

# LM4836

*LM4836 Stereo 2W Audio Power Amplifiers with DC Volume Control, Bass Boost,  
and Input Mux*



Literature Number: JAJ675



2001 年 3 月

## LM4836

### Boomer<sup>®</sup> オーディオ・パワーアンプ・シリーズ DC 制御電子ボリューム、低音ブースト、入力セレクト機能付き、 ステレオ 2W オーディオ・パワーアンプ

#### 概要

LM4836 は、DC 制御電子ボリューム機能を内蔵し、1.0%未満の THD + N で 4Ω (Note 1) に 2W を、1.0%未満の THD + N で 3Ω (Note 2) に 2.2W を出力できるステレオ・ブリッジ接続オーディオ・パワーアンプ・モノリシック集積回路です。

Boomer<sup>®</sup> オーディオ・パワーアンプは、必要な外付け部品数を最小限に抑えながら、特に高品質のオーディオを提供するために設計されました。LM4836 は DC 制御電子ボリューム、ステレオ・ブリッジ接続パワーアンプ、利得選択機能すなわち低音ブースト機能、および入力セレクト機能を内蔵しており、マルチメディア・モニタ、ポータブル・ラジオ、ならびにデスクトップおよびポータブル両コンピュータ・アプリケーション向けとして最適なデバイスになっています。

LM4836 は、外部制御方式の低消費電力のシャットダウン・モードと、パワーアンプおよびヘッドフォンの両ミュート機能を備えており、最高のシステムの柔軟性と性能を発揮します。

**Note 1:** 回路基板に正しく実装すると、LM4836LQ と LM4836MTE は 4Ω 負荷に 2W を出力し、LM4836MT は 8Ω 負荷に 1.1W を出力します。LM4836LQ と LM4836MTE の使い方については、アプリケーション情報の項を参照してください。

**Note 2:** 回路基板に正しく実装し、強制空冷を施すと、LM4836LQ と LM4836MTE は 3Ω 負荷に 2.2W を出力します。

#### 主な仕様

- 1%の THD + N における出力電力
- 3Ω 負荷 (LM4836LQ、LM4836MTE) 2.2W (typ)
- 4Ω 負荷 (LM4836LQ、LM4836MTE) 2.0W (typ)

- 8Ω 負荷 (LM4836) 1.1W (typ)
- シングルエンド・モード THD + N 32Ω 負荷 85mW 出力時 1.0% (typ)
- シャットダウン電流 0.2μA (typ)

#### 特長

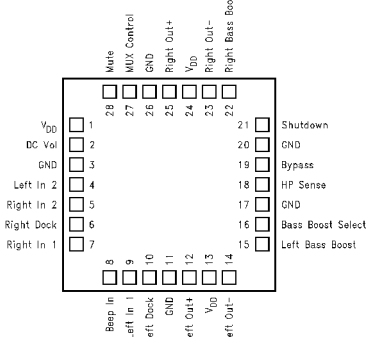
- PC98 および PC99 準拠
- DC 制御電子ボリューム
- 入力セレクト
- システム・ビープ検出
- ステレオ・ブリッジ接続 / シングルエンド切り換え可能パワーアンプ
- 内部 / 外部利得選択、低音ブースト構成可能
- “クリック & ポップ” 抑制回路
- サーマル・シャットダウン保護回路

#### アプリケーション

- ポータブルおよびデスクトップ・コンピュータ
- マルチメディア・モニタ
- ポータブル・ラジオ、PDA、およびポータブル TV

#### ピン配置図

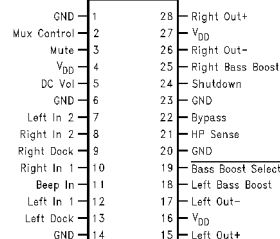
LLP Package



Top View  
Order Number LM4836LQ

See NS Package Number LQA028AA for Exposed-DAP LLP

TSSOP Package



Top View

Order Number LM4836MT

See NS Package Number MTC28 for TSSOP

Order Number LM4836MTE

See NS Package Number MXA28A for Exposed-DAP TSSOP

「BOOMER」は、(株)パーテックススタンダードからナショナル・セミコンダクター・ジャパン(株)に使用許諾されている商標です。

**絶対最大定格** (Note 10)

本データシートには軍用・航空宇宙用の規格は記載されていません。  
関連する電氣的信頼性試験方法の規格を参照下さい。

|                  |                          |
|------------------|--------------------------|
| 電源電圧             | 6.0V                     |
| 保存温度             | − 65 °C ~ + 150 °C       |
| 入力電圧             | − 0.3V ~ $V_{DD} + 0.3V$ |
| 消費電力             | 内部的に制限                   |
| ESD 耐圧 (Note 12) | 2500V                    |
| ESD 耐圧 (Note 13) | 250V                     |
| 接合部温度            | 150 °C                   |
| ハンダ付け情報          |                          |
| ペーパー・フェーズ (60 秒) | 215 °C                   |
| 赤外線 (15 秒)       | 220 °C                   |

その他の表面実装デバイスのハンダ付け方法については、  
AN-450 “ 表面実装法と信頼性における効果 ” を参照して  
ください。

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| $\theta_{JC}$ (typ) — LQA028AA        |          |
| $\theta_{JC}$ (typ) — MTC28           | 20 °C /W |
| $\theta_{JA}$ (typ) — MTC28           | 80 °C /W |
| $\theta_{JC}$ (typ) — MXA28A          | 2 °C /W  |
| $\theta_{JA}$ (typ) — MXA28A (Note 4) | 41 °C /W |
| $\theta_{JA}$ (typ) — MXA28A (Note 3) | 54 °C /W |
| $\theta_{JA}$ (typ) — MXA28A (Note 5) | 59 °C /W |
| $\theta_{JA}$ (typ) — MXA28A (Note 6) | 93 °C /W |

**動作定格**

|                                 |                                            |
|---------------------------------|--------------------------------------------|
| 温度範囲                            |                                            |
| $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ | $-40\text{ °C} \leq T_A \leq 85\text{ °C}$ |
| 電源電圧                            | $2.7V \leq V_{DD} \leq 5.5V$               |

**電氣的特性 [IC 全般]**

(Note 7、10)

特記のない限り、以下の仕様は  $V_{DD} = 5V$ 、 $T_A = 25\text{ °C}$  に対して適用されます。

| Symbol   | Parameter                          | Conditions                 | LM4836               |                    | Units<br>(Limits) |
|----------|------------------------------------|----------------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
|          |                                    |                            | Typical<br>(Note 14) | Limit<br>(Note 15) |                   |
| $V_{DD}$ | Supply Voltage                     |                            |                      | 2.7                | V (min)           |
|          |                                    |                            |                      | 5.5                | V (max)           |
| $I_{DD}$ | Quiescent Power Supply Current     | $V_{IN} = 0V$ , $I_O = 0A$ | 15                   | 30                 | mA (max)          |
| $I_{SD}$ | Shutdown Current                   | $V_{pin\ 24} = V_{DD}$     | 0.2                  | 2.0                | $\mu A$ (max)     |
| $V_{IH}$ | Headphone Sense High Input Voltage |                            |                      | 4                  | V (min)           |
| $V_{IL}$ | Headphone Sense Low Input Voltage  |                            |                      | 0.8                | V (max)           |

**電氣的特性 [ ボリューム・アッテネータ ]**

(Note 7、10)

特記のない限り、以下の仕様は  $V_{DD} = 5V$ 、 $T_A = 25\text{ °C}$  に対して適用されます。

| Symbol      | Parameter        | Conditions                            | LM4836               |                    | Units<br>(Limits) |
|-------------|------------------|---------------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
|             |                  |                                       | Typical<br>(Note 14) | Limit<br>(Note 15) |                   |
| $C_{RANGE}$ | Attenuator Range | Gain with $V_{pin\ 5} \geq 4.5V$      | 0                    | $\pm 0.5$          | dB (max)          |
|             |                  |                                       | 0                    | − 1.0              | dB (min)          |
| $C_{RANGE}$ | Attenuator Range | Attenuation with $V_{pin\ 5} = 0V$    | − 73                 | − 70               | dB (min)          |
| $A_M$       | Mute Attenuation | $V_{pin\ 3} = 5V$ , Bridged Mode      | − 88                 | − 80               | dB (min)          |
|             |                  | $V_{pin\ 3} = 5V$ , Single-Ended Mode | − 80                 | − 70               | dB (min)          |

**電氣的特性 [ シングルエンド・モード動作 ]**

(Note 7、10)

特記のない限り、以下の仕様は  $V_{DD} = 5V$ 、 $T_A = 25\text{ °C}$  に対して適用されます。

| Symbol | Parameter    | Conditions                                    | LM4836               |                    | Units<br>(Limits) |
|--------|--------------|-----------------------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
|        |              |                                               | Typical<br>(Note 14) | Limit<br>(Note 15) |                   |
| $P_O$  | Output Power | THD + N = 1.0%; f = 1kHz;<br>$R_L = 32\Omega$ | 85                   |                    | mW                |
|        |              | THD + N = 10%; f = 1 kHz;<br>$R_L = 32\Omega$ | 95                   |                    | mW                |
|        |              |                                               |                      |                    |                   |

**電気的特性 [ シングルエンド・モード動作 ] (つづき)**

(Note 7、10)

特記のない限り、以下の仕様は  $V_{DD} = 5V$ 、 $T_A = 25^\circ C$  に対して適用されます。

| Symbol     | Parameter                         | Conditions                                                              | LM4836               |                    | Units<br>(Limits) |
|------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
|            |                                   |                                                                         | Typical<br>(Note 14) | Limit<br>(Note 15) |                   |
| THD + N    | Total Harmonic Distortion + Noise | $V_{OUT} = 1V_{RMS}$ , $f = 1kHz$ ,<br>$R_L = 10k\Omega$ , $A_{VD} = 1$ | 0.065                |                    | %                 |
| PSRR       | Power Supply Rejection Ratio      | $C_B = 1.0\mu F$ , $f = 120Hz$ ,<br>$V_{RIPPLE} = 200mV_{rms}$          | 58                   |                    | dB                |
| SNR        | Signal to Noise Ratio             | $P_{OUT} = 75mW$ , $R_L = 32\Omega$ ,<br>A-Wtd Filter                   | 102                  |                    | dB                |
| $X_{talk}$ | Channel Separation                | $f = 1kHz$ , $C_B = 1.0\mu F$                                           | 65                   |                    | dB                |

**電気的特性 [ ブリッジ接続モード動作 ]**

(Note 7、10)

特記のない限り、以下の仕様は  $V_{DD} = 5V$ 、 $T_A = 25^\circ C$  に対して適用されます。

| Symbol     | Parameter                         | Conditions                                                                       | LM4836               |                    | Units<br>(Limits) |
|------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
|            |                                   |                                                                                  | Typical<br>(Note 14) | Limit<br>(Note 15) |                   |
| $V_{OS}$   | Output Offset Voltage             | $V_{IN} = 0V$                                                                    | 10                   | 50                 | mV (max)          |
| $P_O$      | Output Power                      | THD + N = 1.0%; $f = 1kHz$ ;<br>$R_L = 3\Omega$ (Note 8)                         | 2.2                  |                    | W                 |
|            |                                   | THD + N = 1.0%; $f = 1kHz$ ;<br>$R_L = 4\Omega$ (Note 9) (Note 15)               | 2                    |                    | W                 |
|            |                                   | THD = 1.5% (max); $f = 1kHz$ ;<br>$R_L = 8\Omega$                                | 1.1                  | 1.0                | W (min)           |
|            |                                   | THD + N = 10%; $f = 1kHz$ ;<br>$R_L = 8\Omega$                                   | 1.5                  |                    | W                 |
| THD + N    | Total Harmonic Distortion + Noise | $P_O = 1W$ , $20Hz < f < 20kHz$ ,<br>$R_L = 8\Omega$ , $A_{VD} = 2$              | 0.3                  |                    | %                 |
|            |                                   | $P_O = 340mW$ , $R_L = 32\Omega$                                                 | 1.0                  |                    | %                 |
| PSRR       | Power Supply Rejection Ratio      | $C_B = 1.0\mu F$ , $f = 120Hz$ ,<br>$V_{RIPPLE} = 200mV_{rms}$ ; $R_L = 8\Omega$ | 74                   |                    | dB                |
| SNR        | Signal to Noise Ratio             | $V_{DD} = 5V$ , $P_{OUT} = 1.1W$ , $R_L = 8\Omega$ ,<br>A-Wtd Filter             | 93                   |                    | dB                |
| $X_{talk}$ | Channel Separation                | $f = 1kHz$ , $C_B = 1.0\mu F$                                                    | 70                   |                    | dB                |

**Note 3:** この  $\theta_{JA}$  は、パッケージの Exposed-DAP が、プリント回路基板上の 2 平方インチ、1 オンスの露出銅箔にハンダ付けされた場合の MXA28A パッケージに対する値です。

**Note 4:** この  $\theta_{JA}$  は、パッケージの Exposed-DAP が、プリント回路基板の下面層上の 2 平方インチ、1 オンスの露出銅箔に 21 個の 8mil ビアを通してハンダ付けされた場合の MXA28A パッケージに対する値です。

**Note 5:** 示されている  $\theta_{JA}$  は、パッケージの Exposed-DAP が、プリント回路基板上の 1 平方インチ、1 オンスの露出銅箔にハンダ付けされた場合の MXA28A パッケージに対する値です。

**Note 6:** この  $\theta_{JA}$  は、パッケージの Exposed-DAP が、任意の露出銅箔にハンダ付けされない場合の MXA28A パッケージに対する値です。

**Note 7:** 特記のない限り、電圧はすべてグラウンド端子を基準として測定されています。仕様はすべて Figure 1 に示す標準的アプリケーションを使用して試験されています。

**Note 8:** 5V 電源から 3 $\Omega$  負荷をドライブするときは、LM4836MTE Exposed DAP は回路基板にハンダ付けし、強制空冷しなければなりません。

**Note 9:** 5V 電源から 4 $\Omega$  負荷をドライブするときは、LM4836MTE Exposed DAP は回路基板にハンダ付けしなければなりません。

**Note 10:** 絶対最大定格は、それを超えた場合にデバイスの破壊が生じる可能性があるリミット値を示します。動作定格は、デバイスが動作可能である条件を示しているもので、特定の性能リミット値を保証するものではありません。電気的特性は、特定の試験条件のもとにおける、特定の性能範囲を保証する DC および AC の電気的仕様を示します。これは、デバイスが動作定格内にあることを前提としています。リミット値の定めのないパラメータに対しては、仕様は保証されませんが、Typ がデバイス性能の優れた指標になります。

**Note 11:** 最大消費電力定格は、 $T_{JMAX}$ 、 $\theta_{JA}$ 、および周囲温度  $T_A$  によって規定され、高温では緩和しなければなりません。最大許容消費電力は  $P_{DMAX} = (T_{JMAX} - T_A)/\theta_{JA}$  です。LM4836MT については、 $T_{JMAX} = 150^\circ C$  であり、パッケージを MTC28 とすると、基板に実装したとき、標準的な接合部から周囲環境への熱抵抗  $\theta_{JA}$  は 80  $^\circ C/W$  です。

**Note 12:** 人体モデル、1.5k $\Omega$  の抵抗を通して 100pF を放電させます。

**Note 13:** マシン・モデル、全端子を通して 220pF ~ 240pF を放電させます。

**Note 14:** 代表値は 25  $^\circ C$  における測定値であり、パラメトリック基準を表します。

**Note 15:** データシートの最小 / 最大リミット値は、設計、試験、または統計分析により保証されています。



## Truth Table for Logic Inputs (Note 16)

| Mute | Mux Control | HP Sense | Inputs Selected       | Bridged Output  | Single-Ended Output |
|------|-------------|----------|-----------------------|-----------------|---------------------|
| 0    | 0           | 0        | Left In 1, Right In 1 | Vol. Adjustable | -                   |
| 0    | 0           | 1        | Left In 1, Right In 1 | Muted           | Vol. Adjustable     |
| 0    | 1           | 0        | Left In 2, Right In 2 | Vol. Adjustable | -                   |
| 0    | 1           | 1        | Left In 2, Right In 2 | Muted           | Vol. Adjustable     |
| 1    | X           | X        | -                     | Muted           | Muted               |

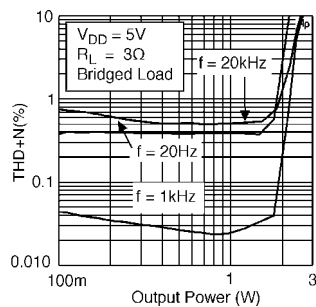
**Note 16:** ビープ・イン端子 (端子 11) でシステム・ビープが検出されビープが入力に送られると、システム・ビープは、ミュート、HP センス、または DC ボリューム・コントロール端子のロジック・レベルに関係なく、ブリッジ接続アンプを通過して負荷に伝達されます。

## 代表的な性能特性

## MTE Specific Characteristics

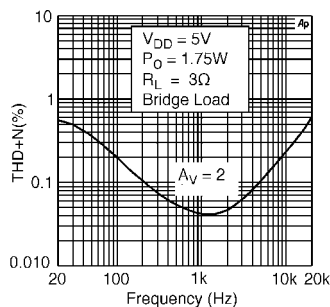
## LM4836MTE

## THD + N vs Output Power



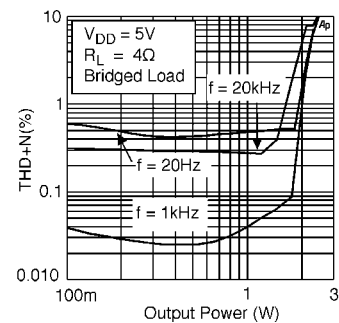
## LM4836MTE

## THD + N vs Frequency



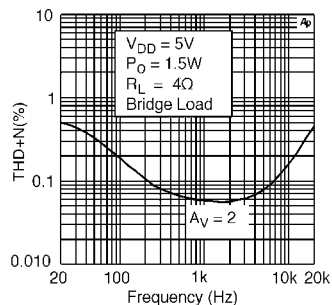
## LM4836MTE

## THD + N vs Output Power



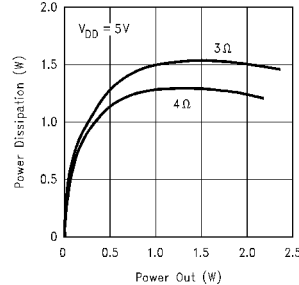
## LM4836MTE

## THD + N vs Frequency



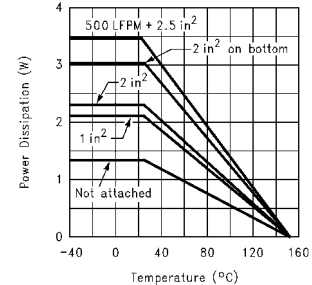
## LM4836MTE

## Power Dissipation vs Output Power



## LM4836MTE (Note 17)

## Power Derating Curve



**Note 17:** これらの曲線は、下に説明する各条件が与えられた場合の、さまざまな周囲温度における LM4836MTE の熱放散能力を示しています。

**500LFPM + 2in<sup>2</sup>:** 部品は 2 平方インチ、1 オンスの銅箔面にハンダ付けされ、毎分直線長で 500 フィートの強制空冷がかけられています。

**2in<sup>2</sup> on bottom:** 部品は、PC 基板下面の 2 インチ平方、1 オンスの銅箔面に 21 個の 8mil ピアを通してハンダ付けされています。

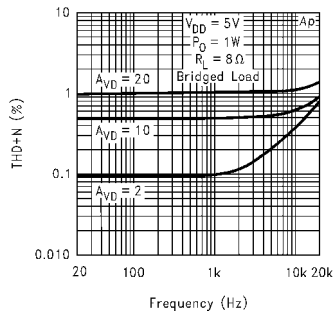
**2in<sup>2</sup>:** 部品は 2 平方インチ、1 オンスの銅箔面にハンダ付けされています。

**1in<sup>2</sup>:** 部品は 1 平方インチ、1 オンスの銅箔面にハンダ付けされています。

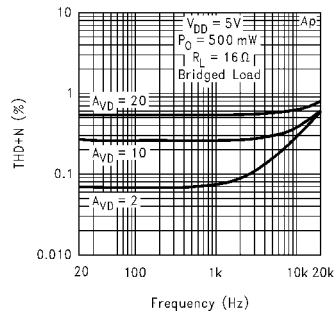
**Not Attached:** 部品はハンダ付けされておらず、強制空冷もかけられていません。

## Non-MTE Specific Characteristics

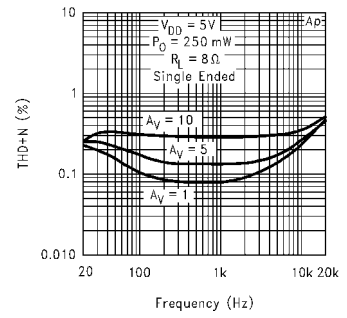
THD + N vs Frequency



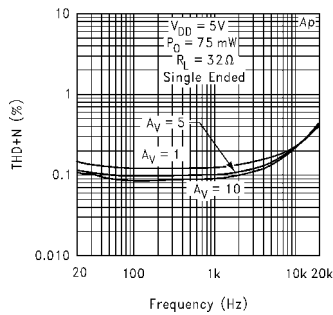
THD + N vs Frequency



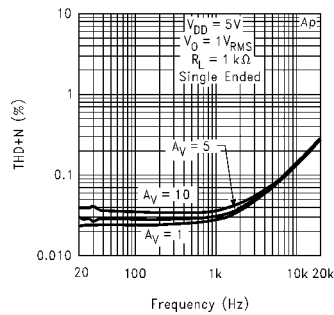
THD + N vs Frequency



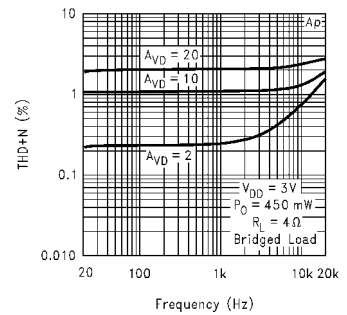
THD + N vs Frequency



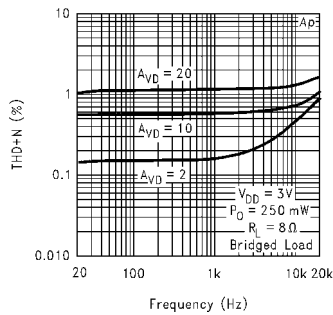
THD + N vs Frequency



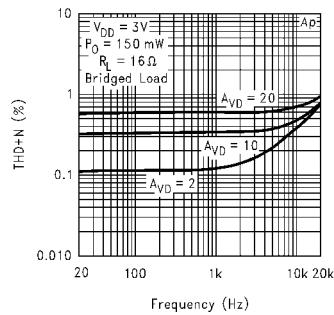
THD + N vs Frequency



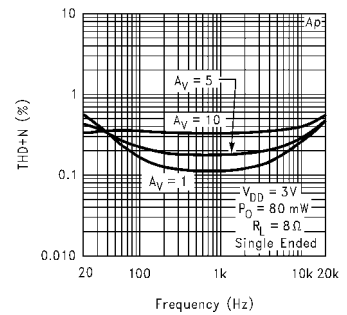
THD + N vs Frequency



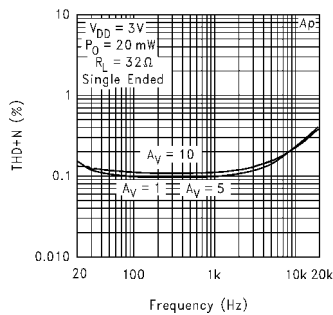
THD + N vs Frequency



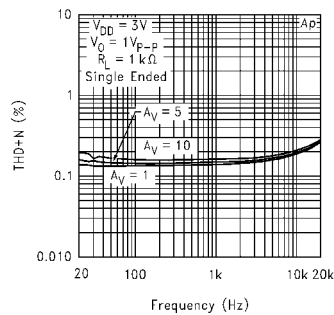
THD + N vs Frequency



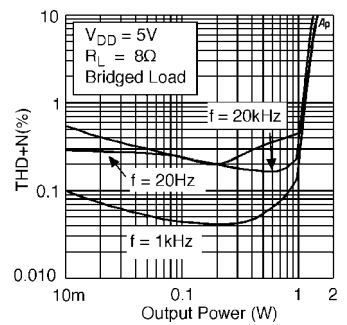
THD + N vs Frequency



THD + N vs Frequency

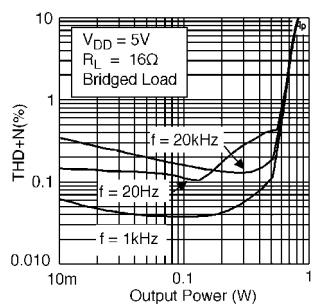


THD + N vs Output Power

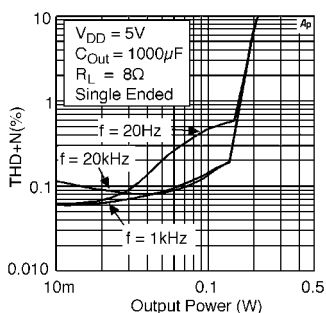


## Non-MTE Specific Characteristics (つづき)

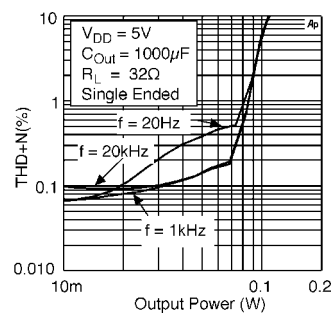
THD + N vs Output Power



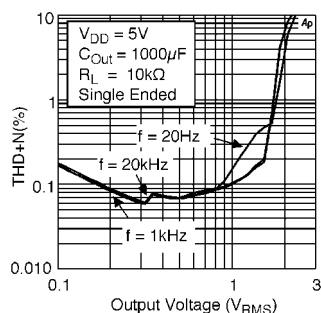
THD + N vs Output Power



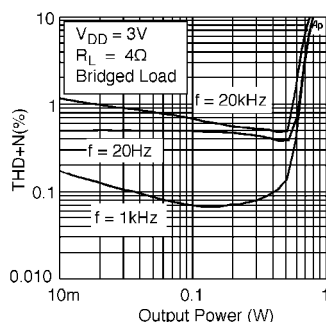
THD + N vs Output Power



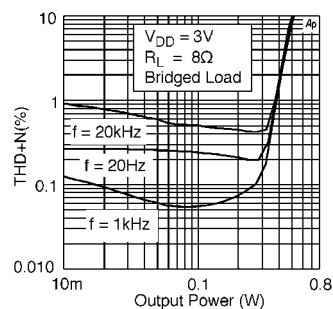
THD + N vs Output Power



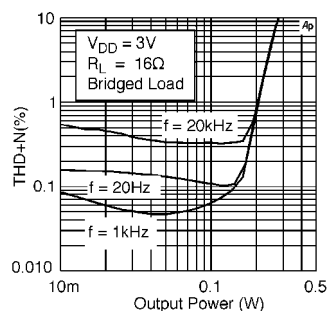
THD + N vs Output Power



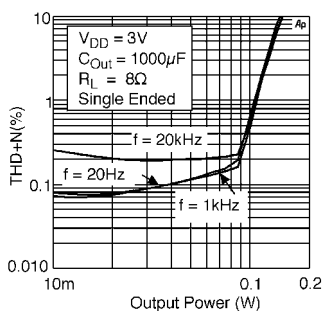
THD + N vs Output Power



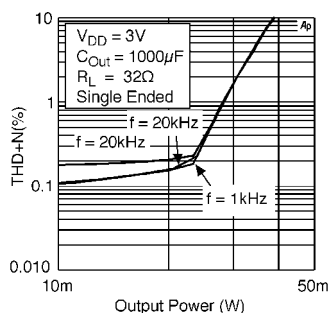
THD + N vs Output Power



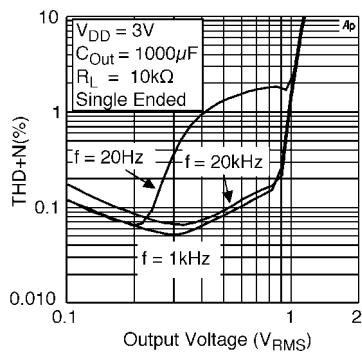
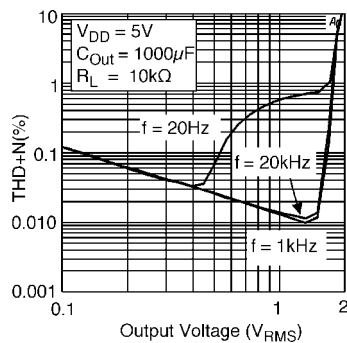
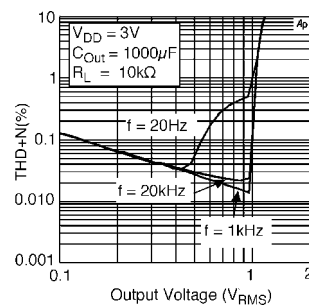
THD + N vs Output Power



THD + N vs Output Power



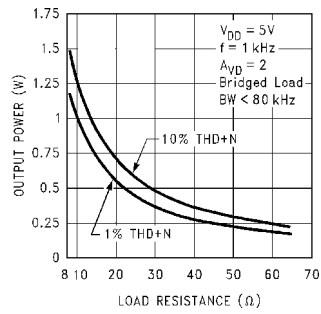
THD + N vs Output Power

THD + N vs Output Voltage  
Docking Station PinsTHD + N vs Output Voltage  
Docking Station Pins

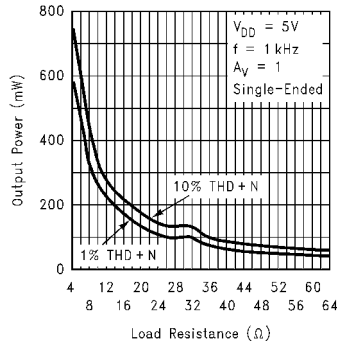


## Non-MTE Specific Characteristics (つづき)

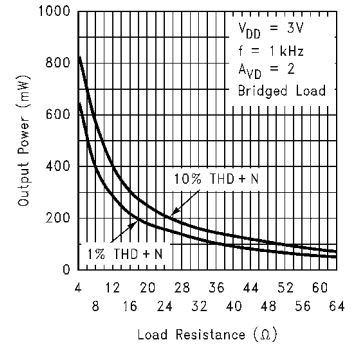
Output Power vs Load Resistance



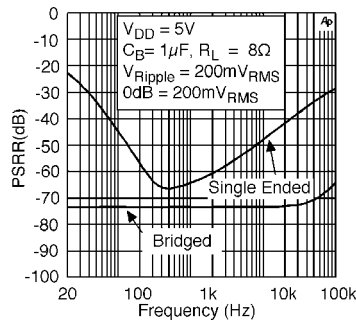
Output Power vs Load Resistance



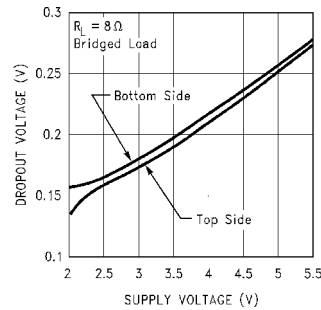
Output Power vs Load Resistance



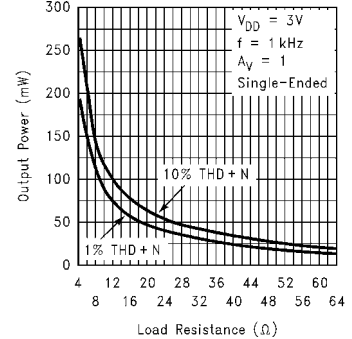
Power Supply Rejection Ratio



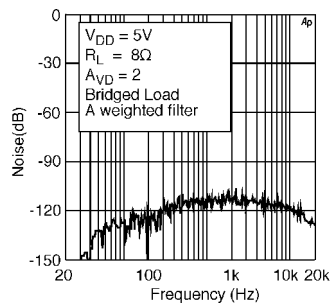
Dropout Voltage



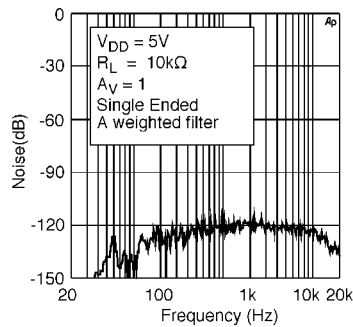
Output Power vs Load Resistance



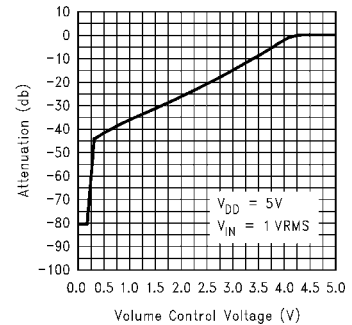
Noise Floor



Noise Floor

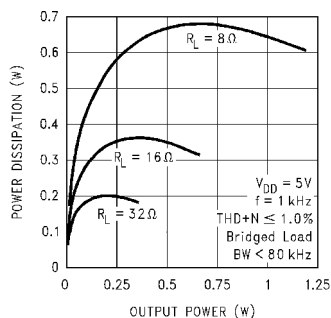


Volume Control Characteristics

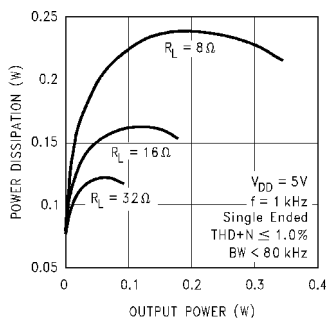


## Non-MTE Specific Characteristics (つづき)

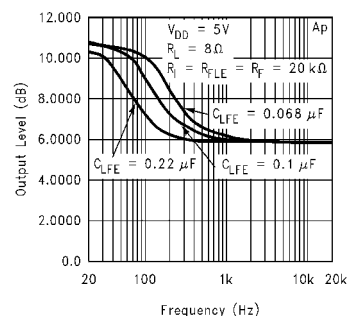
### Power Dissipation vs Output Power



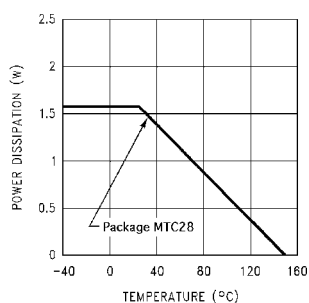
### Power Dissipation vs Output Power



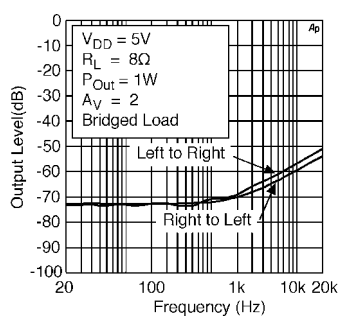
### External Gain/Bass Boost Characteristics



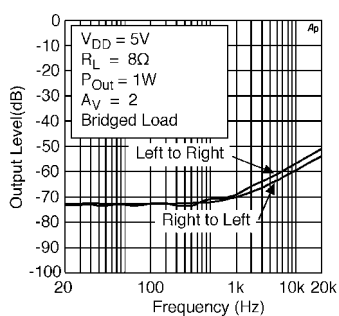
### Power Derating Curve



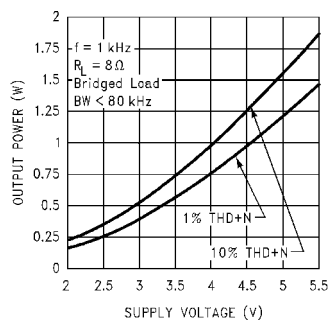
### Crosstalk



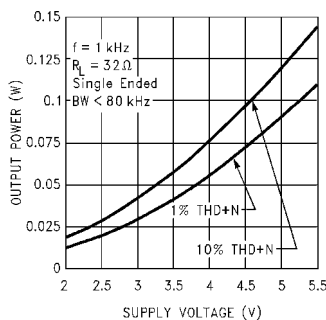
### Crosstalk



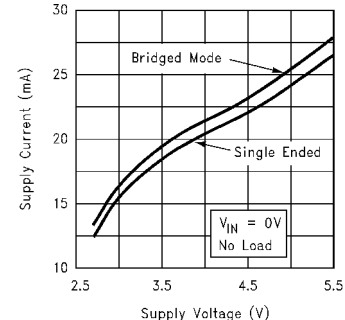
### Output Power vs Supply Voltage



### Output Power vs Supply Voltage



### Supply Current vs Supply Voltage



## アプリケーション情報

### Exposed-DAP パッケージを PCB に実装する際の配慮事項

LM4836 Exposed-DAP (ダイ・アタッチ・パドル) パッケージ (MTE、LQ) には、ダイとそのハンダ付け実装先となる PCB との間の熱抵抗が低いという特長があります。そのため、ダイから発生した熱は、周囲の PCB 銅箔面からグラウンド層に伝わり最後には空気中へと短時間で逃げていくことができます。このようなパッケージを採用することにより、THD が 1%以下で 4Ω 負荷に 2.1W を出力できる低電圧オーディオ・パワーアンプが実現できました。これほどのハイ・パワーを達成するには熱設計に特に配慮する必要があります。熱設計が不適切だと、LM4836 ハイ・パワー性能が損なわれたり、必要ではあるが本来は働いてほしくないサーマル・シャットダウン保護機能が働いたりすることにもなりかねません。

MTE、LQ の両パッケージの場合は PCB の銅箔面に DAP をハンダ付けする必要があります。DAP を実装する PCB 銅箔面は、途切れない広い面積の銅箔層に接続してください。この銅箔層が熱を吸収して放散する役割を果たします。この銅箔層すなわちヒートシンク領域は、両面 PCB の場合には外側の層に設け、3 層以上の PCB の場合には内層のいずれかに設けてください。DAP を実装する銅箔面については、銅箔ヒートシンク領域を内層か裏面に設けたときはそこまでスルーホールでつないでください。スルーホールの個数は、MTE の場合は 32 個 (4 × 8)、LQ の場合は 6 個 (3 × 2) とします。スルーホールの直径は 0.012 インチ ~ 0.013 インチとし、1.27mm 間隔で並べます。効率良く熱が逃げていくよう、スルーホールの内壁はメッキし、ハンダを充填してください。

放熱性能を最良にするには、実現可能な限り最大の銅箔ヒートシンク領域を設けます。部品実装面にヒートシンク領域を設ける場合は、電源電圧 5V、負荷 4Ω とすると、最低でも公称 2.5 平方インチの面積が必要です。部品実装面以外の層にヒートシンク領域を設ける場合は、電源電圧も負荷抵抗も同じ条件とすると、最低でも 5 平方インチの面積が必要です。この 2 つの推奨面積は周囲温度が 25 °C のときの数値です。周囲温度が 25 °C より高い場合はこの面積を上げてください。冷却ファンを使用する装置では、LM4836TE は強制空冷が利用できます。空気の流量が毎分 450 リニア・フィートで、2.5 平方インチの露出銅箔ヒートシンクか、5.0 平方インチの内層銅箔ヒートシンクを設けた場合、LM4836TE では 3Ω 負荷をフルパワーで連続駆動できます。LM4836Q では、強制空冷をしなくても同じ出力電力レベルが達成されます。どのような環境、条件であっても LM4836 サーマル・シャットダウン保護機能が作動しないよう、接合部温度は 150 °C より低く保つ必要があります。LM4836 のパワー・デレーティング曲線を「**代表的な性能特性**」に示します。これにより最大消費電力の温度特性がわかります。Exposed-DAP を採用した TSSOP、LQ 両パッケージの PCB レイアウトの例を「**プリント回路基板の推奨レイアウト**」の項に示します。PCB のレイアウト、製作、LQ (LLP) パッケージの実装に関するより詳しく具体的な情報は、アプリケーション・ノート: AN-1187 を参照してください。

### 3Ω、4Ω 負荷を駆動する場合の PCB レイアウトと電源電圧変動に対する配慮事項

負荷で消費される電力は、その負荷の両端に加わる電圧振幅とその負荷のインピーダンスの関数です。負荷で消費される電力は、その負荷のインピーダンスが小さくなるほど、アンプ出力端子から負荷の接続部までを結ぶ相互接続路 (PCB 配線パターン、ワイヤ) の抵抗値に大きく影響されます。配線パターンの残留抵抗により電圧降下が起こり、その結果、負荷ではなく配線パターンに電力が消費されてしまい、期待どおりの出力電力が得られなくなります。例えば、配線パターンの抵抗値が 0.1Ω の場合、4Ω の負荷で消費される出力電力は 2.1W から 2.0W に減ります。負荷で消費される電力が下がるこの問題は、負荷インピーダンスが小さいときほど悪化します。したがって、負荷で消費される電力

と出力電圧の振幅を最大に維持するためには、出力端子と負荷をつないでいる PCB 配線パターンをできるだけ広くする必要があります。

電源電圧が不安定の場合、最大出力電力に悪影響が及びます。十分に安定化されていない電源の出力電圧は負荷電流が増えると下がります。電源電圧が下がると、ヘッドルームの減少、出力信号のクリッピング、および出力電力の低下につながります。電源の調節が適切に行われているかどうかに関係なく、配線パターンの抵抗成分は同じ影響を及ぼします。したがって、出力電圧を最大振幅にするには、給電パターンをできるだけ広くします。

### ブリッジ構成の説明

Figure 1 に示すように、LM4836 はオペアンプを 2 組内蔵した 2 チャネル (チャネル A とチャネル B) のステレオ・アンプです。以下、チャネル A について述べていきますが、チャネル B についても同じです。Amp1A の閉ループ利得は外付け抵抗  $R_f$  と  $R_i$  で設定します。一方、Amp2A の利得は、内蔵の 20kΩ 抵抗 2 個で -1 に設定されています。LM4836、- OUTA、+ OUTA という 2 本のアンプ出力端子間に接続したスピーカなどの負荷を駆動します。

Figure 1 では、Amp1A の出力信号が Amp2A の入力信号として使用されています。つまり、両方のアンプは、大きさが同じで位相が 180°ずれている信号を生成します。この位相のずれを利用するため、負荷を - OUTA と + OUTA の間に配置して差動方式で駆動します。通常はこれをブリッジ・モードと言います。ブリッジ・モードにすると、差動利得は次のようになります。

$$A_{VD} = 2 * (R_f/R_i) \quad (1)$$

ブリッジ・モード・アンプは、アンプ 1 個の出力とグラウンドの間に接続した負荷を駆動するシングルエンド・アンプとは異なります。電源電圧が同じであれば、ブリッジ・モードの場合は差動出力が得られるため、負荷の両端に掛かる電圧の振幅が 2 倍になります。これは、シングルエンド構成では得られない利点です。条件が同じであれば、シングルエンド・アンプに比べて 4 倍の出力電力が得られます。アンプに電流制限が掛からず、出力信号がクリッピングしないという条件では、こうしたしくみにより達成可能出力電力が増えます。アンプの閉ループ利得をどのように設定すれば出力信号のクリッピングが最小になるかについては、「**オーディオ・パワーアンプの設計**」の項を参照してください。

差動ブリッジ出力のもう 1 つの利点は、負荷の両端に正味 DC 電圧が掛からないことです。これを実現するため、電源電圧の中間電位でチャネル A とチャネル B の出力端子にバイアスを掛けています。これにより、単一電源のシングルエンド・アンプでは必要なカップリング・コンデンサが要りません。シングルエンド構成では、出力カップリング・コンデンサがないと、電源電圧の半分は電圧がバイアスとして負荷の両端に掛かります。そうすると、IC 内部での消費電力が増えるばかりか、場合によってはスピーカなどの負荷が完全に壊れてしまうことがあります。

### 消費電力

消費電力は、正しく作動するシングルエンド・アンプやブリッジ・アンプを設計するときの大きな問題の 1 つです。シングルエンド・アンプの場合は、電源電圧と出力負荷の値がわかっているれば、式 (2) で最大消費電力点が求められます。

$$P_{D\text{MAX}} = (V_{DD})^2 / (2\pi^2 R_L) \quad \text{シングルエンド} \quad (2)$$

## アプリケーション情報 (つづき)

しかし、条件が同じ場合、負荷に供給される電力はブリッジ・アンプのほうが大きくなるため、内部消費電力もブリッジ・アンプのほうが高くなります。

LM4836 にはチャンネル 1 本につき 2 つのオペアンプがあります。ブリッジ・モードで動作しているチャンネル 1 本あたりの最大内部消費電力はシングルエンド・アンプの 4 倍です。式 (3) で、電源電圧を 5V とし、負荷を 4Ω とすると、チャンネル 1 本あたりの最大消費電力は 1.27W、すなわちステレオ動作では 2.54W になります。

$$P_{\text{DMAX}} = 4 * (V_{\text{DD}})^2 / (2\pi^2 R_L) \quad \text{ブリッジ・モード} \quad (3)$$

LM4836 の消費電力は、シングルエンド・モード動作時は式 (2) の 2 倍、ブリッジ・モード動作時は式 (3) の 2 倍になります。式 (3) で与えられる最大消費電力点を 2 倍した数値が、式 (4) で与えられる消費電力を超えてはなりません。

$$P_{\text{DMAX}} \leq (T_{\text{JMAX}} - T_A) / \theta_{\text{JA}} \quad (4)$$

LM4836 の  $T_{\text{JMAX}}$  は 150°C です。LQ パッケージでは、PCB 上に設けた 5 平方インチの銅箔領域を持つ DAP 実装用パッドにハンダ付けする場合、LM4836 の  $\theta_{\text{JA}}$  は 20°C/W です。MTE パッケージでは、PCB 上に設けた 2 平方インチの銅箔領域を持つ DAP 実装用パッドにハンダ付けする場合、LM4836 の  $\theta_{\text{JA}}$  は 41°C/W です。任意の周囲温度  $T_A$  のとき各パッケージで許容できる最大内部消費電力を計算するには式 (4) を使用してください。式 (4) を変形し、 $P_{\text{DMAX}}$  を  $P_{\text{DMAX}}'$  に代入すると、式 (5) が導かれます。この式から、LM4836 の最大接合部温度を超えることなく最大ステレオ消費電力を許容できる最大周囲温度がわかります。

$$T_A = T_{\text{JMAX}} - 2 * P_{\text{DMAX}} \theta_{\text{JA}} \quad (5)$$

電源電圧を 5V とし、負荷を 4Ω とする通常のアプリケーションでは、最大接合部温度を超えることなく最大ステレオ消費電力を許容できる最大周囲温度は、LQ パッケージでは約 99°C、MTE パッケージでは約 45°C です。

$$T_{\text{JMAX}} = P_{\text{DMAX}} \theta_{\text{JA}} + T_A \quad (6)$$

式 (6) からは最大接合部温度  $T_{\text{JMAX}}$  が求められます。この計算結果が LM4836 の最大接合部温度 150°C を超える場合は、電源電圧を下げるか負荷抵抗を増やして、最大接合部温度を下げてください。周囲温度が高い場合は、さらに余裕を持たせたほうが良いでしょう。

以上の各例は、表面実装部品を最大消費電力点の前後で動作させる場合を想定しています。内部消費電力は出力電力の値によって違って来るため、出力電力がデューティ・サイクルを下げれば、より高い周囲温度も許容できます。

IC 全体での消費電力が最大許容消費電力を上回る場合は、電源電圧を下げるか負荷インピーダンスを上げるか周囲温度を下げてください。この方策を採っても足りないときは、ヒートシンクを使用して  $\theta_{\text{JA}}$  を下げることができます。パッケージ周囲に余分に銅箔領域を設け、そこにグラウンド端子、電源端子、アンプ出力端子をつなぐと、その銅箔領域がヒートシンクとして働きます。ほ

かに、Thermalloy 製の 7106D など、ハンダ付け型 SMT ヒートシンクを外側に取り付けた場合も消費電力が改善できます。ヒートシンクを取り付けると、 $\theta_{\text{JA}}$  は  $\theta_{\text{JC}}$ 、 $\theta_{\text{CS}}$ 、 $\theta_{\text{SA}}$  を加算した値になります。 $\theta_{\text{JC}}$  は接合部 - ケース間の熱インピーダンス、 $\theta_{\text{CS}}$  はケース - ヒートシンク間の熱インピーダンス、 $\theta_{\text{SA}}$  はヒートシンク - 大気間の熱インピーダンスです。出力電力が低いときの消費電力については、「代表的な性能特性」の各グラフを参照してください。

## 電源のバイパス処理

パワーアンプ全般に言えることですが、ノイズを減らし、電源電圧変動除去能力を高めるには、電源を正しくバイパスすることが重要です。5V レギュレータを使用する回路では、通常 10μF と 0.1μF のコンデンサを 1 個ずつ並列に接続して作った電源フィルタを使用して、レギュレータ出力を安定させ、給電線に乗るノイズを減らし、電源の過渡応答を改善します。ただし、それだけでは不十分です。やはり、LM4836 の電源端子とグラウンドとの間を 1.0μF のタンタル・コンデンサで個別にバイパスする必要もあります。タンタル・コンデンサの代わりにセラミック・コンデンサを使用してはなりません。出力信号が発振するおそれがあるからです。LM4836 の電源端子とグラウンドとの間に接続するコンデンサのリード線も配線パターンも極力短くしてください。Bypass 端子とグラウンドとの間に 1μF のコンデンサ  $C_B$  を接続すると、内部バイス電圧の安定度が増し、アンプの PSRR が改善されます。Bypass 端子に接続するコンデンサの容量を大きくするほど、PSRR が改善される度合いも大きくなります。ただし、大きくしすぎると、ターンオン時間が延び、アンプのクリック & ポップ除去性能が劣化することがあります。特に  $C_B$  に代表されるバイパス・コンデンサの値をどの程度に設定すればよいかは、PSRR に対する要求レベル、クリック & ポップ除去性能、システムのコスト、寸法に対する制約などで決まります。クリック & ポップ除去性能については「外付け部品の選定」の項で述べます。

## 外付け部品の選定

LM4836 の性能を最大に引き出すには、外付け部品を正しく選ぶ必要があります。外付け部品の公差が広くても LM4836 は正常に作動しますが、最良の性能を得るには部品の値を正しく設定しなければなりません。

LM4836 はユニティ・ゲインでも安定して動作するため、設計の自由度はかなり高くなっています。利得は、必要以上に高い値には設定しないでください。そうすれば、アンプの THD + N が最小になり、信号対ノイズ比が最大になります。こうした要素は閉ループ利得が高くなるほど劣化します。そうかと言って利得を低く設定すると、入力信号の電圧の振幅を大きくしない限り最大出力電力が得られません。幸運にも、オーディオ・コーデックをはじめとする多くの信号源は、1V<sub>RMS</sub> (2.83V<sub>p-p</sub>) の信号が出力できます。利得の正しい設定方法の詳細については、「オーディオ・パワーアンプの設計」の項を参照してください。

## 入力コンデンサの値の選定

可聴周波数範囲の最も低い周波数を増幅するには、大きな容量を持つ入力カップリング・コンデンサ (Figure 1 の 0.33μF) が必要です。大容量コンデンサは高価であり、携帯機器の空間効率を損なうおそれがあります。しかし、携帯機器に使用されるようなスピーカは多くの場合、内蔵であるか外付けであるかに関係なく、150Hz よりも低い信号を再生する能力はおほとんどありません。このように周波数応答に限界があるスピーカを使用する場合、大きな容量の入力コンデンサを使用してもシステム性能に改善はほとんど見込めません。

## アプリケーション情報 (つづき)

入力カップリング・コンデンサは、システムのコストと寸法に影響するだけでなく、LM4836 のクリック & ポップ除去性能にも関係します。電源電圧を初めて印加する場合は、入力コンデンサに蓄えられる電荷がゼロから待機状態まで変化するとき過渡電流 (ポップ) が発生します。このポップの大きさは入力コンデンサの容量に正比例します。一定の電流値で充電する場合、コンデンサの容量が大きいほど、待機 DC 電圧 (通常は  $V_{DD}/2$ ) に達するまでの時間が長くなります。アンプの出力信号が帰還抵抗  $R_f$  を通って入力コンデンサを充電します。したがって、ポップを極力小さくするには、このコンデンサの容量を所望の 3dB 減衰周波数を満足する値より大きくしないようにします。

Figure 1 に示した入力抵抗 (20kΩ) と入力コンデンサで構成されるハイパス・フィルタの 3dB 減衰遮断周波数は、式 (7) で計算できます。

$$f_{-3\text{dB}} = \frac{1}{2\pi R_{IN} C_I} \quad (7)$$

周波数帯域の下限が 150Hz のスピーカを使用する場合の入力カップリング・コンデンサは、式 (7) から  $0.063\mu\text{F}$  と求められます。Figure 1 では入力カップリング・コンデンサは  $0.33\mu\text{F}$  となっていますが、これは周波数特性が 30Hz まで延びている高効率フル・レンジ・スピーカを LM4836 で駆動する場合を考慮したものです。

### クリック & ポップ除去性能の最適化

LM4836 には、ターンオン時およびシャットダウン時の過渡電流、すなわちクリック & ポップを最小限に抑える回路が内蔵されています。ここでは、電源電圧を投入することも、シャットダウン・モードを解除することも、どちらも「ターンオン」と呼ぶことにします。電源電圧がその最終的な値まで徐々に上昇している間、LM4836 に内蔵されている各アンプはユニティ・ゲイン・バッファとして働きます。内蔵されている電流源の 1 つによって、Bypass 端子の電圧が制御され直線的に変化していきます。理論上は、入出力とも、Bypass 端子の電圧に追随します。内蔵されている各アンプの利得は、Bypass 端子の電圧が  $V_{DD}$  の 1/2 に達するまでユニティのまま変わりません。Bypass 端子の電圧が安定するとすぐに完全動作状態になります。Bypass 端子の電流を変えることはできませんが、 $C_B$  の容量を変えるとターンオン時間とクリック & ポップの大きさが変わります。 $C_B$  の容量を増やすとターンオン・ポップが小さくなります。ただし、 $C_B$  の容量を増やすほどターンオン時間が長くなるため、どこかで折り合いを付けなければなりません。 $C_B$  の大きさとターンオン時間の長さとの間には、正比例の関係があります。下に、さまざまな  $C_B$  の値に対する代表的なターンオン時間をいくつか示します。

| $C_B$             | $T_{ON}$ |
|-------------------|----------|
| $0.01\mu\text{F}$ | 2ms      |
| $0.1\mu\text{F}$  | 20ms     |
| $0.22\mu\text{F}$ | 44ms     |
| $0.47\mu\text{F}$ | 94ms     |
| $1.0\mu\text{F}$  | 200ms    |

“クリック & ポップ” を除去するには、ターンオン前にすべてのコンデンサを放電させなければなりません。 $V_{DD}$  をあまり急速に切り替えると、コンデンサが十分に放電できず、その結果クリック & ポップが発生することがあります。シングルエンド構成での出力は、 $C_{OUT}$  を介して負荷に結合されています。このコンデンサは、通常大きな容量を持っています。 $C_{OUT}$  は、内部の  $20\text{k}\Omega$  を介して放電され、 $C_{OUT}$  の容量に比例して、この放電時定数は長くなり

ます。シングルエンド・モードでのトランジェントを減少させるためには、内部抵抗  $20\text{k}\Omega$  と並列に  $1 \sim 5\text{k}\Omega$  の外部抵抗を接続します。しかし、この抵抗を使用することにより、自己消費電流は増加します。

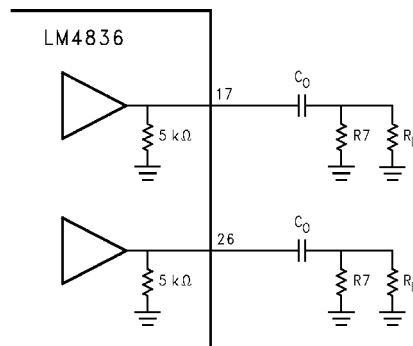


FIGURE 2. Resistor for Varying Output Loads

### ドッキング・ステーション・インターフェース

ノートブック・パソコンなどでは、ドッキング・ステーションを利用することにより、ライン・レベルの信号を送受信するモニタやオーディオ / ビジュアル装置など外部機器に接続することができます。LM4836 には端子 9 および 13 (TSSOP パッケージ) という 2 つの出力端子が付いています。この端子は、ボリューム制御部の入力端を駆動する内蔵入力アンプの出力端に接続されています。この入力アンプは、 $1\text{k}\Omega$  を超える負荷 (アンプ内蔵スピーカなど) をフルシング信号で駆動することができます。Right Dock、Left Dock の両端子に現れる出力信号は  $V_{DD}/2$  でバイアスが掛かっているため、負荷と直列にカップリング・コンデンサを接続する必要があります。このカップリング・コンデンサの標準的な値は  $0.33\mu\text{F} \sim 1.0\mu\text{F}$  です。有極コンデンサをカップリング用に使用する場合は、その+端子を出力端子側に接続してください。

この Dock 出力回路は内蔵ボリューム制御回路の前段に置かれています。そのため Dock 出力信号の振幅は、内蔵ボリューム制御部の入力信号の大きさと等しくなり、調整することはできません。ただし、入力アンプの閉ループ利得は、外付け抵抗を使用して調節できます。これらの抵抗は Figure 2 では  $20\text{k}\Omega$  となっています。この抵抗により各入力アンプの利得が  $-1$  に設定されています。式 (8) を使用して所望の利得が得られるよう入力抵抗と帰還抵抗との値を求めます。

$$-A_v = R_f / R_i \quad (8)$$

入力アンプの利得を調節すると当該チャンネルの最小利得が設定されます。Dock 出力回路が設けられていることにより、ライン・レベルの出力信号を取り出すときでも、ブリッジ構成にされた各出力アンプの反転出力信号を使わずに済むため、回路構成や機能性の自由度が高くなっています。

### ステレオ入力選択機能 (ステレオ・マルチプレクサ)

LM4836 にはステレオ入力端子が 2 組あります。どちらのステレオ入力を有効にするかは Mux Control 端子で制御します。Mux Control 端子に  $0\text{V}$  を印加するとステレオ入力 1 が選ばれます。Mux Control 端子に  $V_{DD}$  を印加するとステレオ入力 2 が選ばれます。

## アプリケーション情報 (つづき)

### ビープ検出機能

パソコンではシステム・ビープ信号を生成して小形スピーカを鳴らします。ビープ音の目的は、ユーザの注意を惹いたり入力促したりすることにあります。こうしたシステム警告信号に対応できるよう、LM4836 では、ビープ信号を入力するモノラル入力端子を端子 11 (TSSOP パッケージ) に設けてあります。この入力部に内蔵されているレベル検出回路でビープ信号の大きさを監視します。 $V_{DD}/2$  よりも大きな信号レベルが端子 11 (TSSOP パッケージ) に検出されると、ブリッジ出力アンプが作動します。すると、ビープ信号が増幅され、出力アンプに接続されている負荷に印加されます。ミュート状態になっていても、適正レベルのビープ信号が負荷に印加されます。ビープ信号の大きさを変えたいときは、Beep In 端子とステレオ入力端子との間に接続する各入力抵抗の値を変えてください。これらの抵抗は Figure 2 では 200k $\Omega$  となっています。ビープ信号の利得を下げるときは、それより高い値の抵抗を使用します。この抵抗がないと、ビープ信号はステレオ入力端子に入力されません。Beep In 端子はビープ信号の大きさを検出するためだけに使用されます。Beep In 端子に入力された信号は出力アンプには送られません。LM4836 のシャットダウン・モードは、システム警告信号を Beep In 端子に印加する前に解除しなければなりません。

### マイクロパワー・シャットダウン

Shutdown 端子に印加する電圧で LM4836 のシャットダウン機能を制御します。Shutdown 端子に  $V_{DD}$  を印加すると、マイクロ

ワー・シャットダウン機能が働きます。LM4836 のマイクロパワー・シャットダウン機能が有効になると、アンプのバイアス回路がオフになり、電源電流が小さくなります。同制御信号の論理スレッシュホールドは、通常  $V_{DD}/2$  です。シャットダウン電流を 0.7 $\mu$ A (代表値) と低い値にするには、できるだけ  $V_{DD}$  に近い値を Shutdown 端子に印加します。印加する電圧が  $V_{DD}$  より低いと、シャットダウン電流が増えることがあります。Table 1 に、マイクロパワー・シャットダウン機能とヘッドフォン・アンプの動作とを切り替えるときの論理信号レベルを示します。

マイクロパワー・シャットダウン機能を制御する方法はいくつかあります。例えば、単極単投 (single-pole-single-throw, SPST) スイッチ、マイクロプロセッサ、またはマイクロコントローラを使用する方法などです。スイッチを使用するときは、Shutdown 端子と  $V_{DD}$  との間に 10k $\Omega$  のプルアップ抵抗を 1 個外付けしてください。スイッチは、Shutdown 端子とグラウンドとの間に接続します。このスイッチを閉じるとアンプは通常どおりの動作をします。スイッチを開くと、プルアップ抵抗を通じて Shutdown 端子と  $V_{DD}$  がつながり、マイクロパワー・シャットダウン機能が働きます。スイッチと抵抗が、Shutdown 端子がフローティング状態になることを防いでいます。これにより、状態が不必要に変化するのを防ぐことができます。マイクロプロセッサやマイクロコントローラを搭載している装置では、デジタル出力を使用して Shutdown 端子に制御電圧を印加します。アクティブ回路で Shutdown 端子を駆動する場合、プルアップ抵抗は要りません。

TABLE 1. Logic Level Truth Table for SHUTDOWN, HP-IN, and MUX Operation

| SHUTDOWN PIN | HP-IN PIN  | MUX CHANNEL SELECT PIN | OPERATIONAL MODE (MUX INPUT CHANNEL #) |
|--------------|------------|------------------------|----------------------------------------|
| Logic Low    | Logic Low  | Logic Low              | Bridged Amplifiers (1)                 |
| Logic Low    | Logic Low  | Logic High             | Bridged Amplifiers (2)                 |
| Logic Low    | Logic High | Logic Low              | Single-Ended Amplifiers (1)            |
| Logic Low    | Logic High | Logic High             | Single-Ended Amplifiers (2)            |
| Logic High   | X          | X                      | Micro-Power Shutdown                   |

### ミュート機能

Mute 端子 (TSSOP パッケージでは端子 5) に  $V_{DD}$  を印加すると、LM4836 のアンプ出力も Dock 出力もミュート状態になります。ただし、LM4836 はミュート状態にあっても、ビープ検出回路を作動させる条件にかなう大きさのシステム警告 (ビープ) 信号であれば増幅します。Mute 端子に 0V を印加すると、LM4836 は、ミュートされていない通常の動作に戻ります。Mute 端子は  $V_{DD}$  がグラウンドに接続して、予期しないミュート状態になるのを防いでください。端子 5 (TSSOP パッケージ) はフローティング状態のままにはしないでください。

### ヘッドフォン感知機能

LM4836 の HP Sense 端子に 4V ~  $V_{DD}$  の電圧を印加すると、Amp2A と Amp2B がオフになり、ブリッジ接続された負荷がミュートされます。このようなシングルエンド・モードになると待機時消費電流が減ります。

Figure 3 に LM4836 でヘッドフォン制御機構を具体化した例を示します。ヘッドフォン・ジャックにヘッドフォンが接続されていないときは、R1、R2 から成る分圧器により、HP Sense 端子 (TSSOP パッケージでは端子 21) に印加される電圧が約 50mV に設定されます。この 50mV によって Amp1B と Amp2B が有効になり、LM4836 はブリッジ・モードで作動します。アンプ出力は電源電圧の半分の電圧でオフセットされていますが、出力カップリング・

コンデンサによって DC 成分が阻止されます。これにより、ヘッドフォンを保護します。

HP Sense 端子に入力する制御信号のスレッシュホールドは 4V に設定されています。LM4836 がブリッジ・モードで作動している間、負荷の両端に生ずる DC 電位は基本的に 0V です。したがって、非現実的な状況であっても、出力スイングによってシングルエンド式のトリガが掛かることはありません。ヘッドフォン・ジャックにヘッドフォンを接続すると、— OUTA からヘッドフォン・ジャックの接点端子が外れ、R1 を通じて HP Sense 端子が  $V_{DD}$  にプルアップされます。これによって、ヘッドフォン機能が働き、Amp2A と Amp2B がオフになり、ブリッジ接続されているスピーカがミュートされます。このときアンプはヘッドフォンを駆動していますが、アンプから見えるインピーダンスは、ヘッドフォン自体のインピーダンスと抵抗 R2 および R3 を並列に接続した値です。ヘッドフォンのインピーダンスは通常 32 $\Omega$  なので、これらの抵抗器があっても、LM4836 の出力駆動能力に影響はほとんどありません。

Figure 3 には、ヘッドフォン・ジャックの電氣的接続として推奨される構成も示してあります。このジャックは 3 線式プラグが挿し込めるようにできています。プラグのチップとリングはそれぞれステレオ出力信号の左右片方ずつに使用し、スリーブはグラウンド・リターンに使用します。ヘッドフォン・ジャックは、ヘッドフォンを接続しているときは、制御用の端子接点が 1 つあれば、HP Sense 端子を十分に駆動できます。

## アプリケーション情報 (つづき)

マイクロプロセッサまたはスイッチをヘッドホン・ジャックの接点端子の代わりに使用できます。マイクロプロセッサまたはスイッチで 4V より高い電圧を HP Sense 端子に印加すると、ブリッジ接続されたスピーカがミュート状態になり、Amp1A と Amp2A でヘッドホンが駆動されます。

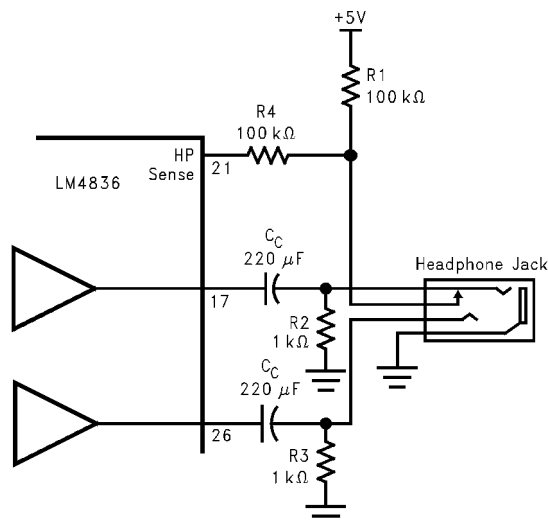


FIGURE 3. Headphone Sensing Circuit

## 低音ブースト機能

LM4836 には、小形スピーカの低周波応答特性を改善する低音ブースト機能があります。Bass Boost Select 端子に印加する電圧で低音ブースト機能を制御します。同端子に GND 電位を印加すると低音ブースト・モードに入ります。低音ブースト・モードになると、低周波領域での LM4836 の利得が上がります。そのコーナー周波数については  $C_{BASS}$  で設定します。同端子に  $V_{DD}$  を印加すると低音ブースト・モードがオフになり、ユニティ・ゲインが選ばれます。Bass Boost Select 端子を  $V_{DD}$  に接続したままにすると、低音ブースト機能は働きません。

低音ブースト機能を有効にすると、各出力アンプは、2 に設定されている低周波利得で作動します (ブリッジ・モードのときの利得は 4)。Figure 1 に示したコンデンサ  $C_{BASS}$  で低音ブーストのコーナー周波数を設定します。低周波領域では、このコンデンサは実質的にオープン回路になるため、帰還抵抗は 2 個の 10kΩ 抵抗で構成されることになります。高周波領域では、このコンデンサは実質的にショート回路になるため、この 2 個の 10kΩ 帰還抵抗のうち 1 個がショートされます。つまり、低周波領域ではブリッジ・アンプの利得が上がる結果となります。次の式で計算されるコーナー周波数のところに 1 次ポールができます。

$$f_C = 1/(2\pi 10k\Omega C_{BASS}) \quad (9)$$

$f_C$  よりもかなり低い周波数領域でのこのブリッジ・アンプの差動利得は次のように求まります。

$$2(10k\Omega + 10k\Omega)/10k\Omega = 4 \quad (10)$$

$C_{BASS} = 0.1\mu F$  とすると、1 次ポールのコーナー周波数は 160Hz になります。式 (9) を用いるときは、「**外付け部品の選定**」の項で述べたとおり、 $C_O$ 、 $C_P$ 、 $f_{IC}$ 、 $f_{OC}$  の各値が、所望の低周波応答を満足していることが前提条件となります。 $C_{BASS}$  の値をい

ろ変えたときの低音ブースト特性のグラフについては、「**代表的な性能特性**」の項を参照してください。

## DC ボリューム制御

LM4836 は、DC Vol Control 端子に印加する DC 電圧で設定できるステレオ・ボリューム制御回路を 1 つ内蔵しています。このボリューム制御回路の電圧入力範囲は  $0V \sim V_{DD}$  です。ボリュームの範囲は 0dB (DC 制御電圧 =  $V_{DD}$  の 80%) ～ 80dB (DC 制御電圧 =  $0V$ ) です。DC 制御電圧を  $V_{DD}$  の 80% より高くしてもボリュームは 0dB のまま変わりません。Mode 端子に  $0V$  を印加すると、LM4836 はユニティ・ゲイン動作となり、ボリューム制御部は迂回されます。ボリュームと DC 制御電圧との標準的な関係を描いたグラフを「**代表的な性能特性**」の項に示しました。

ボリューム制御装置全般に言えることですが、LM4836 に内蔵されているボリューム制御機構も、設定をするときは、外部スピーカに入力されている増幅信号を聞きながら行います。DC Vol Control 端子に印加される実際の電圧は、聴取者の望むボリュームに相当する値になります。つまり、このボリューム制御機構は、人間の耳と好みを含む 1 つの帰還システムの中で使用することを前提に設計されているのです。この帰還システムは、利得を正確に設定しなくても十分に機能します。聴取者は自分の耳で判断してボリュームを好みのレベルにセットするのであり、実際に印加される DC 電圧を読んでボリュームを設定するではありません。したがって、ボリューム制御の精度は重要ではありません。必要なことは、ボリュームがなめらかに変化していくこと、ステレオの左右のボリュームが均等に变化していくこと、大きくなりすぎず小さくなりすぎない好みのボリュームが実現できるだけの細かいきざみ幅で設定できることです。利得の精度は重要ではないので、同じ DC 制御電圧を印加したときのボリュームは部品によってばらつきがあります。2 つの LM4836 を同じ利得に設定しようとする場合、外部から入力する制御電圧が同じになるとは限りません。制御電圧を一定としたときの部品間のばらつきは 8dB に及ぶ可能性があります。

## オーディオ・パワーアンプの設計

## オーディオアンプの設計：1W で 8Ω 負荷を駆動する

必要な動作パラメータを以下に示します。

|            |                           |
|------------|---------------------------|
| 出力電力：      | 1W <sub>RMS</sub>         |
| 負荷インピーダンス： | 8Ω                        |
| 入力レベル：     | 1V <sub>RMS</sub>         |
| 入力インピーダンス： | 20kΩ                      |
| 帯域幅：       | 100 Hz – 20 kHz ± 0.25 dB |

まず、所望の出力電力を得るのに必要な最小電源電圧を決めます。最小電源電圧を決める方法の 1 つは「**代表的な性能特性**」の項に示した「Output Power vs Supply Voltage」のグラフを使用する方法です。もう 1 つは式 (11) を使用する方法です。これは、負荷インピーダンスの値がわかっているときに、ピーク出力電圧をいくつに設定すれば目的の出力電力が得られるかを計算する方法です。アンプのドロップアウト電圧を考慮するため、「**代表的な性能特性**」の項に示した「Dropout Voltage vs Supply Voltage」のグラフから求めた 2 つの電圧値を式 (11) の計算結果に加算する必要があります。すると式 (12) ができます。

$$V_{outpeak} = \sqrt{(2R_L P_O)} \quad (11)$$

$$V_{DD} \geq (V_{OUTPEAK} + (V_{ODTOP} + V_{ODBOT})) \quad (12)$$

## アプリケーション情報 (つづき)

負荷が  $8\Omega$  のときの「Output Power vs Supply Voltage」のグラフを見ると、最小電源電圧が  $4.6V$  であればよいことがわかります。この電圧値であれば、広く使用されている  $5V$  電源で十分に間に合います。電源電圧に余裕があるためヘッドルームが十分に確保され、クリッピングなどの音声歪みを発生することなく  $1W$  を超えるピーク出力電力が得られます。また、電源電圧を選択するときは、先の「消費電力」の項で述べたように、最大消費電力を超えない値にする必要もあります。

LM4836 の消費電力に関する諸要件が満足できたら、式 (13) を用いて、 $8\Omega$  負荷に  $1W$  を出力するとき必要な最小差動利得を求めます。

$$A_{VD} \geq \sqrt{(P_O R_L)} / (V_{IN}) = V_{ORMS} / V_{INRMS} \quad (13)$$

例えば最小利得を  $2.83$  にすると、LM4836 では出力をフルスイングまで振ることができ、ノイズも  $THD + N$  も低く保つことができます。この例では  $A_{VD} = 3$  にしてください。

アンプ全体の利得については入力抵抗  $R_i$  と帰還抵抗  $R_f$  で設定します。入力インピーダンスを仕様値である  $20k\Omega$  に設定して式 (14) を計算すると、帰還抵抗の値が求められます。

$$R_f / R_i = A_{VD} / 2 \quad (14)$$

$R_f$  は  $30k\Omega$  になります。

この設計例での最後の手順はアンプの  $3dB$  減衰周波数を設定することです。通過域での振幅変動幅の仕様値を  $\pm 0.25dB$  としているので、それを達成するには、最低でも帯域幅の下限周波数の  $5$  分の  $1$  の周波数から上限周波数の  $5$  倍の周波数までは周波数応答特性が延びていなければなりません。応答帯域両端での利得のばらつきは  $0.17dB$  ですから、 $\pm 0.25dB$  という仕様値を十分満足しています。下限周波数は次のように計算されます。

$$f_L = 100Hz / 5 = 20Hz \quad (15)$$

上限周波数は次のように計算されます。

$$f_H = 20kHz \times 5 = 100kHz \quad (16)$$

「外付け部品の選定」の項で述べたとおり、 $R_i$  と  $C_i$  により、アンプ帯域幅の下限周波数を決めるハイパス・フィルタが形成されます。入力カップリング・コンデンサの値は式 (17) で求めてください。

$$C_i \geq 1 / (2\pi R_i f_L) \quad (17)$$

実際の値を代入して計算すると次のようになります。

$$1 / (2\pi * 20k\Omega * 20Hz) = 0.397\mu F \quad (18)$$

標準系列の中で最も近い値である  $0.39\mu F$  を使用してください。

所望の高域カットオフ周波数 (この例では  $100kHz$ ) と差動利得  $A_{VD}$  との積により、どの程度高い周波数まで応答できるかが決まります。 $A_{VD} = 3$ 、 $f_H = 100kHz$  とすると、閉ループ利得の利得帯域幅積 (GBWP) は  $300kHz$  です。これは、LM4836 の GBWP である  $3.5MHz$  よりも低い値です。これだけ余裕があれば、もっと高い差動利得が必要な回路に使用することもでき、そのうえ、帯域幅の制約もゆるいためさらに性能向上が期待できます。

## プリント回路基板の推奨レイアウト

Figure 4 ~ 8 に、8 端子 LQ パッケージ版の LM4836 と関連外付け部品について最適化した 4 層 PC 基板の推奨レイアウト例を示します。この回路は、1 台の外部  $5V$  電源といくつかの  $4\Omega$  スピーカを組み合わせ使用する設計になっています。

この回路基板を使用するのは簡単です。 $5V$  電源を  $V_{DD}$  パッドに接続し、グラウンドを  $GND$  パッドに接続して、基板の  $-OUTA$ 、 $+OUTA$  パッド間、および  $-OUTB$ 、 $+OUTB$  パッド間にそれぞれ  $4\Omega$  スピーカを接続するだけです。



## アプリケーション情報 (つづき)

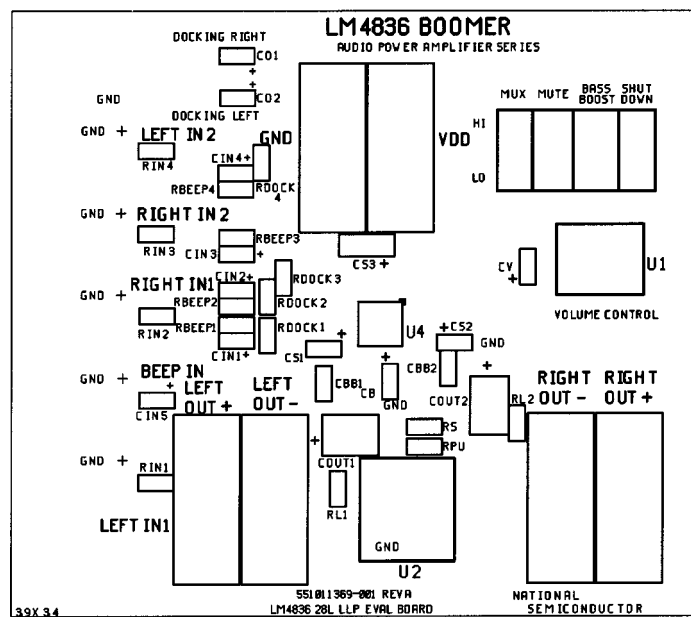


Figure 4. Recommended LQ PC Board Layout:  
Component-Side Silkscreen

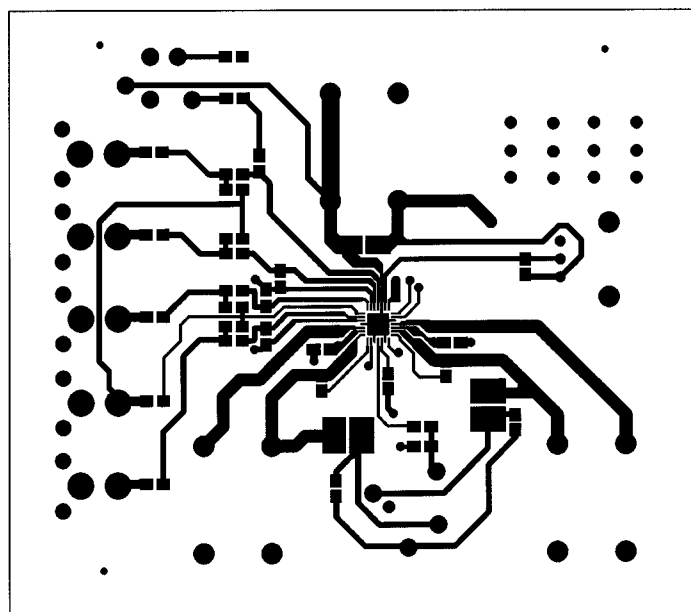


Figure 5. Recommended LQ PC Board Layout:  
Component-Side Layout

## アプリケーション情報 (つづき)

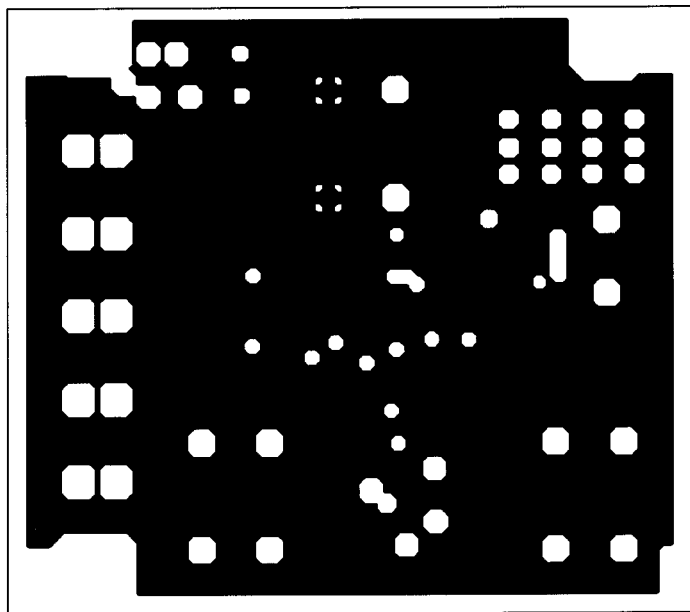


Figure 6. Recommended LQ PC Board Layout:  
Upper Inner-Layer Layout

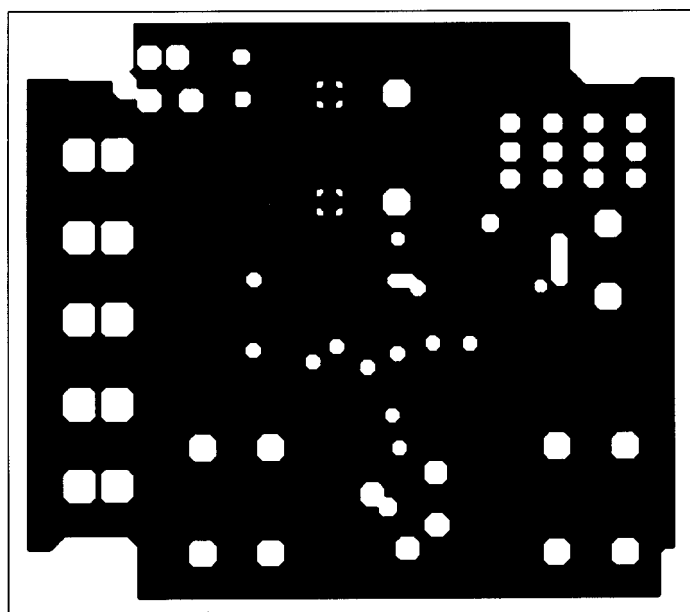


Figure 7. Recommended LQ PC Board Layout:  
Lower Inner-Layer Layout

## アプリケーション情報 (つづき)

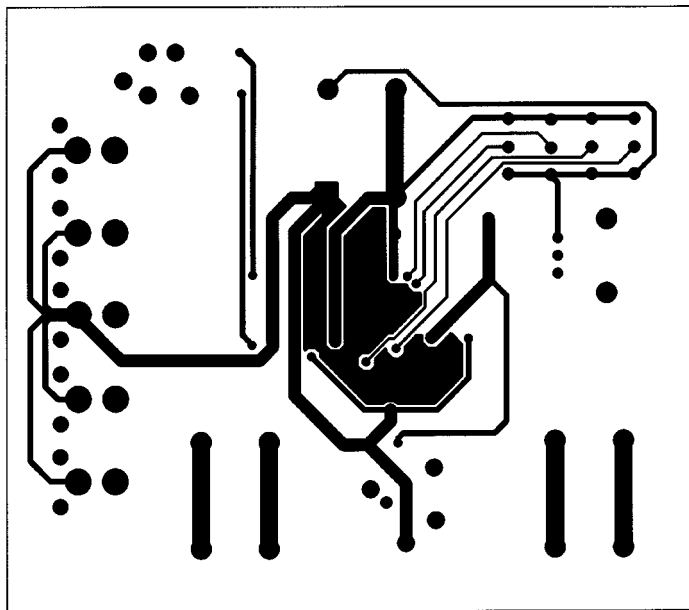
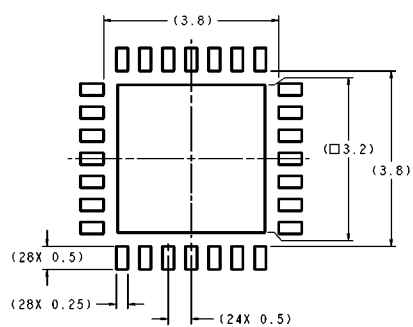
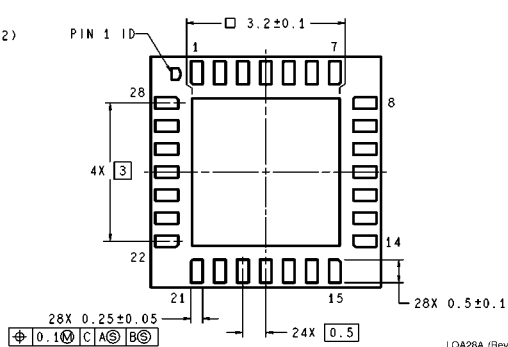
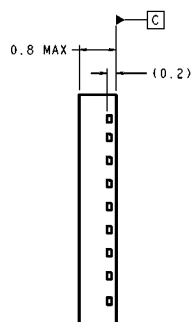
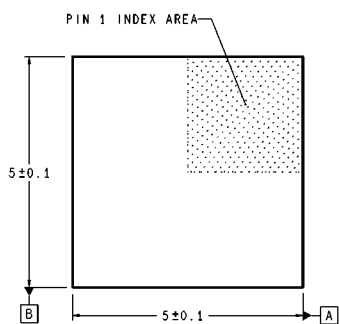


Figure 8. Recommended LQ PC Board Layout:  
Bottom-Side Layout

## 外形寸法図 単位は millimeters



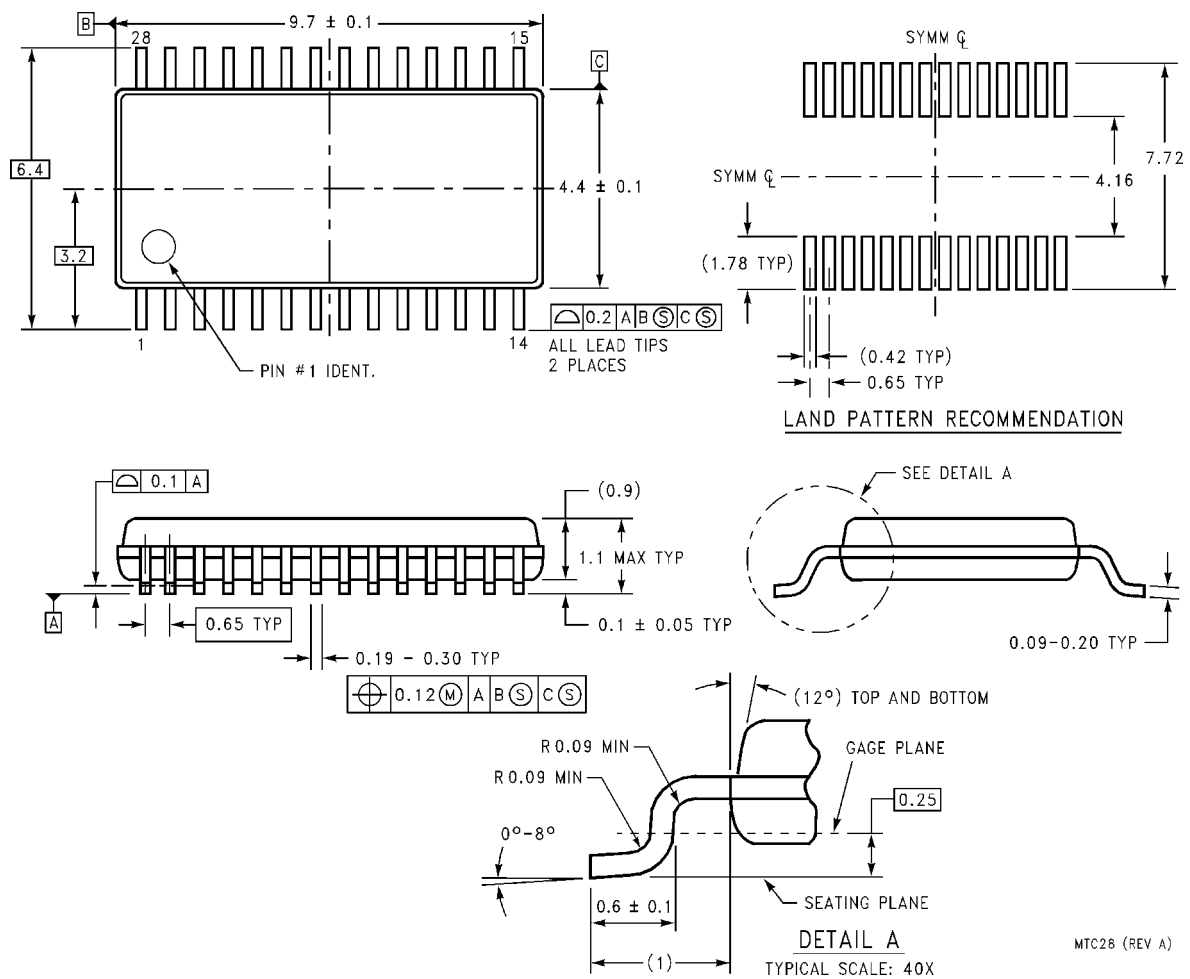
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

RECOMMENDED LAND PATTERN  
1:1 RATION WITH PKG SOLDER PADS

LQA28A (Rev A)

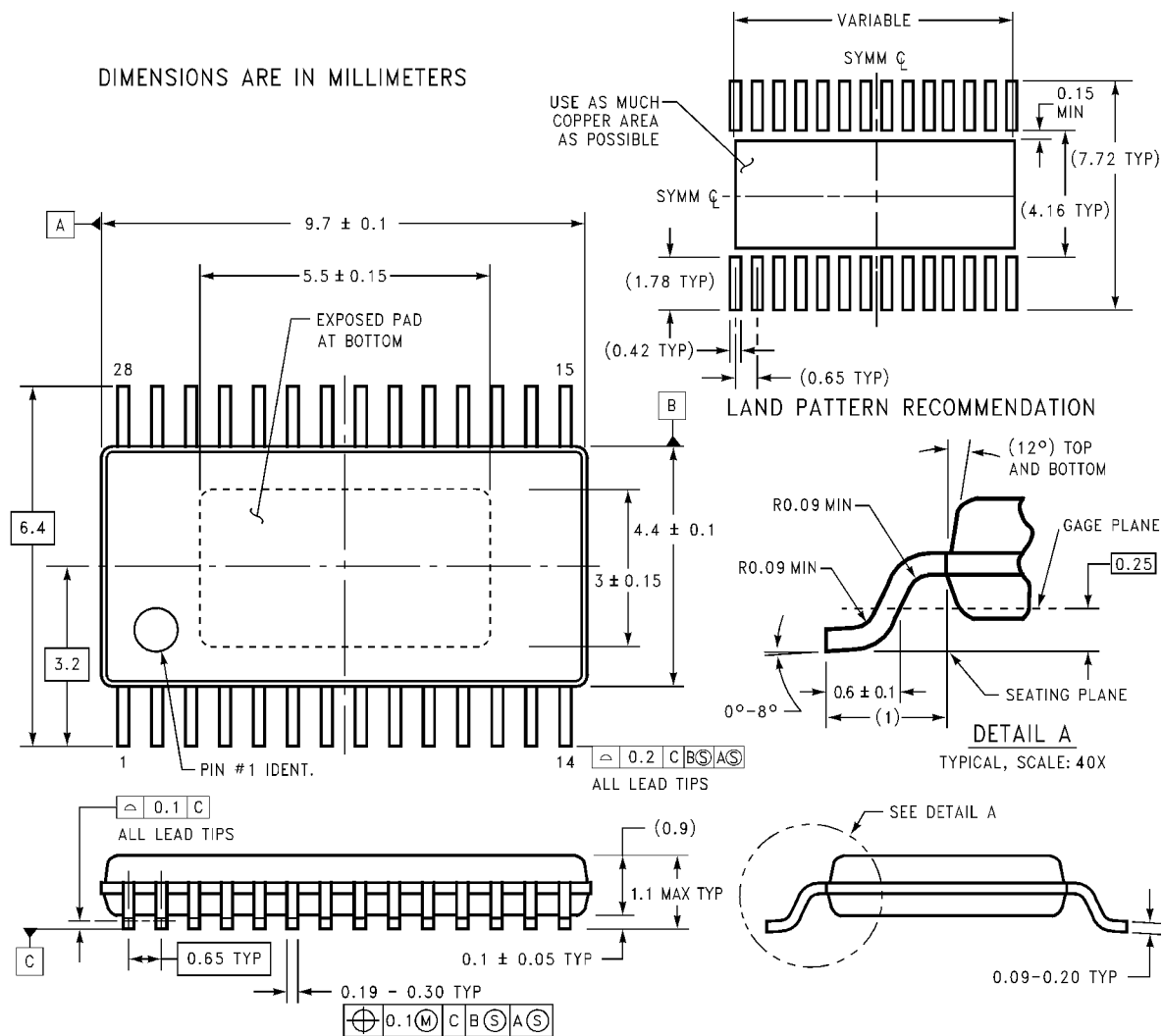
LLP Package  
Order Number LM4836LQ  
NS Package Number LQA028A for Exposed-DAP LLP

# 外形寸法図 特記のない限り inches(millimeters) (つづき)



**TSSOP Package**  
**Order Number LM4836MT**  
**NS Package Number MTC28 for TSSOP**

## 外形寸法図 単位は millimeters (つづき)



**Exposed-DAP TSSOP Package**  
**Order Number LM4836MTE**  
**NS Package Number MXA28A for Exposed-DAP TSSOP**

MXA28A (REV A)

### 生命維持装置への使用について

弊社の製品はナショナル セミコンダクター社の書面による許可なくしては、生命維持用の装置またはシステム内の重要な部品として使用することはできません。

1. 生命維持用の装置またはシステムとは (a) 体内に外科的に使用されることを意図されたもの、または (b) 生命を維持あるいは支持するものをいい、ラベルにより表示される使用法に従って適切に使用された場合に、これの不具合が使用者に身体的障害を与えると予想されるものをいいます。
2. 重要な部品とは、生命維持にかかわる装置またはシステム内のすべての部品をいい、これの不具合が生命維持用の装置またはシステムの不具合の原因となりそれらの安全性や機能に影響を及ぼすことが予想されるものをいいます。

### ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社

本社／〒 135-0042 東京都江東区木場 2-17-16 TEL.(03)5639-7300

技術資料（日本語 / 英語）はホームページより入手可能です。

<http://www.national.com/JPN/>

その他のお問い合わせはフリーダイヤルをご利用下さい。



0120-666-116

# ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated（TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます）は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取り引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定されうる危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしておりません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは是認するということを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション（例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの）に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated  
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

## 弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

### 1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

### 2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光が当たる状態で保管・輸送しないこと。

### 3. 防湿梱包

- 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。

### 4. 機械的衝撃

- 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。

### 5. 熱衝撃

- はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）

### 6. 汚染

- はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
- はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上