

第6章 待機時 0.5 μA でフィルタも不要な組み込み用ワンチップ

バッテリー機器向けの1.4 W@8 Ω モノラル D 級アンプ

渡辺 明禎
Akiyoshi Watanabe

D 級アンプ用 IC は、数百ミリ・ワットから数百ワットまでさまざまなものが市販されています。

ほとんどの D 級アンプはスイッチング周波数成分を除去するために、出力回路に LC による LPF が必要です。

ここで紹介する TPA2005D1 (写真 1) は、スピーカ・ケーブルが短かければ、この LPF が不要な D 級アンプ IC です。アナログ・アンプ IC と同等以上の使いやすさがあります。写真 2 に TPA2005D1 を使ったパワー・アンプ基板を示します。

D 級アンプ IC TPA2005D1 の概要

TPA2005D1 は 8 Ω 負荷で 1.4 W 出力の高効率、出力フィルタレスの D 級パワー・アンプ IC です。IC パッケージとして、BGA, QFN, MSOP があります。

外付け部品はわずか三つで、高密度に実装できるので、携帯電話、携帯情報端末用に適しています。

主な特徴を以下に示します。

- 1.4 W 出力 (8 Ω 負荷, 5 V 電源, 10% はずみ)
- 高効率 84% @ 400 mW
- 低消費電力: 待機電流 0.5 μA
- 出力の LC フィルタが不要

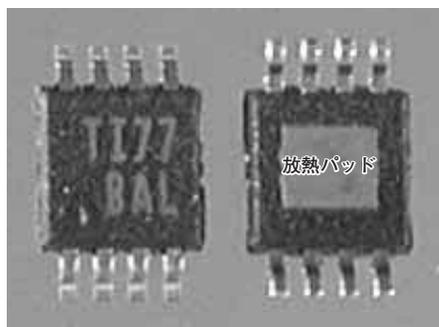


写真 1 LPF が不要な D 級アンプ IC TPA2005D1DGN の外観

パッケージ・サイズは約 3 mm \times 3 mm。放熱パッドを基板にはんだ付けして放熱する

● 完全な差動設計

表 1 にアナログ・アンプ IC として代表的な LM386 との比較を示します。TPA2005D1 がいかに優れているか分かります。

表 2 に主な電気的特性を示します。電源 ON 時のスタートアップ時間は 9 ms なので、ポップ雑音を小さくできます。待機電流は 0.5 μA と小さく低消費電力です。図 1 にブロック・ダイアグラムを示します。

TPA2005D1 の動作原理

TPA2005D1 の動作原理を説明します。

● 一般的な D 級アンプの駆動波形

図 2 に $V_{DD}=5\text{V}$ 時の駆動波形を示します。OUT+ 端子と OUT- 端子は交互に ON/OFF を繰り返します。従って、OUT+ と OUT- 両端子の波形は、+5 V と -5 V の方形波となります。

負荷への駆動差電圧が 0 V のとき、この波形のデューティ比は 50% となります。

LC フィルタが無く、信号入力が 0 でスピーカが負荷の場合、負荷に流れる電流は図のように三角波とな

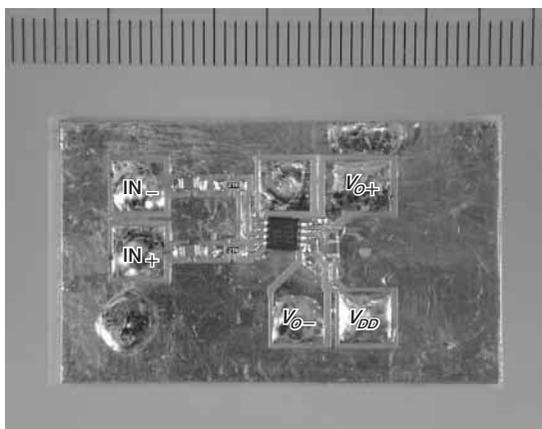


写真 2 製作した TPA2005D1 の基板を使った D 級アンプ基板

LM386 ▶ ナショナルセミコンダクターのオーディオ・パワー・アンプ用 IC。8ピン・パッケージで、部品点数が少ないため、小形のアナログ・アンプが容易に製作できる。

表1 TPA2005D1とアナログ・アンプIC LM386の比較

項目	条件	TPA2005D1	LM386
最大出力	THD = 10%, $V_{DD} = 5V$, 8Ω負荷	1.4 W	0.3 W
効率	最大出力時	>80%	60%
ひずみ率	最大出力の1/2	0.20%	0.20%
ゲイン	—	2 ~ 20倍	20 ~ 200倍
動作電圧範囲	—	2.5 ~ 5.5 V	4 ~ 18 V
無信号時の消費電流	$V_{DD} = 5V$	3.6 mA	3.7 mA
最少外付け部品点数	—	3	4

表2 TPA2005D1の主な電気特性

項目	テスト条件	標準値
出力	$THD+N = 1\%$, $f = 1\text{ kHz}$, $R_L = 8\ \Omega$	$V_{DD} = 5V$ 1.18 W
		$V_{DD} = 3.6V$ 0.58 W
		$V_{DD} = 2.5V$ 0.26 W
ひずみ率 + ノイズ (THD + N)	$P_{out} = 1\text{ W}$, $f = 1\text{ kHz}$, $R_L = 8\ \Omega$	$V_{DD} = 5V$ 0.18 %
		$V_{DD} = 3.6V$ 0.19 %
		$V_{DD} = 2.5V$ 0.20 %
静的消費電流	無負荷	$V_{DD} = 5.5V$ 3.4 mA
		$V_{DD} = 3.6V$ 2.8 mA
		$V_{DD} = 2.5V$ 2.2 mA
スイッチング周波数	$V_{DD} = 2.5 \sim 5.5V$	250 kHz
出力ノイズ	$V_{DD} = 3.6V$, $f = 20 \sim 20\text{ kHz}$, IHF - A	$36\ \mu V_{RMS}$
SNR	$P_{out} = 1\text{ W}$, $R_L = 8\ \Omega$	97 dB
PSRR	$V_{DD} = 2.5 \sim 5.5V$	- 76 dB
CMRR	$V_{DD} = 2.5 \sim 5.5V$	- 68 dB

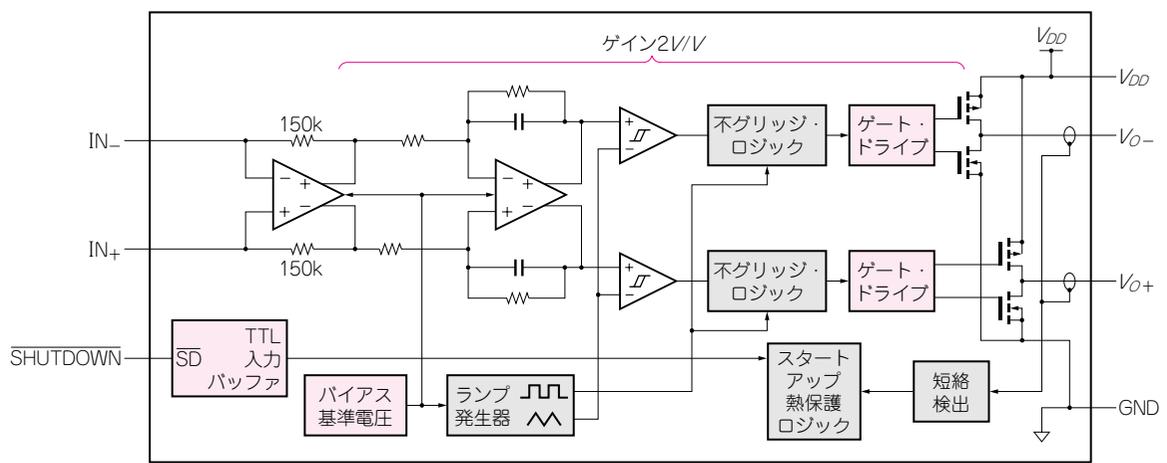


図1 TPA2005D1のブロック図
入力から出力まで完全な差動設計となっている

り、大きな電流が負荷に流れ、抵抗成分により損失となります。

従って、出力にLPFを付け、スイッチング周波数成分を除去する必要があります。

- LPFが無くても高効率なTPA2005D1の駆動波形
図3に $V_{DD}=5V$ 時の駆動波形を示します。OUT₊端子とOUT₋端子の波形は同相です。

入力電圧が正の場合、OUT₊のデューティ比は50%以上、OUT₋のデューティ比は50%以下となります。

従って、OUT₊とOUT₋による負荷への駆動差電圧は0~5Vのパルス波となり、この波形の平均値が出力電圧となります。

入力電圧が負の場合、OUT₊のデューティ比は50%以下、OUT₋のデューティ比は50%以上となり