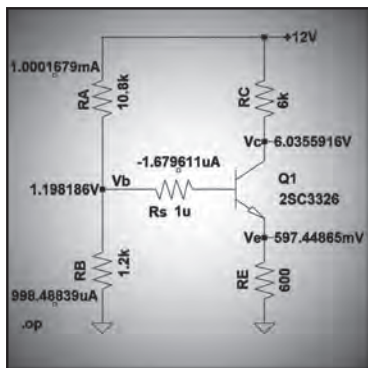


# 連載



産業分野の主要センサ活用と  
高精度なアナログ回路設計プロセスを学ぶ

## 新人技術者のための アナログ回路設計スタディ

第8回 トランジスタによるヘッドフォン・アンプの設計

中村 黄三 Kozo Nakamura

### OPアンプ形式の 巨大ゲイン・アンプ設計に挑む

● わざわざ設計することの狙い

これまで学んできたトランジスタ回路設計の仕上げとして、ディスクリート(個別部品)によるヘッドフォン・アンプ(以下、アンプ)の設計に挑戦してみましょう。

本稿の狙いは、たんにOPアンプ回路形式の巨大なゲインのアンプ設計だけでなく、この設計を通じてOPアンプの本質を理解し、目的にあったOPアンプの選び方(目利き)を習得することにもあります。

また、OPアンプの内部回路はトランジスタ応用の集大成なので、それぞれの部分を分解して単独で使っても実践応用で役に立つ部分が多いのです。そこで、OPアンプ自体を含むオーディオ・アンプや安定化電源などを自作することで、アナログ設計技術のレパートリを広げることができます。同時にアナログ回路設計の入門者にとっては、実際にモノを設計・製作することで、これらの回路の動作を肌で感じる事ができ、本を読むだけでは得られない勘というものに身に付くこととなります。

● 設計仕様と技術要素の検討

製作するアンプの方向性として、音源はパソコン(以

下、PC)から出力されるオーディオ出力とし、これをDC直結でヘッドフォンをドライブするアンプとします。DC直結にするとアンプとヘッドフォンの間をコンデンサでカットする必要はなくなりますが、ヘッドフォンの破損防止のため無音時には限りなく出力を0Vに抑える必要があります。

図1に示す表が今回設計するアンプの仕様です。使用するトランジスタを10石程度として、今述べた条件も踏まえて、どの程度の性能をアンプに与えられるかを考えます。ただし、DC動作中心点の温度安定を確保するためにトランジスタのダイオード接続は使いますが、これは数に含めません。

● 入力レベル、増幅率および再生周波数

アンプの設計では、増幅対象をどのような信号源にするかが大きなファクタになり、ドライブ対象(スピーカかヘッドフォンなど)と合わせて、回路仕様のほぼ100%を占めます。ターゲットであるPCのオーディオ出力端子の仕様は標準規格がないせいかマチマチですが、ここではオーディオの基準である0dBuの入力(約0.775V<sub>rms</sub>)をカバーすることを考えます。

そしてボリュームの midpoint付近で32Ωの負荷に対し、50mWを供給可能な4dBu(1.23V<sub>rms</sub>)までアップする閉ループ・ゲインA<sub>CL</sub>(余裕を見て約5倍)をアンプに

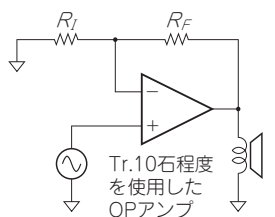


図1 USB用電源を利用したヘッドフォン・アンプの設計仕様

トランジスタ回路設計の仕上げとして、トランジスタ10石程度によるOPアンプ構成のヘッドフォン・アンプの設計に挑戦する。アンプにできるだけ大きな開ループ・ゲインをもたせ、深い負帰還をかけた低歪みアンプとする

必要な負荷電流をI<sub>L</sub>とすれば…

$$I_L = \sqrt{\frac{W}{R}} \dots\dots\dots(1)$$

$$= \sqrt{\frac{50\text{mW}}{32\Omega}} = 39.5\text{mA} \text{ 確かめ算}(1)$$

必要な負荷電圧をV<sub>L</sub>とすれば…

$$V_L = I_L \cdot R_L \dots\dots\dots(2)$$

$$= 0.0395\text{A} \times 32\Omega$$

$$= 1.2649[\text{V}_{\text{rms}}] = 3.5777[\text{V}_{\text{p-p}}] \text{ 確かめ算}(2)$$

ディスクリート製ヘッドフォン・アンプの目標仕様
定格出力電力：50mW @32Ω負荷
最大負荷電流：±50mA
標準入力レベル：0.775V <sub>rms</sub> (0dBu), 約1.1V <sub>p-p</sub>
最大ゲイン5倍：入力電圧 約250mV <sub>rms</sub> @50mW
周波数特性(f特)：DC~20kHz(-3dB)
電源電圧：±5V, ヘッドフォンヘダイレクト接続
元電源：USB電源(+5V)を利用。-5VはDC-DCコンバータで別途生成