

第3章 多くのD級アンプが採用している 自励発振型変調回路

低ひずみ/低雑音/シンプル! 3拍子そろったPWM回路

渡辺 明禎
Akiyoshi Watanabe

負帰還でひずみと雑音を減らす

図1の回路では、三角波の非直線性、電源変動などでひずみが発生すること、雑音が大きいたことが分かりました。このひずみと雑音の大きさは実用上問題となるレベルです。

そこで、アナログ・アンプがひずみや残留雑音を改善するために使う負帰還(Negative Feedback, NFB)技術を使い、ひずみと雑音を少なくしてみましょう。

負帰還は入力信号とアナログ出力信号を比較し、違いがあるとその違いが無くなるように動作します。これによって、低ひずみなアンプができます。

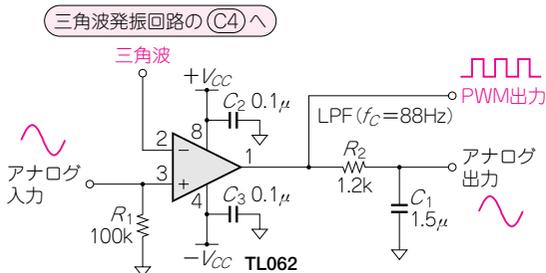


図1 PWM波発生回路(第2章図7再掲)

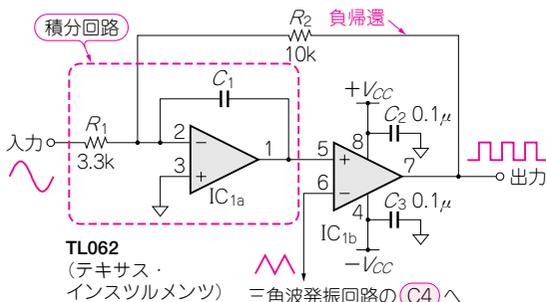


図2 積分回路を追加して負帰還をかけたコンパレータ回路
たったこれだけの変更で、ひずみと雑音が減る。負帰還の真利

● 積分回路を追加して低い周波数成分だけを帰還する
出力信号には搬送波成分の高い周波数のデジタル信号成分が含まれています。そこで、アナログ信号の低い周波数成分だけを負帰還するために積分回路を追加します。

負帰還をかけた回路を図2に示します。IC1aで構成したのが積分回路です。IC1bによるコンパレータ回路の前に付けます。

積分回路の周波数特性を図3に示します。アナログ信号の低い周波数ではとてもゲインが大きく、大量の帰還をかけられるので、ひずみ特性が大幅に改善されます。

一方、搬送波周波数の高い周波数ではゲインを1倍以下として、高い周波数成分を除去することができます。

負帰還を追加した回路の 組み立てと評価

ブレッドボードに組み立てたものを写真1に、部品配置と配線を図4に示します。

実験では、C1を560 pF、2200 pF、0.022 μFと変えて評価します。そのときのアンプの裸特性の計算結果(概算)を図5に示します。積分回路のゲインは図3から求めました。

帰還側ではR2が10 kΩなので、C1が2200 pF、0.022 μFのとき、搬送波周波数ではゲインが負になり正常に動作します。

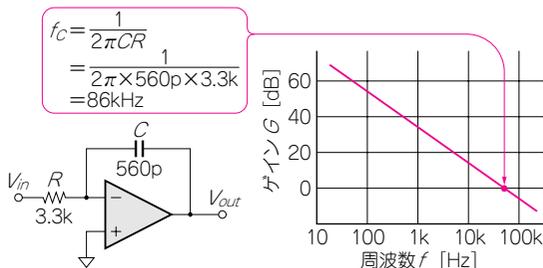


図3 積分回路の周波数特性

低い周波数ではゲイン大! 高い周波数ではゲイン小! カットオフ周波数はCRで決まる

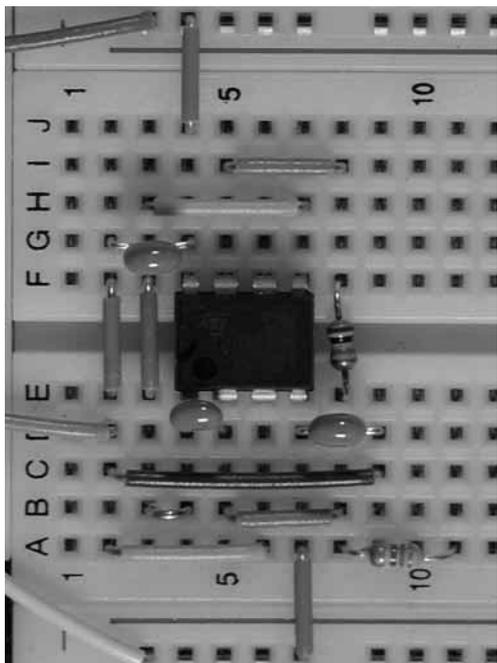


写真1 積分回路を追加して負帰還をかけたコンパレータ回路

一方、 C_1 を560 pFにすると、搬送波周波数でゲインが1倍以上なので正常に動作しないと考えられます。

● ひずみ特性

図6にひずみ特性を示します。 $C_1 = 560$ pFのときにひずみが大きく、正常に動作していないと考えられます。

一方、 $C_1 \geq 2200$ pFでは、ひずみが小さくなっており、負帰還の効果が出ています。しかし、十分な低ひずみではないので、さらに低ひずみ化が必要と考えられます。

● 雑音特性

図7に $C_1 = 560$ pFにおける無信号時のスペクトラムを示します。1 kHzくらいから急激にノイズが増加しており、搬送波の成分が漏れ込んでいると考えられ

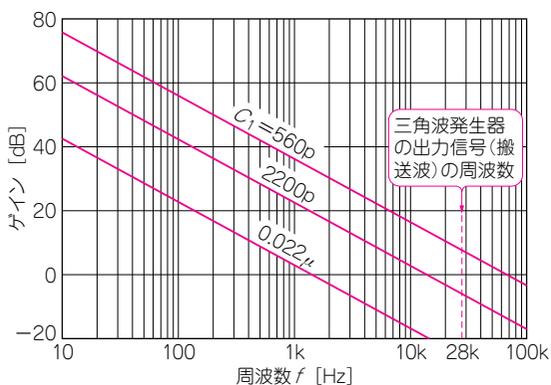


図5 図3の挿特性の計算結果(概算)
搬送波周波数でゲインが正か負かがポイント

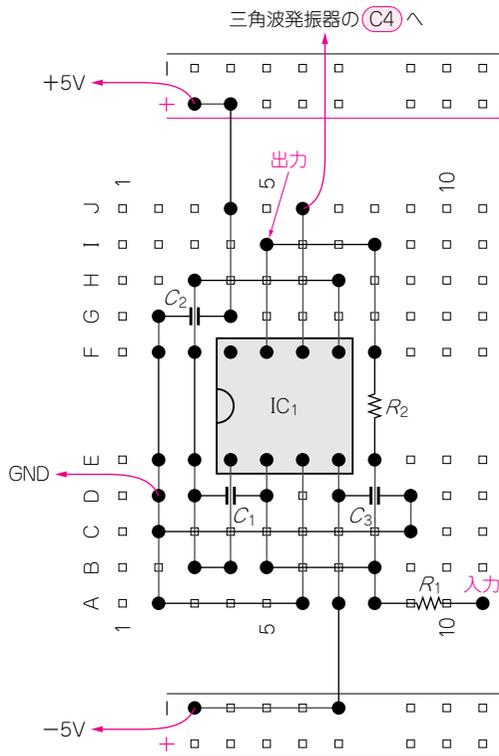


図4 負帰還をかけたコンパレータ回路の部品配置

ます。これは、搬送波成分において、アンプのゲインが1倍以下ではないので、負帰還により異常が発生していると考えられます。

一方、図8に示すように、 $C_1 = 2200$ pFのときは、高い周波数におけるノイズの増加はわずかで、ノイズ・レベルも負帰還の結果、大幅に改善されています。

三角波発振回路を不要にする
自励発振回路

前項の実験では、三角波発生器のOPアンプの動作

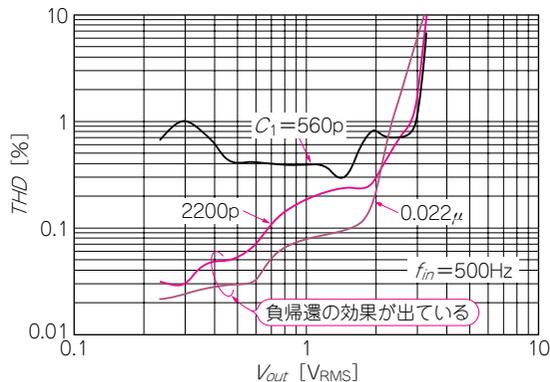


図6 積分回路を追加して負帰還をかけたコンパレータ回路の出力電圧とひずみの関係(積分回路のコンデンサ C_1 を変えた)
560 pFでは正常動作していない