

第7章 簡単に作れてひずみ0.006%, 効率80%の高性能が得られる

汎用ロジックICで作る 1W出力のデジタル・アンプ

黒田 徹
Tooru Kuroda

● 製作するアンプの狙い

デジタル・アンプを理解するには自作が一番です。そこで、どこにでもある部品を使ってデジタル・アンプ(写真1)を作りました。5個の汎用ロジックIC(74HCU04 + 74AC04 × 4)と数個のコイル、コンデンサ、抵抗で構成しています。出力は1Wですが、ひずみ率はHi-Fi級です。

製作するデジタル・アンプの 特徴と動作原理

■ 本器で採用したテクニック

● デジタル・アンプの泣き所「ひずみ」を負帰還で改善

図1に示すのは、多くのデジタル・アンプが採用している回路とその動作です。つまり、

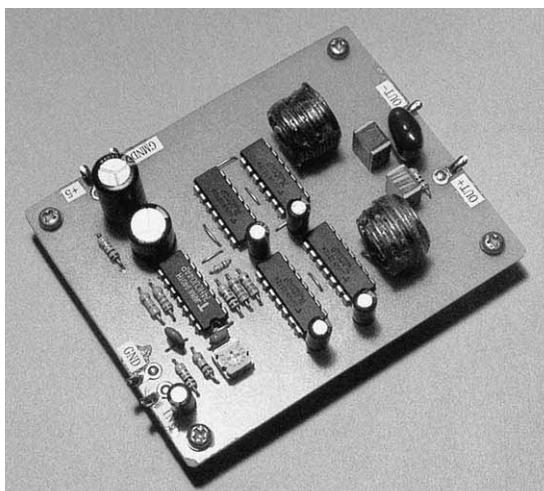
- ①オーディオ信号と三角波を比較してPWM信号を得る
- ②PWM信号で出力段スイッチを制御する
- ③LCフィルタで高周波成分を除去する

というものです。

理論上の非直線ひずみはゼロですが、実際には三角波の湾曲 [図2(a)], パルス幅ひずみ [図2(b)], 電

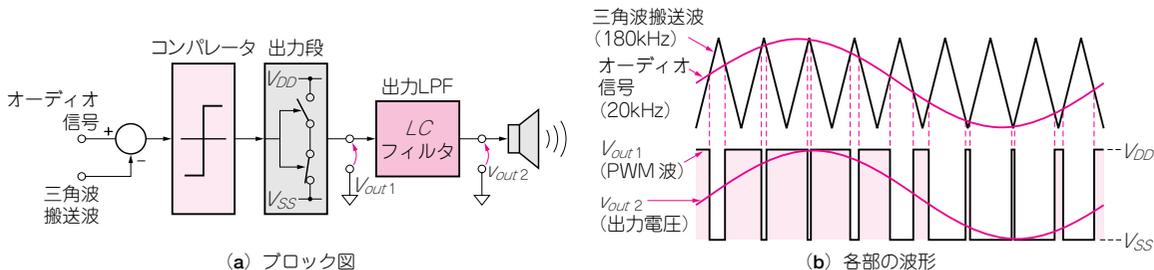
源電圧の変動 [図2(c)] などに起因する非直線ひずみが発生します。

そのため、実際のデジタル・アンプの多くは、負帰還を掛けて非直線ひずみを改善しています。図3に一例を示します。積分回路は、方形波(PWM波)の帰



〈写真1〉標準ロジックICだけで製作した出力1Wのデジタル・アンプ(モノラル, 効率80%, ひずみ率0.0055% @ 1kHz)

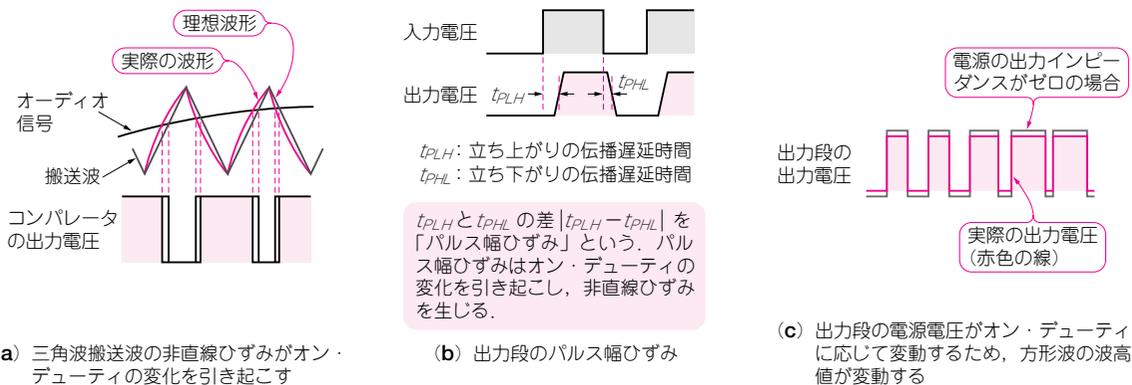
〈図1〉一般的なデジタル・アンプのブロック図と各部の波形



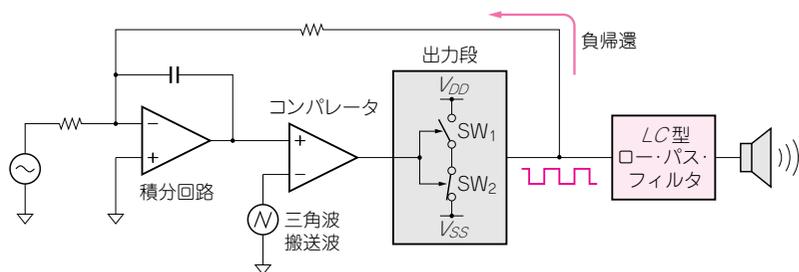
Keywords

非直線ひずみ, パルス幅ひずみ, 自動発振型, シュミット・トリガ回路, 相補ソース共通回路, 直流カット・コンデンサ, 電力効率, スイッチング損失, ショート・スルー損失, オン損失, バターワース, 空芯コイル.

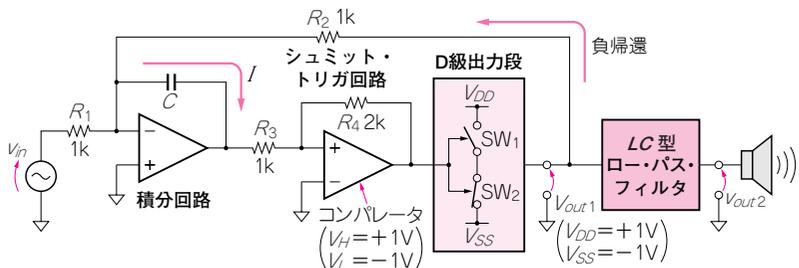
〈図2〉 図1のデジタル・アンプの問題点



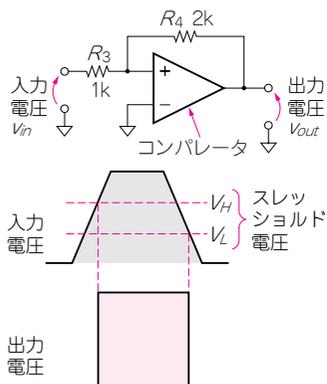
〈図3〉 負帰還を掛けると図2の問題点を解決できる



〈図4〉 自励発振型のデジタル・アンプ…三角波発振回路がなくても自動的に発振してPWM信号を出力する



〈図5〉 図4のシュミット・トリガ回路の動作



還信号に含まれる低周波成分を抽出して増幅します。

● 自励発振型PWM方式を採用する

実は図3に示すデジタル・アンプは、三角波を入力しなくても正常に動作します。というのは、自動的に発振して、積分回路の出力が三角波になるからです。これを自励発振型PWM方式と呼んでいます。

図4に示すのは、図3から三角波発振回路を取り除いた自励発振型PWM方式のデジタル・アンプです。

コンパレータ、 R_3 、 R_4 はシュミット・トリガ回路を構成しており、発振周波数を安定化します。製作したアンプは図4の方式の改良型です。

■ 回路の動作を詳しく見てみる

図4に示す回路の動作を考えましょう。話を簡単にするため、コンパレータの“H”出力とD級出力段の

正電源電圧 V_{DD} は +1V、コンパレータの“L”出力とD級出力段の負電源電圧 V_{SS} は -1Vと仮定します。

D級出力段のスイッチは、次のように動作すると仮定します。

- コンパレータ出力“H”のとき $SW_1 = ON$ かつ $SW_2 = OFF$
- コンパレータ出力“L”のとき $SW_1 = OFF$ かつ $SW_2 = ON$

● シュミット・トリガ回路

図5に動作を示します。

シュミット・トリガ回路は、入力電圧の“L”と“H”を判定する電圧が、出力が“L”か“H”に応じて二つの値 (V_H と V_L) をとります。

図4の場合、スレッショルド電圧 V_H と V_L は次のような値になります。