19-3160; Rev 7; 3/06

MAX9703/MAX9704
10Wステレオ/15Wモノラル フィルタレス、スペクトラム拡散、D級アンプ

概要

モノラル/ステレオD級オーディオパワーアンプのMAX9703/MAX9704はD級の効率でAB級のアンプ性能を備えているので、基板面積が節減され、大型ヒートシンクが不要になります。これらのデバイスはD級アーキテクチャを採用し、最大15Wを供給して、最大78%の効率を発揮します。独自の特許取得の変調/スイッチング方式によって、従来必要としたD級出力フィルタが不要になります。

MAX9703/MAX9704は次の2種類の変調方式を採用しています。固定周波数モード(FFM)と、変調周波数に起因するEMI放射を低減するスペクトラム拡散モード(SSM)です。これらのデバイスは完全差動アーキテクチャ、フルブリッジ出力、および包括的クリック/ポップノイズ抑制を採用しています。

MAX9703/MAX9704は、80dBの高PSRR、0.07%の低THD+N、および95dB以上のSN比を備えています。短絡および熱過負荷保護によって、障害状態時にデバイスを損傷から保護します。MAX9703は、32ピンTQFNパッケージ(5mm x 5mm x 0.8mm)で提供されます。MAX9704は、32ピンTQFNパッケージ(7mm x 7mm x 0.8mm)で提供されます。両デバイスは、-40℃～+85℃の拡張温度範囲での動作が保証されています。

特長

- ♦ フィルタレスD級アンプ
- ♦ ユニークなスペクトラム拡散モードは従来方式に比べ放射を5dB改善
- ♦ 効率：最大78% (R_L = 8Ω)
- ♦ 効率：最大88% (R_L = 16Ω)
- ♦ 連続出力電力：15W (8Ω負荷の場合) (MAX9703)
- ♦ 連続出力電力：2x10W (8Ω負荷の場合) (MAX9704)
- ♦ 低THD+N：0.07%
- ♦ 高PSRR：80dB (1kHz時)
- ♦ 単一電源動作：10V～25V
- ♦ 差動入力によってコモンモードノイズを最低限に抑制
- ♦ ピン選択の可変利得によって部品点数を削減
- ♦ 業界トップクラスのクリック/ポップノイズ抑制
- ♦ 低自己消費電流：24mA
- ♦ 低電力シャットダウンモード：0.2µA
- ♦ 短絡および熱過負荷保護
- ♦ 放熱効果に優れる省スペースパッケージで提供
  32ピンTQFNパッケージ
  (5mm x 5mm x 0.8mm)–MAX9703
  32ピンTQFNパッケージ
  (7mm x 7mm x 0.8mm)–MAX9704

アプリケーション

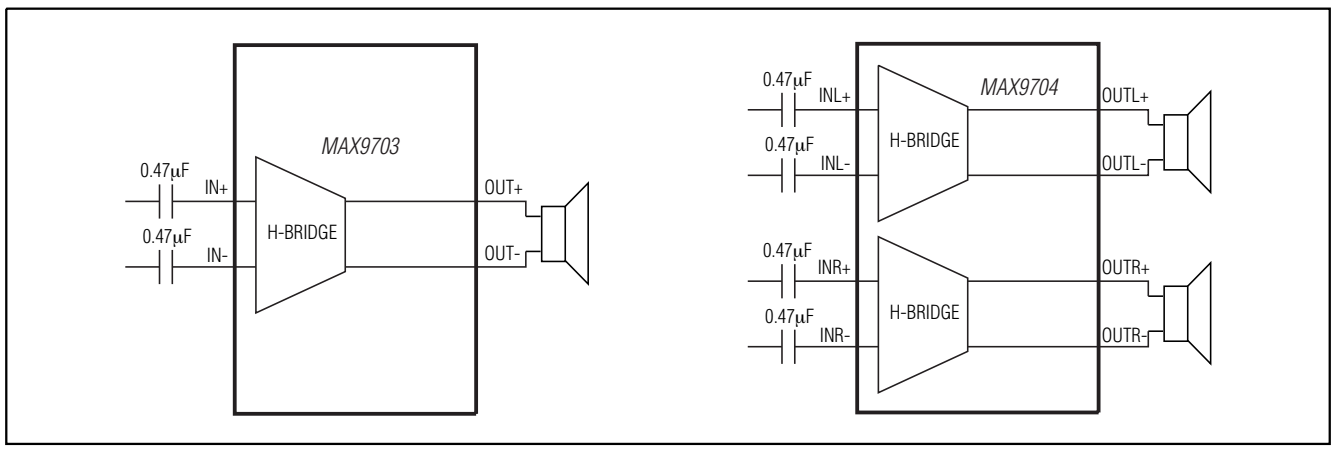
LCD TV
LCDモニタ
デスクトップPC
LCDプロジェクタ
ハンドフリー車載用電話アダプタ
車載用

型番

PART	PIN-PACKAGE	AMP	PKG CODE
MAX9703ETJ+	32 TQFN-EP*	Mono	T3255-3
MAX9704ETJ+	32 TQFN-EP*	Stereo	T3277-2

注：すべてのデバイスは-40℃～+85℃の動作温度範囲で動作。
*EP = エクスポーズドパッド
+鉛フリーパッケージを表します。

ブロック図



ピン配置はデータシートの最後に記載されています。

本データシートは日本語翻訳であり、相違及び誤りのある可能性があります。 設計の際は英語版データシートを参照してください。

価格、納期、発注情報についてはMaxim Direct (0120-551056)にお問い合わせいただくか、Maximのウェブサイト(japan.maximintegrated.com)をご覧ください。

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

(All voltages referenced to PGND.)
V_{DD} to PGND, AGND 30V
OUTR_, OUTL_, C1N.....-0.3V to (V_{DD} + 0.3V)
C1P.....(V_{DD} - 0.3V) to (CHOLD + 0.3V)
CHOLD .....(V_{DD} - 0.3V) to +40V
All Other Pins to PGND.....-0.3V to +12V
Duration of OUTR_/OUTL_
Short Circuit to PGND, V_{DD} 10s
Continuous Input Current (V_{DD}, PGND) 1.6A
Continuous Input Current.....0.8A
Continuous Input Current (all other pins).....±20mA

Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
Single-Layer Board:
MAX9703 32-Pin TQFN (derate 21.3mW/°C above +70°C).....1702.1mW
MAX9704 32-Pin TQFN (derate 27mW/°C above +70°C).....2162.2mW
Multilayer Board:
MAX9703 32-Pin TQFN (derate 34.5mW/°C above +70°C).....2758.6mW
MAX9704 32-Pin TQFN (derate 37mW/°C above +70°C).....2963.0mW
Junction Temperature.....+150°C
Operating Temperature Range .....-40°C to +85°C
Storage Temperature Range .....-65°C to +150°C
Lead Temperature (soldering, 10s) .....+300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{DD} = 15V, AGND = PGND = 0V, $\overline{SHDN}$ ≥ V_{IH}, A_V = 16dB, C_{SS} = C_{IN} = 0.47µF, C_{REG} = 0.01µF, C1 = 100nF, C2 = 1µF, FS1 = FS2 = PGND (f_S = 660kHz), R_L connected between OUTL+ and OUTL- and OUTR+ and OUTR-, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
GENERAL							
Supply Voltage Range	V_{DD}	Inferred from PSRR test		10		25	V
Quiescent Current	I_{DD}	R_L = OPEN	MAX9703		14	22	mA
			MAX9704		24	34	
Shutdown Current	I_{SHDN}				0.2	1.5	µA
Turn-On Time	t_{ON}	C_{SS} = 470nF			100		ms
		C_{SS} = 180nF			50		
Amplifier Output Resistance in Shutdown		$\overline{SHDN}$ = PGND		150	330		kΩ
Input Impedance	R_{IN}	A_V = 13dB		35	58	80	kΩ
		A_V = 16dB		30	48	65	
		A_V = 19.1dB		23	39	55	
		A_V = 29.6dB		10	15	22	
Voltage Gain	A_V	G1 = L, G2 = L		29.4	29.6	29.8	dB
		G1 = L, G2 = H		18.9	19.1	19.3	
		G1 = H, G2 = L		12.8	13	13.2	
		G1 = H, G2 = H		15.9	16	16.3	
Gain Matching		Between channels (MAX9704)			0.5		%
Output Offset Voltage	V_{OS}				±6	±30	mV
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	f_{IN} = 1kHz, input referred			60		dB
Power-Supply Rejection Ratio (Note 3)	PSRR	V_{DD} = 10V to 25V		54	80		dB
		200mV_{P-P} ripple	f_{RIPPLE} = 1kHz		80		
			f_{RIPPLE} = 20kHz		66		

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{DD} = 15V, AGND = PGND = 0V, $\overline{SHDN}$ ≥ V_{IH}, A_V = 16dB, C_{SS} = C_{IN} = 0.47µF, C_{REG} = 0.01µF, C1 = 100nF, C2 = 1µF, FS1 = FS2 = PGND (f_S = 660kHz), R_L connected between OUTL+ and OUTL- and OUTR+ and OUTR-, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNITS
Continuous Output Power (MAX9703)	P_{CONT}	THD+N = 10%, V_{DD} = 16V, f = 1kHz, T_A = +25°C, t_{CONT} = 15min (Note 4)	R_L = 4Ω			10		W
			R_L = 8Ω			15		
			R_L = 16Ω, V_{DD} = 24V			18		
Continuous Output Power (MAX9704)	P_{CONT}	THD+N = 10%, V_{DD} = 16V, f = 1kHz, T_A = +25°C, t_{CONT} = 15min (Note 4)	R_L = 4Ω			2x5		W
			R_L = 8Ω			2x10		
			R_L = 16Ω, V_{DD} = 24V			2x16		
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	f_{IN} = 1kHz, either FFM or SSM, R_L = 8Ω, P_{OUT} = 4W				0.07		%
Signal-to-Noise Ratio	SNR	R_L = 8Ω, P_{OUT} = 10W, f = 1kHz	BW = 22Hz to 22kHz	FFM		94		dB
				SSM		88		
			A-weighted	FFM		97		
				SSM		91		
Crosstalk		Left to right, right to left, 8Ω load, f_{IN} = 10kHz				65		dB
Oscillator Frequency	f_{OSC}	FS1 = L, FS2 = L			560	670	800	kHz
		FS1 = L, FS2 = H				940		
		FS1 = H, FS2 = L				470		
		FS1 = H, FS2 = H (spread-spectrum mode)				670 ±7%		
Efficiency	η	P_{OUT} = 15W, f = 1kHz, R_L = 8Ω				78		%
		P_{OUT} = 10W, f = 1kHz, R_L = 16Ω				88		
Regulator Output	V_{REG}					6		V
DIGITAL INPUTS ($\overline{SHDN}$, FS_, G_)								
Input Thresholds	V_{IH}				2.5			V
	V_{IL}						0.8	
Input Leakage Current							±1	µA

Note 1: All devices are 100% production tested at +25°C. All temperature limits are guaranteed by design.

Note 2: Testing performed with a resistive load in series with an inductor to simulate an actual speaker load. For R_L = 8Ω, L = 68µH. For R_L = 4Ω, L = 33µH.

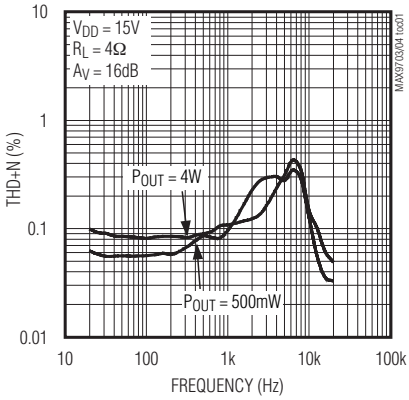
Note 3: PSRR is specified with the amplifier inputs connected to AGND through C_{IN}.

Note 4: The MAX9704 continuous 8Ω and 16Ω power measurements account for thermal limitations of the 32-pin TQFN-EP package. Continuous 4Ω power measurements account for short-circuit protection of the MAX9703/MAX9704 devices.

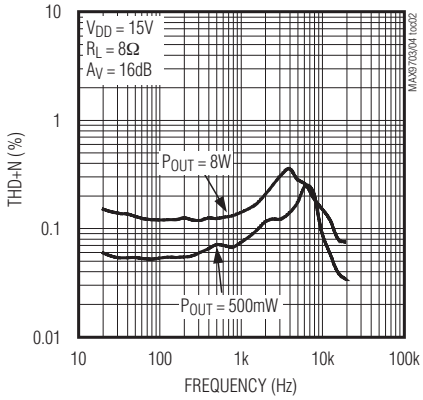
標準動作特性

(33µH with 4Ω, 68µH with 8Ω, part in SSM mode, 136µH with 16Ω, measurement BW = 22Hz to 22kHz, unless otherwise noted.)

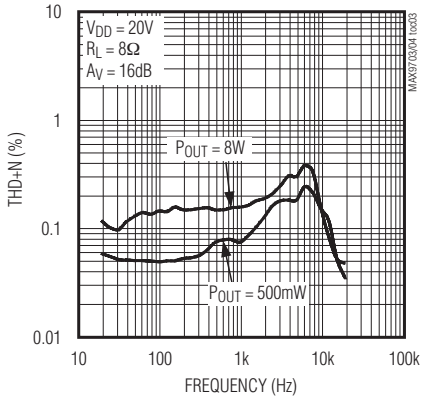
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY



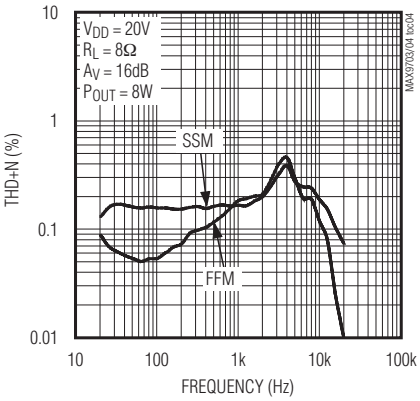
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY



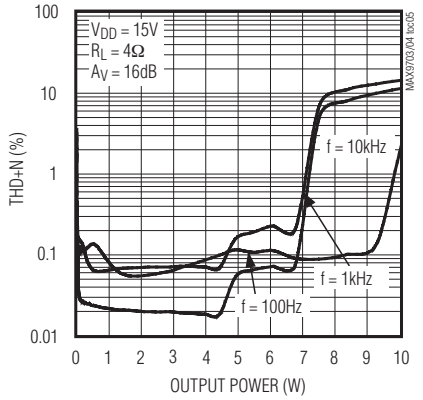
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY



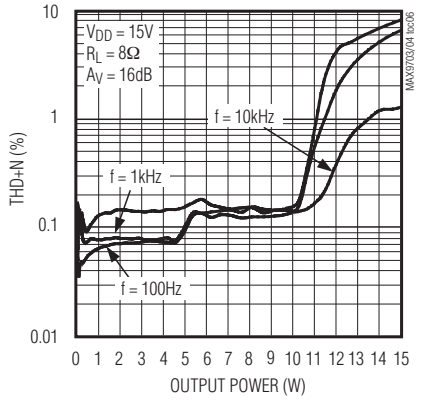
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY



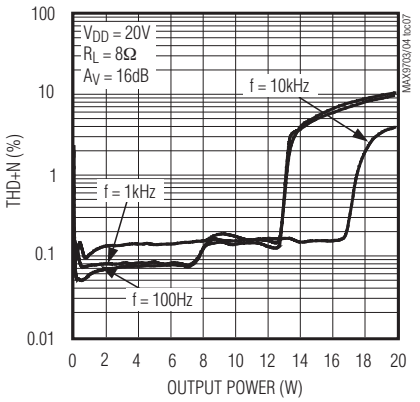
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER



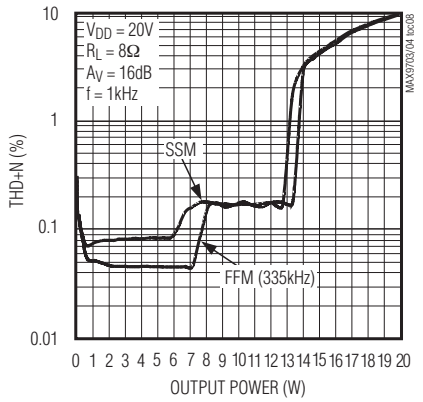
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER



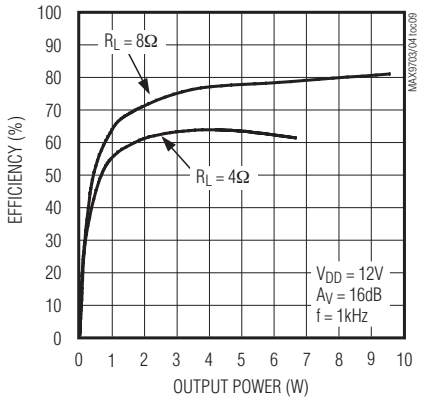
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER



TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER



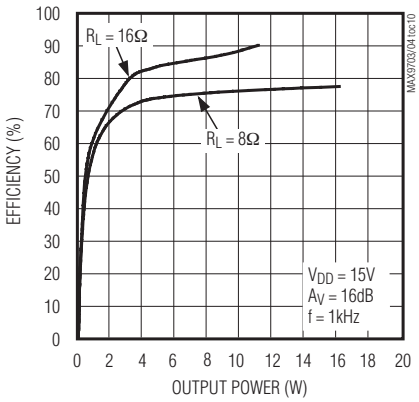
EFFICIENCY vs. OUTPUT POWER



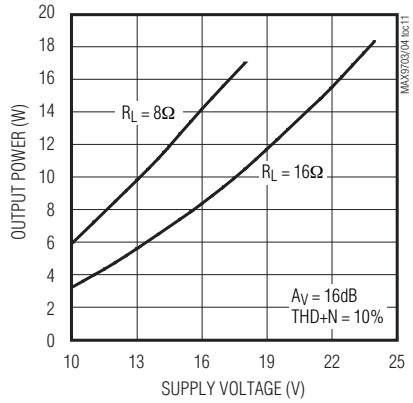
標準動作特性(続き)

(33µH with 4Ω, 68µH with 8Ω, part in SSM mode, 136µH with 16Ω, measurement BW = 22Hz to 22kHz, unless otherwise noted.)

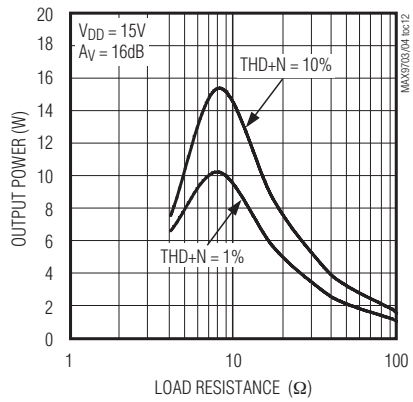
EFFICIENCY vs. OUTPUT POWER



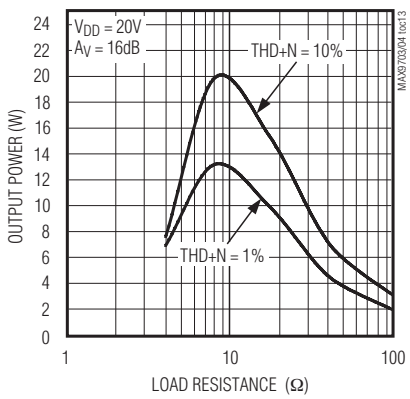
OUTPUT POWER vs. SUPPLY VOLTAGE



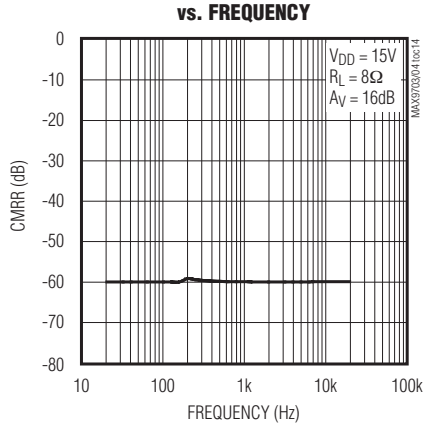
OUTPUT POWER vs. LOAD RESISTANCE



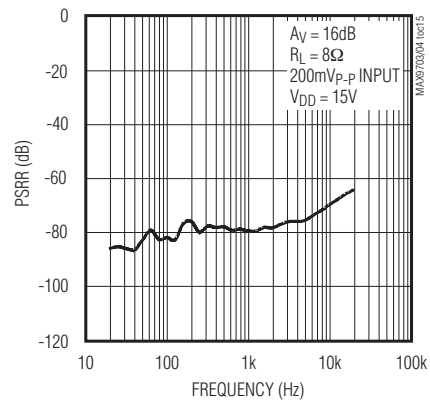
OUTPUT POWER vs. LOAD RESISTANCE



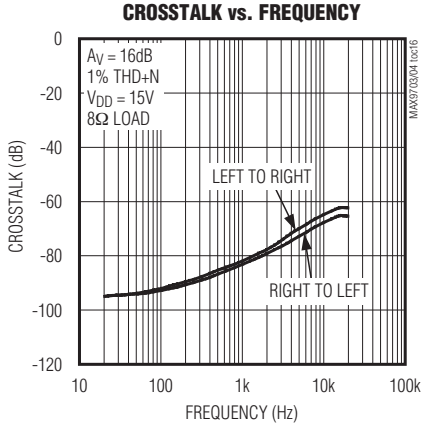
COMMON-MODE REJECTION RATIO vs. FREQUENCY



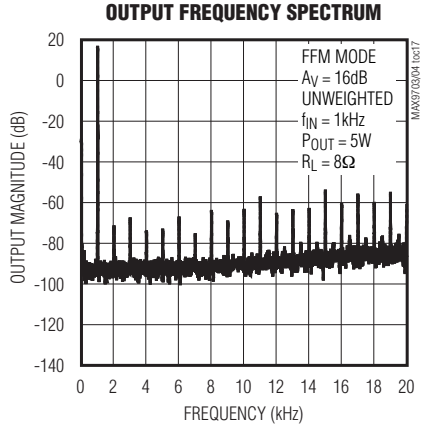
POWER-SUPPLY REJECTION RATIO vs. FREQUENCY



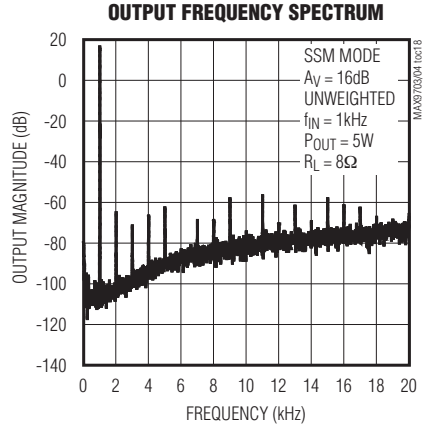
CROSSTALK vs. FREQUENCY



OUTPUT FREQUENCY SPECTRUM



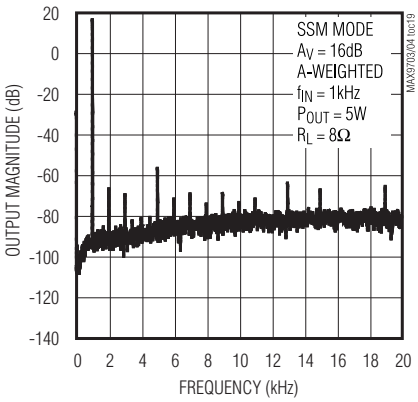
OUTPUT FREQUENCY SPECTRUM



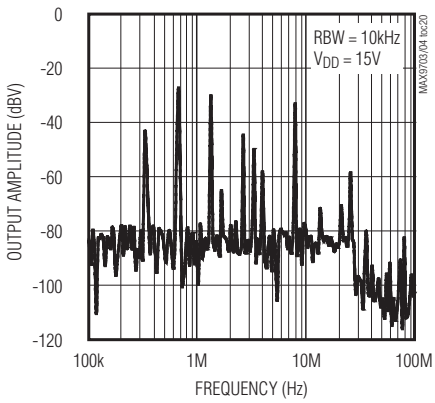
標準動作特性(続き)

(33µH with 4Ω, 68µH with 8Ω, part in SSM mode, 136µH with 16Ω, measurement BW = 22Hz to 22kHz, unless otherwise noted.)

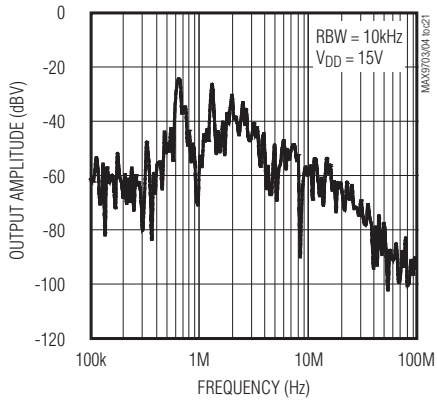
OUTPUT FREQUENCY SPECTRUM



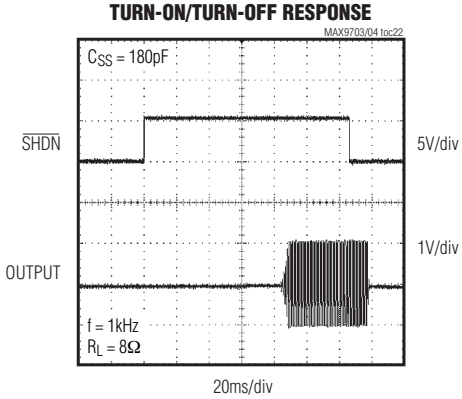
WIDEBAND OUTPUT SPECTRUM (FFM MODE)



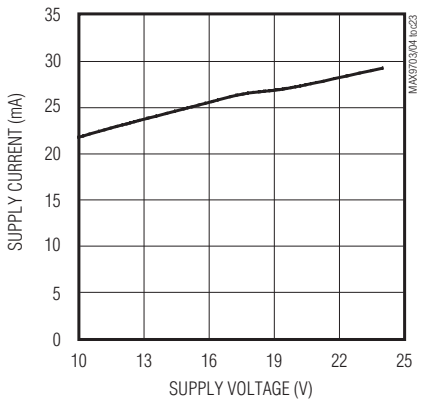
WIDEBAND OUTPUT SPECTRUM (SSM MODE)



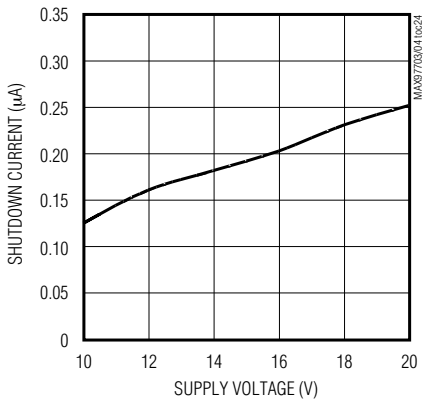
TURN-ON/TURN-OFF RESPONSE



SUPPLY CURRENT vs. SUPPLY VOLTAGE



SHUTDOWN CURRENT vs. SUPPLY VOLTAGE



端子説明

端子		名称	機能
MAX9703	MAX9704		
1, 2, 23, 24	1, 2, 23, 24	PGND	パワーグランド
3, 4, 21, 22	3, 4, 21, 22	V_{DD}	電源入力
5	5	C1N	チャージポンプフライングコンデンサ負端子
6	6	C1P	チャージポンプフライングコンデンサ正端子
7	7	CHOLD	チャージポンプホールドコンデンサ。1µFのコンデンサをCHOLDとV_{DD}の間に接続します。
8, 17, 20, 25, 26, 31, 32	8	N.C.	接続なし。内部接続なし。
9	14	REG	6V内蔵レギュレータ出力。0.01µFコンデンサでAGNDにバイパスします。
10	13	AGND	アナロググランド
11	—	IN-	負入力
12	—	IN+	正入力
13	12	SS	ソフトスタート。ソフトスタート機能をイネーブルするには、0.47µFのコンデンサをSSとPGNDの間に接続します。
14	11	$\overline{SHDN}$	アクティブローシャットダウン。デバイスをディセーブルするには、$\overline{SHDN}$をPGNDに接続します。通常動作にするには、ロジックハイに接続します。
15	17	G1	利得選択入力1
16	18	G2	利得選択入力2
18	19	FS1	周波数選択入力1
19	20	FS2	周波数選択入力2
27, 28	—	OUT-	負オーディオ出力
29, 30	—	OUT+	正オーディオ出力
—	9	INL-	左チャネル負入力
—	10	INL+	左チャネル正入力
—	15	INR-	右チャネル負入力
—	16	INR+	右チャネル正入力
—	25, 26	OUTR-	右チャネル負オーディオ出力
—	27, 28	OUTR+	右チャネル正オーディオ出力
—	29, 30	OUTL-	左チャネル負オーディオ出力
—	31, 32	OUTL+	左チャネル正オーディオ出力
—	—	EP	エクスポーズドパッド。PGNDに接続します。

詳細

フィルタレスD級オーディオパワーアンプのMAX9703/MAX9704は、スイッチモードアンプ技術にいくつか改良を加えています。MAX9703はモノラルアンプで、MAX9704はステレオアンプです。これらのデバイスはD級の効率でAB級の性能を発揮しながら、占有基板面積は最小限に抑えられています。独自のフィルタレス変調方式とスペクトラム拡散スイッチングモードによって、フレキシブルな、小型、低ノイズ、高効率オーディオアンプになっています。差動入力アーキテクチャを採用しているため、コモンモードノイズのピックアップが低減し、入力結合コンデンサは不要です。また、これらのデバイスをシングルエンド入力アンプとして設定することもできます。

コンパレータはデバイス入力を監視して、コンプリメンタリ入力電圧を三角波形と照合します。三角波形の入力値が該当入力電圧を上回ると、コンパレータは反転します。

動作モード

固定周波数変調(FFM)モード

MAX9703/MAX9704は、スイッチング周波数が異なる3種類のFFMモードを備えています(表1)。FFMモードでは、D級出力の周波数スペクトルは、基本スイッチング周波数とその高調波から構成されています(「標準動作特性」の「Wideband Output Spectrum (FFM Mode)」図を参照)。1つまたは複数の高調波の周波数が敏感な帯域に入った場合は、MAX9703/MAX9704によってスイッチング周波数を±35%変えることができます。この変更はいつでも行うことができ、オーディオ再生には影響を及ぼしません。

スペクトラム拡散変調(SSM)モード

MAX9703/MAX9704は独自の特許取得のスペクトラム拡散モードを備え、このモードによって広帯域スペクトル成分が平坦化され、スピーカやケーブルが放射する可能性があるEMI放射が改善されます。FS1 = FS2 = Hに設定すると、このモードがイネーブルされます。SSMモードでは、スイッチング周波数は中心周波数(670kHz)の±7%でランダムに変動します。変調方式は変わりませんが、三角波形の周期はサイクルごとに変わります。その結果、スペクトルエネルギーがスイッチング周波数の倍数上に大量に存在せず、周波数とともに拡大する帯域幅全体にわたって拡散します。広帯域スペクトルは数MHzより上でホワイトノイズのように見え、EMI対策になります(図1参照)。

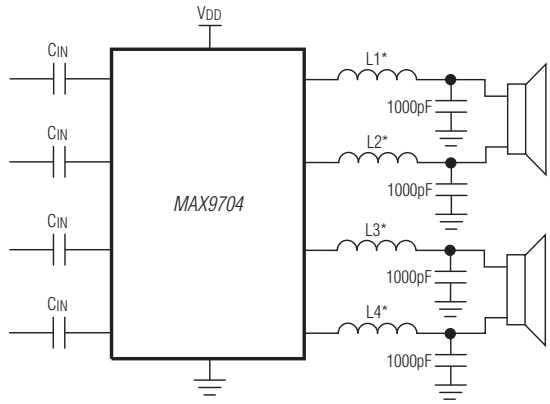
表1. 動作モード

FS1	FS2	SWITCHING MODE (kHz)
L	L	670
L	H	940
H	L	470
H	H	670 ±7%

効率

D級アンプの効率は、出力段トランジスタの動作領域に依存します。D級アンプでは、出力トランジスタは電流調整スイッチとして機能し、それ自身の消費電力はごくわずかです。D級出力段における電力損失は、主にMOSFETオン抵抗のI^2R損失と自己消費電流オーバヘッドに起因します。

リニアアンプの理論上の最高効率は78%ですが、この効率値はピーク出力電力でのみ示されます。通常の動作レベル(標準的な音楽再生レベル)では効率は30%を下回りますが、MAX9704は同一条件下でも78%以上の効率を示します(図2)。



*L1–L4 = 0.05Ω DCR, 70Ω AT 100MHz, 3A FAIR RITE FERRITE BEAD (2512067007Y3).

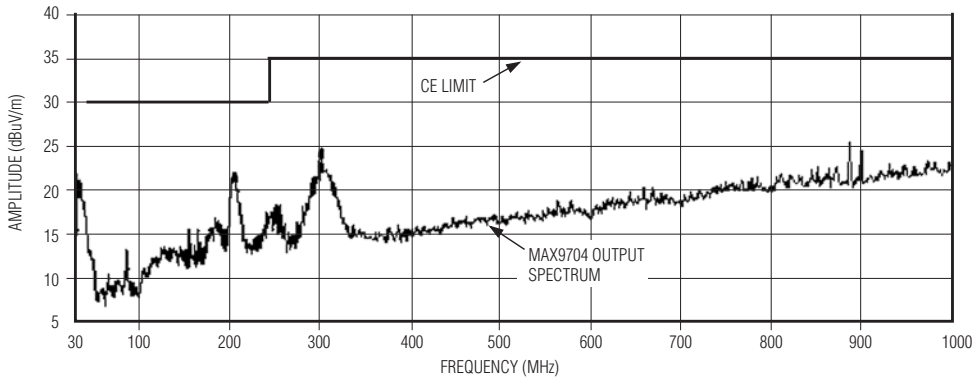


図1. MAX9704のEMIスペクトル(9インチのPCB配線、3インチのツイストペアスピーカケーブル)

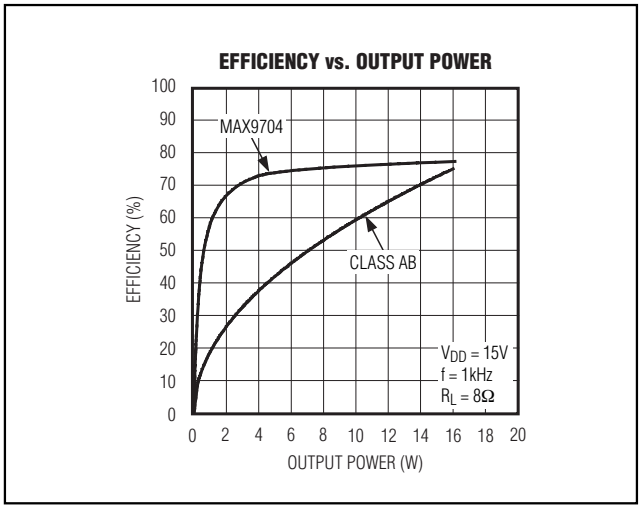


図2. MAX9704の効率対AB級の効率

シャットダウン

MAX9703/MAX9704は、消費電力を低減し、バッテリ寿命を延ばすシャットダウンモードを備えています。$\overline{SHDN}$をローにすると、デバイスは低電力(0.2µA)シャットダウンモードに移行します。通常動作にするには、$\overline{SHDN}$をロジックハイに接続します。

クリック/ポップノイズ抑制

MAX9703/MAX9704は、スタートアップやシャットダウン時の可聴トランジェントを排除する包括的クリック/ポップノイズ抑制を備えています。シャットダウン時には、Hブリッジは330kΩでPGNDにプルダウンされます。スタートアップやパワーアップ時に、入力アンプがミュートされ、内部ループが変調器バイアス電圧を適切なレベルに設定するため、以降のHブリッジのイネーブル時にクリック/ポップノイズが排除されます。スタートアップ後に、ソフトスタート機能によって入力アンプが徐々にミュート解除されます。ソフトスタートコンデンサの値は、クリック/ポップのレベルに影響します。性能を最適化するには、最低7Vの定格電圧でC_{SS}は少なくとも0.18µFである必要があります。

ミュート機能

MAX9703/MAX9704はクリックレス/ポップレスのミュートモードを備えています。デバイスがミュートの際、出力はスイッチングを停止し、スピーカをミュートにします。ミュートは出力段にのみ影響を与え、デバイスをシャットダウンしません。MAX9703/MAX9704をミュートにするには、MOSFETプルダウンを使ってSSをPGNDにドライブします(図3)。パワーアップ/ダウンまたはシャットダウン/ターンオンのサイクル時にSSをPGNDにドライブすることによって、クリック/ポップノイズ抑制が最適化されます。

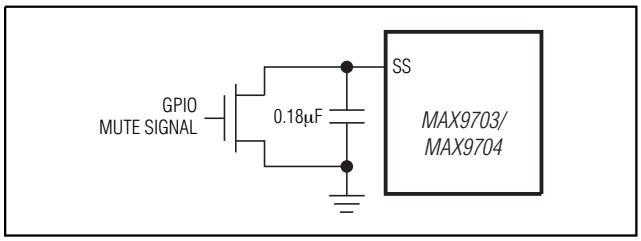


図3. MAX9703/MAX9704のミュート回路

アプリケーション情報

フィルタレス動作

従来のD級アンプでは、アンプのPWM出力からオーディオ信号を復元する出力フィルタが必要です。このフィルタのためにコストがかかり、アンプのソリューションサイズが増大し、効率が低下する場合もあります。従来のPWM方式では大差動出力スイング(2 x V_{DD}ピークトゥピーク)を使うため、大リップル電流が発生します。その結果、フィルタ部品の寄生抵抗によって電力損失が発生し、効率が低下します。

MAX9703/MAX9704では、出力フィルタは不要です。これらのデバイスは、スピーカコイル固有のインダクタンスと、スピーカと人間の耳の自然なフィルタリングを利用して、方形波出力のオーディオ成分を復元します。出力フィルタが不要のため、小型化、低コスト、高効率のソリューションになります。

MAX9703/MAX9704の出力の周波数は大部分のスピーカの帯域幅を大幅に上回るため、方形波周波数に起因するボイスコイルの動きはごくわずかです。この動きはわずかですが、電力に余裕があるように設計されていないスピーカを損傷させる場合があります。最適な結果を得るには、直列インダクタンスが30µH以上のスピーカを使用してください。標準8Ωスピーカには、30µH～100µHの範囲の直列インダクタンスがあります。最適効率は、60µH以上のスピーカインダクタンスで達成されます。

内蔵レギュレータの出力(V_{REG})

MAX9703/MAX9704は内部6Vレギュレータの出力(V_{REG})を備えています。MAX9703/MAX9704のREG出力端子は、MAX9703/MAX9704のロジック端子(G_、FS_)にロジック電圧ハイを提供することによって、システム設計を簡素化し、システムコストを削減します。V_{REG}はシャットダウンモード時にはロジック電圧ハイとしては使用できません。V_{REG}は6V電位として周辺のシステム部品に印加しないでください。REGは、6.3V、0.01µFコンデンサでAGNDにバイパスしてください。

利得の選択

MAX9703/MAX9704は、内部設定のロジック選択可能な利得が特長です。G1とG2のロジック入力はMAX9703/MAX9704スピーカーアンプの利得を設定します(表2)。

表2. 利得選択表

G1	G2	GAIN (dB)
0	0	29.6
0	1	19.1
1	0	13
1	1	16

出力オフセット

AB級アンプとは異なり、D級アンプの出力オフセット電圧によって、負荷時の自己消費電流の消費量が大幅に増加することはありません。これは、D級アンプの電力変換のおかげです。たとえば、8Ω負荷への8mV DCオフセットによって、AB級デバイスでは1mAの追加電流消費が発生します。D級の場合は、8Ωへの8mVのオフセットは、8μWの追加電力流出になります。D級アンプの高効率のおかげで、これは8μW/(V_{DD}/100 x η)すなわち数μAオーダーの追加自己電流消費になります。

入力アンプ

差動入力

MAX9703/MAX9704は差動入力構造を備えているので、多数のCODECに対応し、シングルエンド入力アンプに比べノイズ耐性が向上しています。PCなどの装置で、ノイズの多いディジタル信号がアンプの入力トレースによってピックアップされることがあります。この信号は、アンプの入力ではコモンモードノイズとして発生します。差動入力アンプは2つの入力の差を増幅し、両入力の同相信号がキャンセルされます。

シングルエンド入力

MAX9703/MAX9704はどちらかの入力をAGNDに容量結合し、もう一方の入力を駆動して、シングルエンド入力アンプとして構成することができます(図4)。

部品の選択

入力フィルタ

MAX9703/MAX9704の入力インピーダンスとともに、入力コンデンサC_{IN}は、入力信号からDCバイアスを除去するハイパスフィルタになります。AC結合コンデンサによって、アンプは信号を最適なDCレベルにバイアスをかけることができます。信号源インピーダンスをゼロと仮定すると、ハイパスフィルタの-3dB点は次式で求められます。

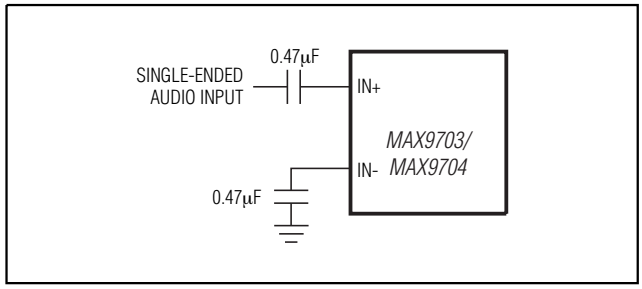


図4. シングルエンド入力

$$f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi R_{IN} C_{IN}}$$

f_{-3dB}が対象の最低周波数を大幅に下回るように、C_{IN}を選択します。f_{-3dB}を高く設定しすぎると、アンプの低周波応答に影響を及ぼします。タンタルやアルミ電解など、低電圧係数の誘電体のコンデンサを使用してください。セラミックなど高電圧係数を持つコンデンサでは、低周波で歪みが増大するおそれがあります。

チャージポンプコンデンサの選択

性能を最適化するために、100mΩ以下のESRのコンデンサを使用します。低ESRのセラミックコンデンサを使用すると、チャージポンプの出力抵抗が最低限に抑えられます。広い温度範囲で性能を最適化するには、X7R誘電体のコンデンサを選択します。

フライングコンデンサ(C1)

フライングコンデンサ(C1)の値によって、チャージポンプの負荷レギュレーションと出力抵抗が影響を受けます。C1の値が小さすぎると、デバイスのドライブ能力が低下して十分な電流を供給できなくなります。C1の値を大きくすると、負荷レギュレーションが向上し、チャージポンプ出力抵抗はある程度まで低減します。1μF以上の場合は、スイッチのオン抵抗と、C1およびC2のESRによって影響を受けます。

ホールドコンデンサ(C2)

出力コンデンサの値とESRは、CHOLDのリップルに直接影響を及ぼします。C2を大きくすると、出力リップルは低減します。同様に、C2のESRを低くすると、リップルおよび出力抵抗がともに低減します。最大出力電力レベルが低いシステム内では、低い容量値を使用することができます。

出力フィルタ

MAX9703/MAX9704では出力フィルタが不要であり、しかも非シールドスピーカケーブルでFCC放射規格に適合することができます。ただし、設計が基板レイアウトやケーブル長のために放射に弱い場合や、回路がEMIに敏感なデバイスに近い場合は、出力フィルタを

使用する必要もあります。10MHz以上の放射周波数が懸念される場合は、フェライトビーズフィルタを使用してください。10MHz以下の放射周波数が懸念される場合や、長いリード線でアンプをスピーカに接続している場合は、LCフィルタを使用してください。このフィルタの詳細については、MAX9704の評価キット図を参照してください。

入力ソースの共有

特定のシステムでは、単一のオーディオソースを複数デバイス(スピーカおよびヘッドフォンアンプ)で共有することができます。入力の共有時には、未使用デバイスを完全シャットダウンせずにミュートして、未使用デバイスの入力が入力信号を歪ませないようにするのが一般的です。オープンドレイン出力やMOSFETを通じてSSをローにして、MAX9703/MAX9704をミュートにします(「システムダイアグラム」参照)。SSをローにするとD級出力段はオフになりますが、MAX9703/MAX9704の入力バイアスレベルは影響を受けません。通常動作時のSSの電圧は、MAX9703/MAX9704の電源に応じて最大7Vになる場合があることに注意してください。

電源バイパス/レイアウト

適切な電源バイパスによって、低歪みの動作が実現します。性能を最適化するには、各V_{DD}ピンにできるだけ近接して0.1µFのコンデンサでV_{DD}をPGNDにバイパスします。低インピーダンスかつ大電流容量の電源をV_{DD}に接続することが前提となります。アプリケーションや電源特性に応じて、大容量を追加する必要があります。AGNDおよびPGNDをシステムグランドにスター接続する必要があります。レイアウトガイドについては、MAX9704の評価キットを参照してください。

D級アンプ
熱に対する考慮

D級アンプは比較対象となるAB級アンプと比べて効率がはるかに高く、熱性能にも優れています。しかし、システムの熱性能を現実的な問題として考慮する必要があり、その熱性能には多くのパラメータが関わっています。この項では一般的な例を使って良い設計をするための心がけを説明しながら、D級アンプについて検討します。

連続正弦波 対 音楽

D級アンプをラボで評価するとき、信号源として連続正弦波が使われることが多くあります。測定を目的とする場合には都合が良いと言えますが、アンプに対する熱負荷の点では最悪の事態となります。D級アンプは、連続正弦波でほぼ最大の出力電力を駆動すると、サーマルシャットダウンを引き起こす場合が少なくありません。

音楽と音声の両方を含め、オーディオコンテンツはピークの出力電力に対して実効値が大幅に低くなります。図5は、時間領域における正弦波とオーディオ信号を表しています。いずれもオシロスコープによる実効値が測定されています。オーディオ信号は正弦波と比べてピーク値はわずかに高くなっていますが、実効値は正弦波のほぼ半分です。したがって、オーディオ信号は連続正弦波と同じようなピークに達したとしても、D級アンプの実際の熱の影響ははるかに小さくなります。システムの熱性能を評価する際には、試験用の正弦波ではなく、実際のオーディオ信号を使うことが重要です。正弦波を使わなくてはならない場合は、熱性能はシステムの実際の能力よりも小さくなります。

プリント基板の熱に対する考慮

エクスポーズドパッドはICから熱を逃がす最も主要な部分です。下側にエクスポーズドパッドが付いていることによって、プリント基板と銅はD級アンプにとって主要なヒートシンクになります。エクスポーズドパッドは大きな銅の多角形に半田付けしてください。この多角形からD級アンプの隣接端子まで、できるだけ多くの銅を追加してください。また、隣接する他の隣接する部分にも同様にしてください。これらの接続部分は同じ電位であることを仮定しています。これらの銅の配線はできるだけ広くしてください。経路のそれぞれがシステム全体の熱特性に影響します。

エクスポーズドパッドが取り付けられた銅の多角形は、プリント基板の反対側で別の銅の多角形につながる複数のビアが必要です。この多角形はシステムの信号配線の制約の範囲内でできるだけ大きくしてください。

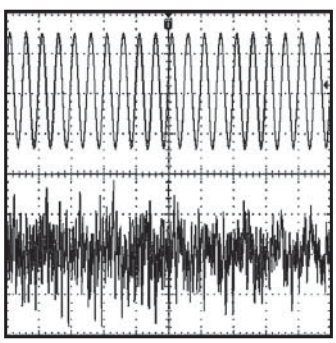


図5. 正弦波とオーディオ信号の実効値の比較

デバイスから出るすべての配線を可能な限り広くできたとしたら、他の改善も可能になります。ICの端子はパッケージの主な熱経路とはなりませんが、多少の熱を逃がします。改善の程度としては約10%にもならないかもしれませんが、熱の問題が許容できるレベルになるために多少寄与するかもしれません。

補助のヒートシンク

動作するときの周囲温度が高くなると、外部ヒートシンクを追加することによってプリント基板の熱性能がよくなることがあります。性能を最大にするためには、このヒートシンクに対する熱抵抗をできるだけ低く抑える必要があります。エクスポーズドパッドが下側にある場合は、最小抵抗の熱経路はプリント基板の下になります。ICの上側はデバイスの重要な熱経路とはならないため、コスト効率の良いヒートシンクの場所とは言えません。

温度計算

D級アンプのダイ温度は基本的な計算をすることによって推測することができます。たとえば、ダイ温度は以下の条件で計算することができます。

- T_A = +40℃
- P_{OUT} = 2 x 8W = 16W
- R_L = 16Ω
- 効率(η) = 87%
- θ_{JA} = 27℃/W

まずD級アンプの消費電力を計算する必要があります。

$$P_{DISS} = \frac{P_{OUT}}{\eta} - P_{OUT} = \frac{16W}{0.87} - 16W = 2.4W$$

次に消費電力を使ってダイ温度T_Cを以下のように計算します。

$$\begin{aligned} T_C &= T_A + P_{DISS} \times \theta_{JA} \\ &= 40°C + 2.4W \times 27°C/W \\ &= 104.8°C \end{aligned}$$

周囲温度を下げるか、θ_{JA}を低くすると、MAX9704のダイ温度は改善します。θ_{JA}を低くするには、MAX9704のTQFNパッケージのエクスポーズドパッドに接続されたグランドプレーンの銅のサイズ/重量を大きくしてすることによって可能です。さらに、θ_{JA}はヒートシンクを追加するか、ファンを追加するか、または垂直方向のプリント基板を実装することによって低くすることができます。

負荷インピーダンス

D級アンプのMOSFET出力段のオン抵抗は、効率とピーク電流能力に影響します。負荷へのピーク電流を減らすとMOSFETのI^2R損失が小さくなり、効率が上がります。ピーク電流を低く保つには、D級アンプの電圧振幅範囲と電源電圧の範囲内で所望する出力パワーが得られる最もインピーダンスの高いスピーカーを選択することです。

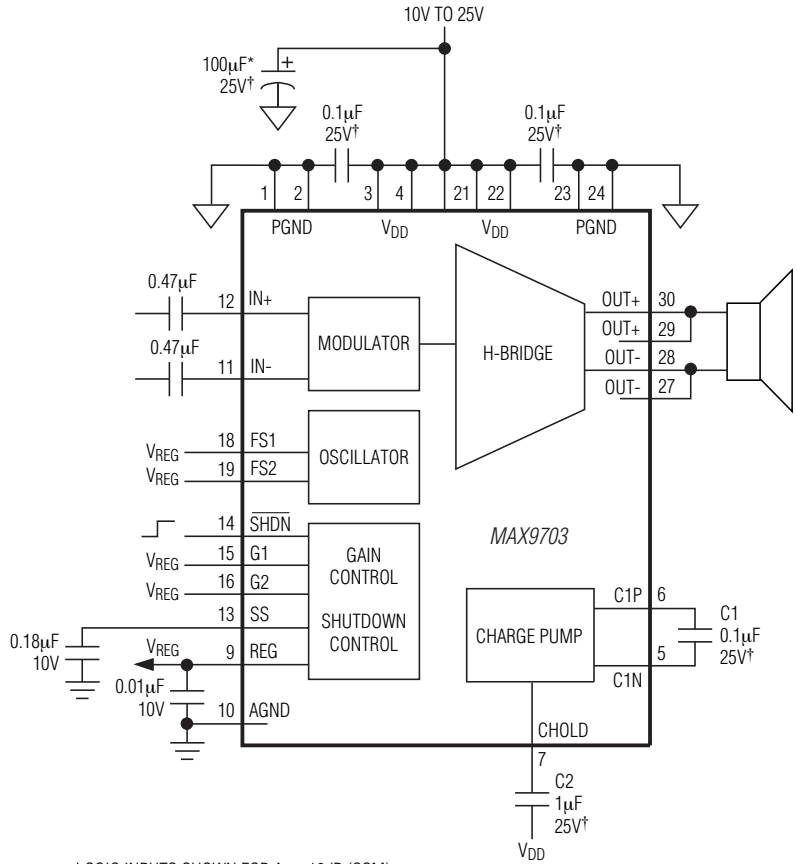
ほとんどのラウドスピーカは4Ωまたは8Ωのいずれかですが、さらに熱効率の良いソリューションを提供する他のインピーダンスもあります。

他に考慮する点は、オーディオ周波数帯全体にわたる負荷インピーダンスです。ラウドスピーカはさまざまな共振を伴う電気機械システムです。つまり、8Ωスピーカは非常に狭い範囲でしか8Ωにならず、多くの場合8Ωを下回るため、期待値よりも低い熱効率になります。この期待以下のインピーダンスは、マルチドライバのオーディオシステムでクロスオーバ回路が使われると、さらに低くなることがあります。

MAX9703/MAX9704の効率を負荷インピーダンスと電源電圧で最適化

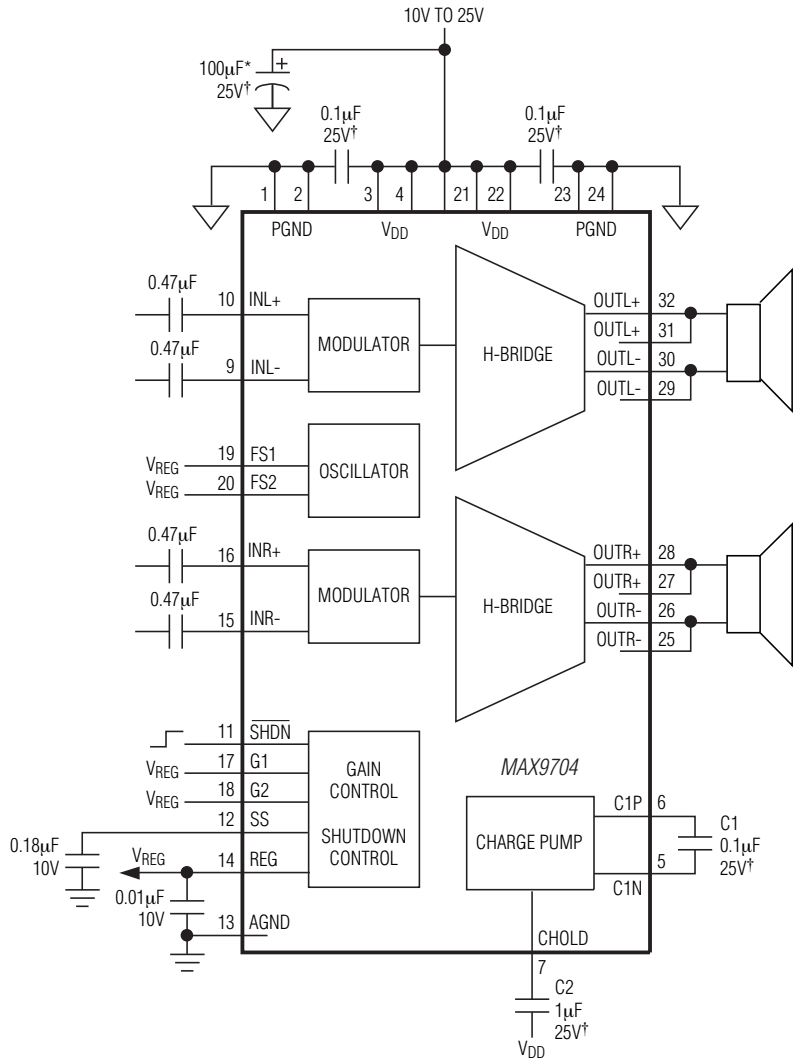
MAX9703/MAX9704の効率を最適化するために、出力段に12Ω～16Ωのスピーカを負荷として接続してください。さらに高い負荷インピーダンスを駆動すると、MAX9703/MAX9704は最も高い効率を示します(「標準動作特性」を参照)。12Ω～16Ωの負荷がなく、6Ω～10Ωの負荷を駆動する場合は、低い電源電圧を選択してください。

ファンクションダイアグラム



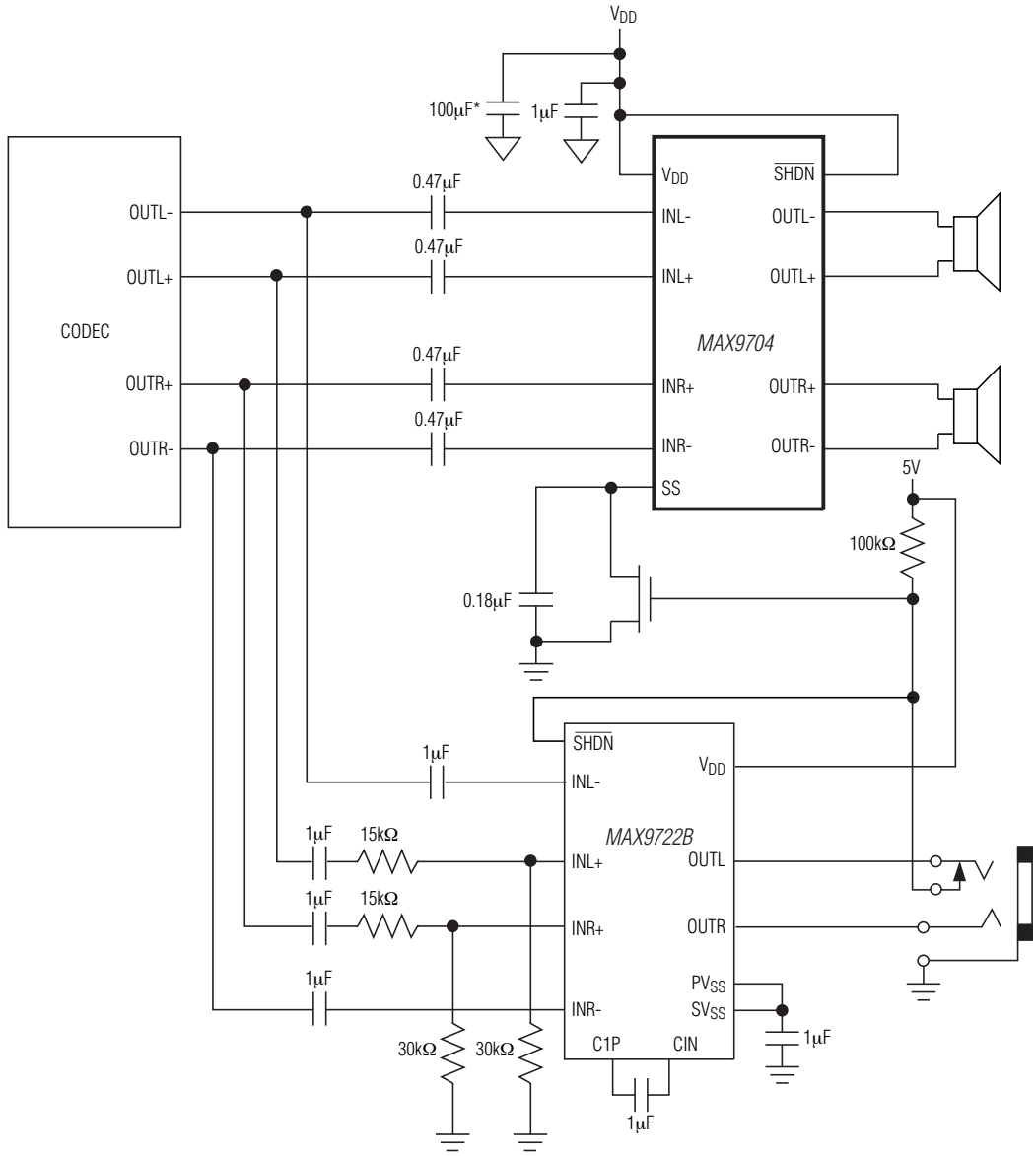
LOGIC INPUTS SHOWN FOR A_V = 16dB (SSM).
V_{IN} = LOGIC HIGH > 2.5V.
†CHOOSE CAPACITOR VOLTAGE RATING ≥ V_{DD}.
*SYSTEM-LEVEL REQUIREMENT.

ファンクションダイアグラム(続き)



LOGIC INPUTS SHOWN FOR A_V = 16dB (SSM).
V_{IN} = LOGIC HIGH > 2.5V.
†CHOOSE CAPACITOR VOLTAGE RATING ≥ V_{DD}.
*SYSTEM-LEVEL REQUIREMENT.

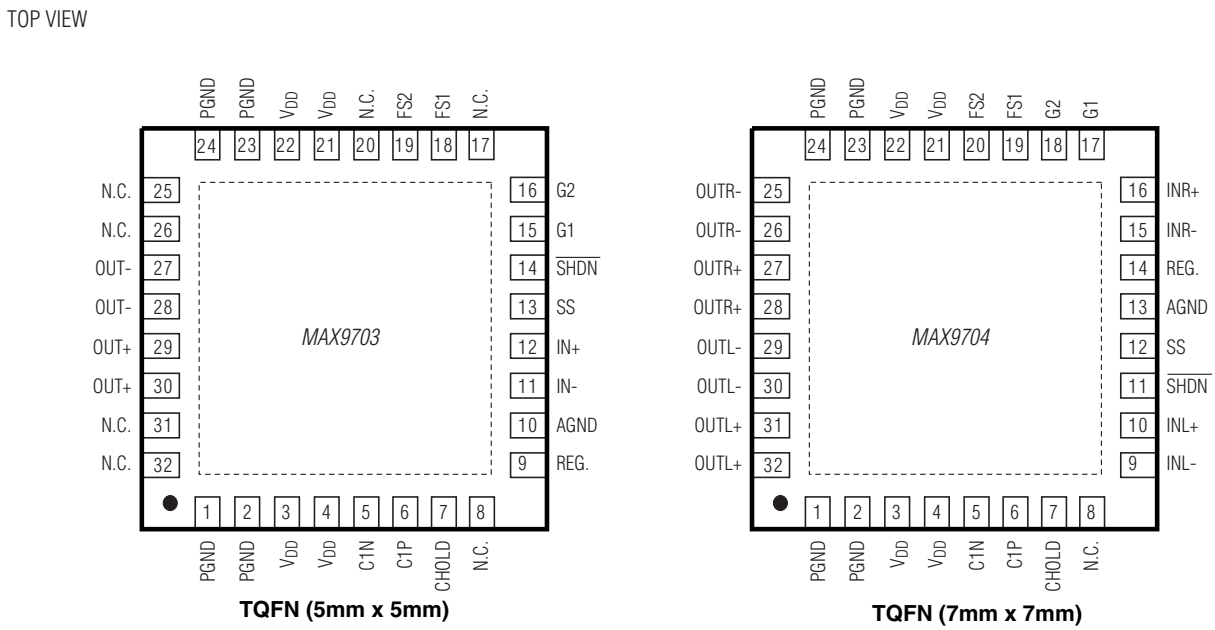
システムダイアグラム



LOGIC INPUTS SHOWN FOR A_V = 16dB (SSM).

*BULK CAPACITANCE, IF NEEDED.

ピン配置



TQFN (5mm x 5mm)

TQFN (7mm x 7mm)

チップ情報

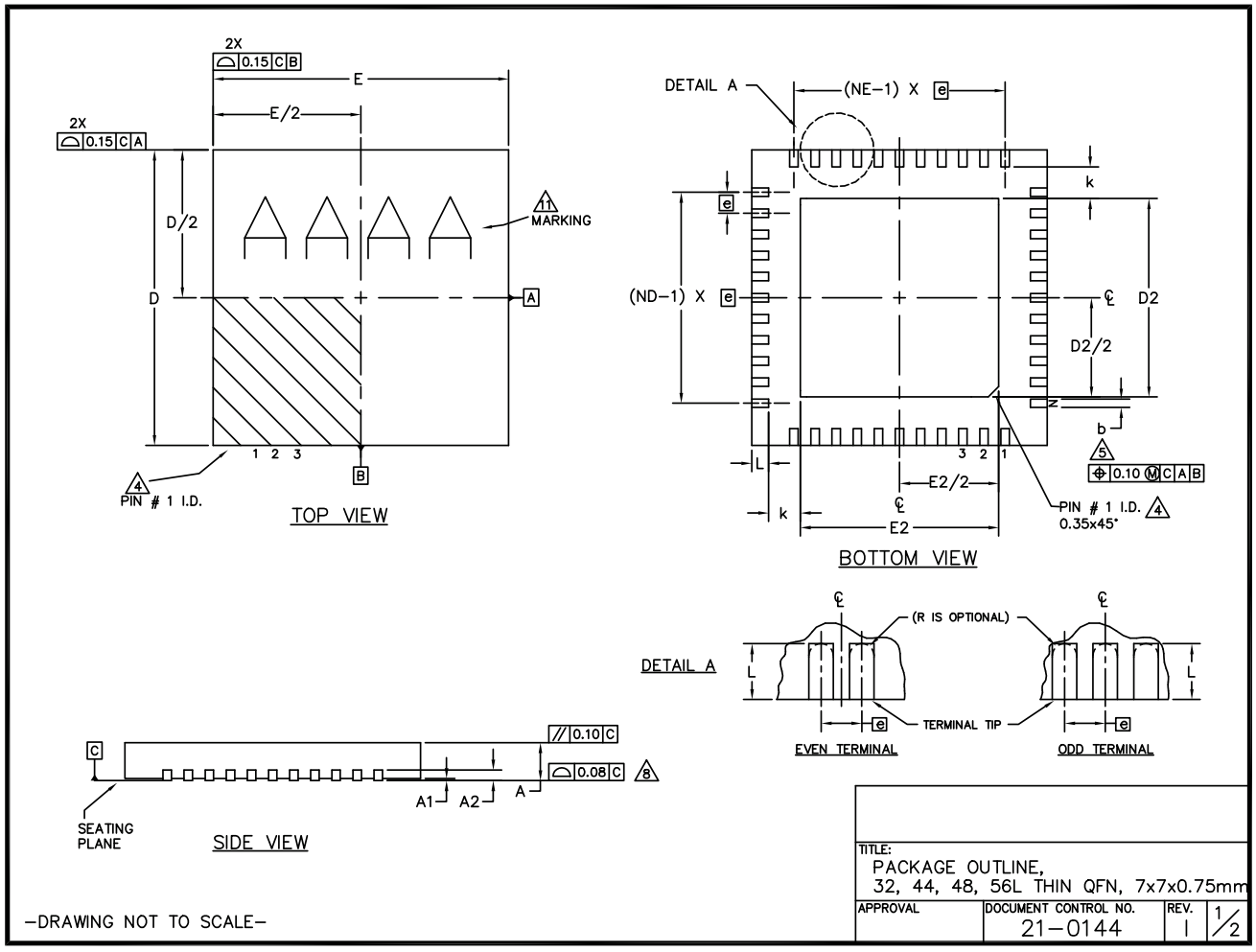
MAX9703 TRANSISTOR COUNT: 3093

MAX9704 TRANSISTOR COUNT: 4630

PROCESS: BiCMOS

パッケージ

(このデータシートに掲載されているパッケージ仕様は、最新版が反映されているとは限りません。最新のパッケージ情報は、japan.maxim-ic.com/packagesをご参照下さい。)



パッケージ(続き)

(このデータシートに掲載されているパッケージ仕様は、最新版が反映されているとは限りません。最新のパッケージ情報は、japan.maxim-ic.com/packagesをご参照下さい。)

COMMON DIMENSIONS

PKG	32L 7x7			44L 7x7			48L 7x7			CUSTOM PKG. (T4877-1) 48L 7x7			56L 7x7		
SYMBOL	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.
A	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80
A1	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05	0	–	0.05
A2	0.20 REF.			0.20 REF.			0.20 REF.			0.20 REF.			0.20 REF.		
b	0.25	0.30	0.35	0.20	0.25	0.30	0.20	0.25	0.30	0.20	0.25	0.30	0.15	0.20	0.25
D	6.90	7.00	7.10	6.90	7.00	7.10	6.90	7.00	7.10	6.90	7.00	7.10	6.90	7.00	7.10
E	6.90	7.00	7.10	6.90	7.00	7.10	6.90	7.00	7.10	6.90	7.00	7.10	6.90	7.00	7.10
e	0.65 BSC.			0.50 BSC.			0.50 BSC.			0.50 BSC.			0.40 BSC.		
k	0.25	–	–	0.25	–	–	0.25	–	–	0.25	–	–	0.25	–	–
L	0.45	0.55	0.65	0.45	0.55	0.65	0.30	0.40	0.50	0.45	0.55	0.65	0.30	0.40	0.50
N	32			44			48			44			56		
ND	8			11			12			10			14		
NE	8			11			12			12			14		

EXPOSED PAD VARIATIONS

PKG. CODES	DEPOPULATED LEADS	D2			E2			JEDEC MO220 REV. C
		MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	
T3277-2	–	4.55	4.70	4.85	4.55	4.70	4.85	–
T3277-3	–	4.55	4.70	4.85	4.55	4.70	4.85	–
T4477-2	–	4.55	4.70	4.85	4.55	4.70	4.85	WKKD-1
T4477-3	–	4.55	4.70	4.85	4.55	4.70	4.85	WKKD-1
T4877-3	–	4.95	5.10	5.25	4.95	5.10	5.25	–
T4877-4	–	5.40	5.50	5.60	5.40	5.50	5.60	–
T4877-6	–	5.40	5.50	5.60	5.40	5.50	5.60	–
T4877-7	–	4.95	5.10	5.25	4.95	5.10	5.25	–
T4877M-1	–	5.40	5.50	5.60	5.40	5.50	5.60	–
T4877M-6	–	5.40	5.50	5.60	5.40	5.50	5.60	–
T4877MN-8	–	5.40	5.50	5.60	5.40	5.50	5.60	–
T4877N-8	–	5.40	5.50	5.60	5.40	5.50	5.60	–
T5677-1	–	5.40	5.50	5.60	5.40	5.50	5.60	–
T5677MN-1	–	5.40	5.50	5.60	5.40	5.50	5.60	–
T5677-2	–	5.40	5.50	5.60	5.40	5.50	5.60	–

NOTES:
1. DIMENSIONING & TOLERANCING CONFORM TO ASME Y14.5M-1994.
2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS. ANGLES ARE IN DEGREES.
3. N IS THE TOTAL NUMBER OF TERMINALS.
4. THE TERMINAL #1 IDENTIFIER AND TERMINAL NUMBERING CONVENTION SHALL CONFORM TO JESD 95-1 SPP-012. DETAILS OF TERMINAL #1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE TERMINAL #1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE.
5. DIMENSION b APPLIES TO METALLIZED TERMINAL AND IS MEASURED BETWEEN 0.25 mm AND 0.30 mm FROM TERMINAL TIP.
6. ND AND NE REFER TO THE NUMBER OF TERMINALS ON EACH D AND E SIDE RESPECTIVELY.
7. DEPOPULATION IS POSSIBLE IN A SYMMETRICAL FASHION.
8. COPLANARITY APPLIES TO THE EXPOSED HEAT SINK SLUG AS WELL AS THE TERMINALS.
9. DRAWING CONFORMS TO JEDEC MO220 EXCEPT THE EXPOSED PAD DIMENSIONS OF T4877-3/-4/-6 & T5677-1.
10. WARPAGE SHALL NOT EXCEED 0.10 mm.
11. MARKING IS FOR PACKAGE ORIENTATION REFERENCE ONLY.
12. NUMBER OF LEADS SHOWN ARE FOR REFERENCE ONLY.
13. ALL DIMENSIONS APPLY TO BOTH LEADED (–) AND PbFREE (+) PKG. CODES.

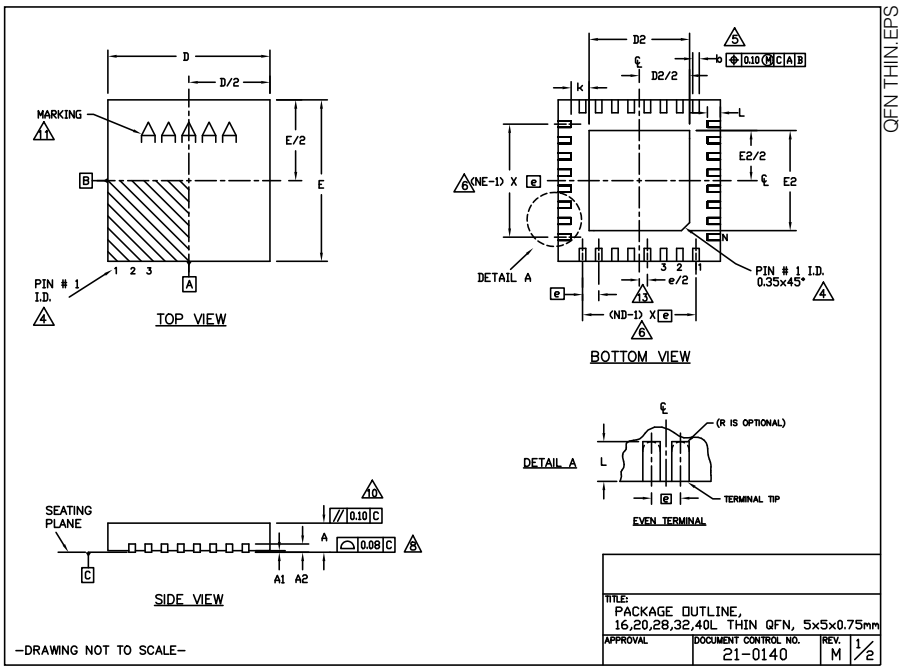
–DRAWING NOT TO SCALE–

TITLE: PACKAGE OUTLINE, 32, 44, 48, 56L THIN QFN, 7x7x0.75mm

APPROVAL	DOCUMENT CONTROL NO.	REV.	
	21-0144	I	2/2

パッケージ(続き)

(このデータシートに掲載されているパッケージ仕様は、最新版が反映されているとは限りません。最新のパッケージ情報は、japan.maxim-ic.com/packagesをご参照下さい。)



COMMON DIMENSIONS															
PKG.	16L 5x5			20L 5x5			28L 5x5			32L 5x5			40L 5x5		
SYMBOL	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.
A	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80
A1	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05
A2	0.20 REF.			0.20 REF.			0.20 REF.			0.20 REF.			0.20 REF.		
b	0.25	0.30	0.35	0.25	0.30	0.35	0.20	0.25	0.30	0.20	0.25	0.30	0.15	0.20	0.25
D	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10
E	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10
e	0.80 BSC.			0.65 BSC.			0.50 BSC.			0.50 BSC.			0.40 BSC.		
k	0.25	-	-	0.25	-	-	0.25	-	-	0.25	-	-	0.25	-	-
L	0.30	0.40	0.50	0.45	0.55	0.65	0.45	0.55	0.65	0.30	0.40	0.50	0.30	0.40	0.50
N	16			20			28			32			40		
ND	4			5			7			8			10		
NE	4			5			7			8			10		
JEDEC	WHHB			WHHC			WHHD-1			WHHD-2			-----		

EXPOSED PAD VARIATIONS						
PKG. CODES	D2			E2		
	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.
T1655-2	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T1655-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T1655-4	2.19	2.29	2.39	2.19	2.29	2.39
T165N-1	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T2055-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T2055-4	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T2055-5	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35
T2055MN-5	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35
T2855-3	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35
T2855-4	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80
T2855-5	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80
T2855-6	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35
T2855-7	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80
T2855-8	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35
T2855N-1	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35
T3255-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T3255-4	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T3255M-4	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T3255-5	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T3255N-1	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T4055-1	3.40	3.50	3.60	3.40	3.50	3.60
T4055-2	3.40	3.50	3.60	3.40	3.50	3.60
T4055N-1	3.40	3.50	3.60	3.40	3.50	3.60
T4055MN-1	3.40	3.50	3.60	3.40	3.50	3.60

NOTES:
1. DIMENSIONING & TOLERANCING CONFORM TO ASME Y14.5M-1994.
2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS. ANGLES ARE IN DEGREES.
3. N IS THE TOTAL NUMBER OF TERMINALS.
4. THE TERMINAL #1 IDENTIFIER AND TERMINAL NUMBERING CONVENTION SHALL CONFORM TO JESD 95-1 SPP-012. DETAILS OF TERMINAL #1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE TERMINAL #1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE.
5. DIMENSION b APPLIES TO METALLIZED TERMINAL AND IS MEASURED BETWEEN 0.25 mm AND 0.30 mm FROM TERMINAL TIP.
6. ND AND NE REFER TO THE NUMBER OF TERMINALS ON EACH D AND E SIDE RESPECTIVELY.
7. DEPOPULATION IS POSSIBLE IN A SYMMETRICAL FASHION.
8. COPLANARITY APPLIES TO THE EXPOSED HEAT SINK SLUG AS WELL AS THE TERMINALS.
9. DRAWING CONFORMS TO JEDEC MO220, EXCEPT EXPOSED PAD DIMENSION FOR T2855-3, T2855-6, T4055-1 AND T4055-2.
10. WARPAGE SHALL NOT EXCEED 0.10 mm.
11. MARKING IS FOR PACKAGE ORIENTATION REFERENCE ONLY.
12. NUMBER OF LEADS SHOWN ARE FOR REFERENCE ONLY.
13. LEAD CENTERLINES TO BE AT TRUE POSITION AS DEFINED BY BASIC DIMENSION 'e', ±0.05.
14. ALL DIMENSIONS APPLY TO BOTH LEADED (-) AND PbFREE (+) PKG. CODES.

-DRAWING NOT TO SCALE-

TITLE:
PACKAGE OUTLINE,
16,20,28,32,40L THIN QFN, 5x5x0.75mm
APPROVAL
DOCUMENT CONTROL NO.
21-0140
REV.
M
2/2

マキシム・ジャパン株式会社　〒141-0032　東京都品川区大崎1-6-4 大崎ニューシティ 4号館 20F　TEL: 03-6893-6600

Maximは完全にMaxim製品に組込まれた回路以外の回路の使用について一切責任を負いかねます。回路特許ライセンスは明言されていません。Maximは随時予告なく回路及び仕様を変更する権利を留保します。「Electrical Characteristics (電気的特性)」の表に示すパラメータ値(min、maxの各制限値)は、このデータシートの他の場所で引用している値より優先されます。

© 2006 Maxim Integrated Products　MaximはMaxim Integrated Products, Inc.の登録商標です。