで、銅箔側にほとんどの部品をはんだ付けした。試作なので電圧チェックや部品の交換がしやすいほうがよい。底面はちょうど文庫本の大きさ（A6サイズ、105×148mm）で、実際に見るとかなり小さくて愛着が湧く。

回路は当社のプリアンプでも採用したトランスインピーダンス方式（電流帰還型）で、入力から出力まで上下対称のプッシュプル構成となっている。ディスクリートで組み、トランジスタは全部で9個（うち6個で増幅）だけで成り立つ。終段のパワートランジスタは定格コレクタ電流1~2Aのドライバ用で、いろいろ試してみてもいちばん音質がよい品種を選んだ。その他のトランジスタはすべて小信号用で、初段のみ低雑音タイプを使用した。クロストークを避け、電源トランスに余裕を持たせるために、写真のようなモノラルアンプとした。これを2台つくり、さっそく鳴らしてみた。CDプレーヤー（またはDAC）からは、ゲインのないパッシブのアッテネータ（音量調節器）のみを通して直結した。



B級に近いAB級動作のため熱はほとんど出ないので、2mm厚のアルミ板で放熱は十分だ。ハムやホワイトノイズも皆無である。とにかく音の鮮度がよい。何枚もヴェールをはがしたようで、これまで聴いたことがないみずみずしさがある。初段は一般的な差動増幅回路よりもプッシュプル増幅回路のほうがのびのびしており、自然で音楽的な響きがする。さすがモノラルアンプは音に力があり、定位もいい。第2号で予想したとおり、ステレオフォニックの基本は、良質で特性のそろったモノラルアンプであることが実証できた。楽器の音が生々しいので、ずっと聴いていたい音だ。数日間エージングをしていると、徐々に音が滑らかになってくる。たったこれだけの物量でいい音が出せるなら、複雑なものはいらないなあと痛感した。ぜひとも世に出したい作品である。