

## 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

### 概要

MAX9705は第3世代の超低EMI、モノラル、D級オーディオパワーアンプであり、D級の効率でAB級の性能を発揮します。MAX9705は2.3Wを4Ω負荷に供給し、85%以上の効率を発揮します。アクティブ放射制限(AEL)回路は、どの過渡出力電圧状態においても出力FETゲート遷移を能動的に制御して、EMIを大幅に低減します。AELは、誘導性負荷がある場合に従来のD級フリーホイール動作から発生する高周波放射を防止します。ゼロデッドタイム(ZDT)技術を通じて、出力FETが貫通伝導なしで同時にスイッチングすることによって、最高の効率とTHD+N性能が発揮されます。特許取得済みのスペクトラム拡散変調方式によって、従来のD級デバイスに配置される出力フィルタリングが不要になります。これらの設計コンセプトによってアプリケーションの部品点数が削減され、バッテリー寿命が延長されます。

MAX9705は、固定周波数変調(FFM)モードと、変調周波数に起因するEMI放射をさらに低減するスペクトラム拡散変調(SSM)モードの2種類の変調方式を提供します。SYNC入力を通じて外部クロックにMAX9705内の発振器を同期させ、スイッチング周波数を外部から設定することができます。またSYNC入力によって、複数のMAX9705をカスケード接続して周波数ロックすることもでき、クロック混変調に起因する干渉が最小限に抑制されます。こ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、および総合クリック/ポップノイズ抑制を採用しています。MAX9705の利得は内部で設定されるため(MAX9705A: 6dB、MAX9705B: 12dB、MAX9705C: 15.6dB、MAX9705D: 20dB)、外付け部品点数がさらに削減されます。

MAX9705は、10ピンTDFN (3mm x 3mm x 0.8mm) および12ピンUCSP™ (1.5mm x 2mm x 0.6mm)パッケージで提供されます。MAX9705は、-40°C~+85°Cの拡張温度範囲での動作が保証されています。

### アプリケーション

携帯電話 MP3プレーヤー  
PDA ポータブルオーディオ

選択ガイドはデータシートの最後に記載されています。

UCSPはMaxim Integrated Products, Inc.の商標です。

### 特長

- ◆ フィルタレスアンプは24インチのケーブルでFCC放射規格に準拠
- ◆ 独自のスペクトラム拡散モードとアクティブ放射制限(AEL)によってFCC規格に20dBを上回るマージンを実現
- ◆ ゼロデッドタイム(ZDT) Hブリッジによって最高の効率とTHD+Nを確保
- ◆ ステレオ動作のシンプルなマスター-スレーブ構成
- ◆ 最高効率: 90%
- ◆ 2.3Wを4Ω負荷に供給(1% THD+N)
- ◆ 低THD+N: 0.02% ( $P_{OUT} = 1W$ ,  $V_{DD} = 5.0V$ )
- ◆ 高PSRR: 75dB (217Hzにおいて)
- ◆ クリック/ポップノイズ抑制装備
- ◆ 低自己消費電流: 5.4mA
- ◆ 低電力シャットダウンモード: 0.3μA
- ◆ 短絡および熱過負荷保護
- ◆ 放熱効果に優れた省スペースパッケージで提供
  - 10ピンTDFN (3mm x 3mm x 0.8mm)
  - 10ピンμMAX
  - 12ピンUCSP (1.5mm x 2mm x 0.6mm)
- ◆ MAX9700およびMAX9712とピンコンパチブル

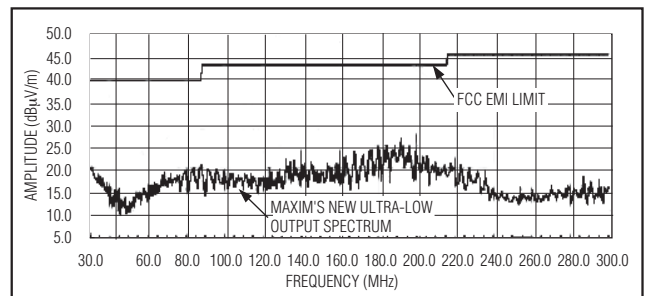
### 型番

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	TOP MARK
MAX9705AETB+T	-40°C to +85°C	10 TDFN	ACY
MAX9705AEBC+T	-40°C to +85°C	12 UCSP	ACH
MAX9705BETB+T	-40°C to +85°C	10 TDFN	ACX
MAX9705BEBC+T	-40°C to +85°C	12 UCSP	ACG

型番はデータシートの最後に続いています。

+は鉛(Pb)フリー/RoHS準拠パッケージを表します。  
T = テープ&リール

### EMIスペクトル図



# 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

MAX9705

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V <sub>DD</sub> to GND	6V
PV <sub>DD</sub> to PGND	6V
GND to PGND	-0.3V to +0.3V
PV <sub>DD</sub> to V <sub>DD</sub>	-0.3V to +0.3V
All Other Pins to GND	-0.3V to (V <sub>DD</sub> + 0.3V)
Continuous Current Into/Out of PV <sub>DD</sub> /PGND/OUT <sub>-</sub>	±600mA
Continuous Input Current (all other pins)	±20mA
Duration of OUT <sub>-</sub> Short Circuit to GND or PV <sub>DD</sub>	Continuous
Duration of Short Circuit Between OUT <sub>+</sub> and OUT <sub>-</sub>	Continuous

Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)	
10-Pin TDFN (derate 24.4mW/°C above +70°C)	1951.2mW
12-Bump UCSP (derate 6.1mW/°C above +70°C)	484mW
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
Bump Temperature (soldering)	
Reflow	+235°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<sub>DD</sub> = PV<sub>DD</sub> = V<sub>SHDN</sub> = 3.3V, V<sub>GND</sub> = V<sub>PGND</sub> = 0, SYNC = GND (FFM), R<sub>L</sub> = ∞, R<sub>L</sub> connected between OUT<sub>+</sub> and OUT<sub>-</sub>, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>GENERAL</b>							
Supply Voltage Range	V <sub>DD</sub>	Inferred from PSRR test	2.5		5.5	V	
Quiescent Current	I <sub>DD</sub>			5.4	7	mA	
Shutdown Current	I <sub>SHDN</sub>			0.3	10	μA	
Turn-On Time	t <sub>ON</sub>			30		ms	
Input Resistance	R <sub>IN</sub>	T <sub>A</sub> = +25°C	12	20		kΩ	
Input Bias Voltage	V <sub>BIAS</sub>	Either input	MAX9705A	0.88	1.0	1.12	V
			MAX9705B	0.73	0.83	0.93	
			MAX9705C	0.61	0.71	0.81	
			MAX9705D	0.48	0.56	0.64	
Voltage Gain	A <sub>V</sub>	MAX9705A	1.9	2.0	2.1	V/V	
		MAX9705B	3.8	4.0	4.2		
		MAX9705C	5.7	6.0	6.3		
		MAX9705D	9.5	10	10.5		
Output Offset Voltage	V <sub>OS</sub>	T <sub>A</sub> = +25°C		±10	±69	mV	
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	f <sub>IN</sub> = 1kHz, input referred		56		dB	
Power-Supply Rejection Ratio (Note 3)	PSRR	V <sub>DD</sub> = 2.5V to 5.5V, T <sub>A</sub> = +25°C	50	75		dB	
		200mV <sub>P-P</sub> ripple	f <sub>RIPPLE</sub> = 217Hz		75		
			f <sub>RIPPLE</sub> = 20kHz		60		
Output Power	P <sub>OUT</sub>	THD+N = 1%, f <sub>IN</sub> = 1kHz	R <sub>L</sub> = 8Ω		600	mW	
			R <sub>L</sub> = 4Ω MAX9705_ETB+T and MAX9705_EUB+ only		950		
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	f <sub>IN</sub> = 1kHz, either FFM or SSM	R <sub>L</sub> = 8Ω, P <sub>OUT</sub> = 450mW		0.02	%	
			R <sub>L</sub> = 4Ω, P <sub>OUT</sub> = 375mW		0.025		
Click/Pop Level	K <sub>CP</sub>	Peak voltage, A-weighted (Notes 3, 4)	Into shutdown		-68	dB	
			Out of shutdown		-60.5		
Output Slew Rate	SR			176		V/μs	

## 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

MAX9705

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

( $V_{DD} = PV_{DD} = V_{SHDN} = 3.3V$ ,  $V_{GND} = V_{PGND} = 0$ , SYNC = GND (FFM),  $R_L = \infty$ ,  $R_L$  connected between OUT+ and OUT-,  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^\circ C$ .) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Rise/Fall Time	$t_{RISE}, t_{FALL}$	10% to 90%			15		ns
Signal-to-Noise Ratio	SNR	$V_{OUT} = 2V_{RMS}$	BW = 22Hz to 22kHz	FFM	91		dB
				SSM	89		
			A-weighted	FFM	93		
				SSM	91		
Oscillator Frequency	$f_{OSC}$	SYNC = GND		980	1100	1220	kHz
		SYNC = $V_{DD}$ (SSM)			1220	$\pm 120$	
SYNC Frequency Lock Range				800		2000	kHz
Efficiency	$\eta$	$P_{OUT} = 800mW$ , $f_{IN} = 1kHz$ , $R_L = 8\Omega$			89		%
<b>DIGITAL INPUTS (SHDN, SYNC)</b>							
Input Thresholds		$V_{IH}$		2			V
		$V_{IL}$				0.8	
SHDN Input Leakage Current					0.1	$\pm 10$	$\mu A$
SYNC Input Current		(Note 5)			-1.25	$\pm 10$	$\mu A$

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

( $V_{DD} = PV_{DD} = V_{SHDN} = 5V$ ,  $V_{GND} = V_{PGND} = 0$ , SYNC = GND (FFM),  $R_L = \infty$ ,  $R_L$  connected between OUT+ and OUT-,  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^\circ C$ .) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Quiescent Current	$I_{DD}$				7		mA
Shutdown Current	$I_{SHDN}$				0.55		$\mu A$
Power-Supply Rejection Ratio	PSRR	200mV <sub>p-p</sub> ripple	f = 217Hz		75		dB
			f = 20kHz		60		
Output Power	$P_{OUT}$	THD+N = 1%, f = 1kHz	$R_L = 16\Omega$		750		mW
			$R_L = 8\Omega$		1400		
			$R_L = 4\Omega$		2300		
			MAX9705_ETB+T and MAX9705_EUB+ only				
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	f = 1kHz, either FFM or SSM	$R_L = 8\Omega$ , $P_{OUT} = 1.0W$		0.02		%
			$R_L = 4\Omega$ , $P_{OUT} = 1.75W$		0.05		
Signal-to-Noise Ratio	SNR	$V_{OUT} = 3V_{RMS}$	BW = 22Hz to 22kHz	FFM	94		dB
				SSM	91		
			A-weighted	FFM	97		
				SSM	93		

**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  $R_L = 4\Omega$ , L = 33 $\mu H$ . For  $R_L = 8\Omega$ , L = 68 $\mu H$ . For  $R_L = 16\Omega$ , L = 136 $\mu H$ .

**Note 3:** Inputs AC-coupled to GND.

**Note 4:** Testing performed with 8 $\Omega$  resistive load in series with 68 $\mu H$  inductive load connected across BTL output. Mode transitions are controlled by SHDN pin.  $K_{CP}$  level is calculated as  $20 \times \log[(\text{peak voltage under normal operation at rated power level})/(\text{peak voltage during mode transition, no input signal})]$ . Units are expressed in dB.

**Note 5:** SYNC has a 1M $\Omega$  resistor to  $V_{REF} = 1.25V$ .

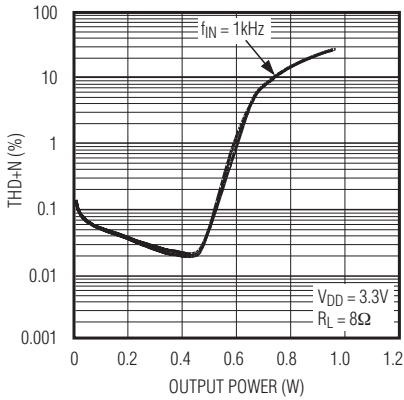
# 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

MAX9705

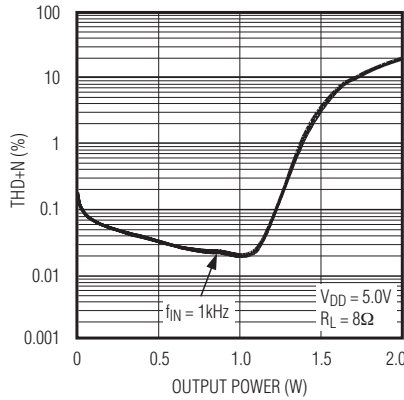
## 標準動作特性

( $V_{DD} = 3.3V$ ,  $SYNC = V_{DD}$  (SSM), differential input,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted. *Typical Operating Characteristics* for  $4\Omega$  load condition apply to the MAX9705\_ETB+T only.)

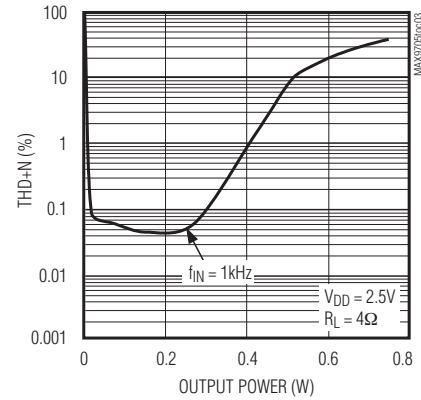
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



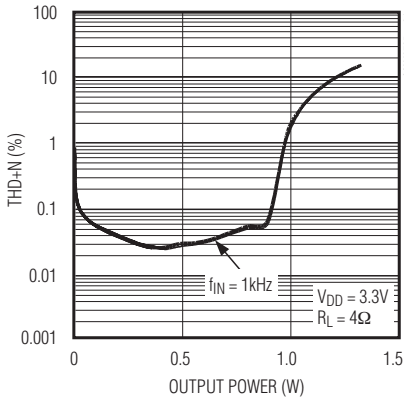
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



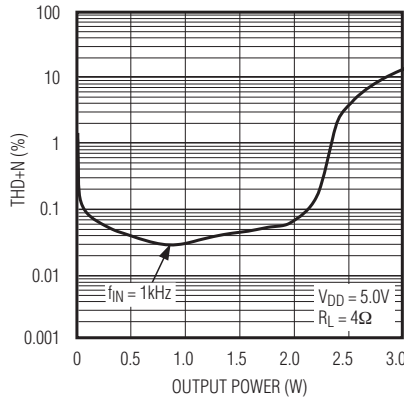
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



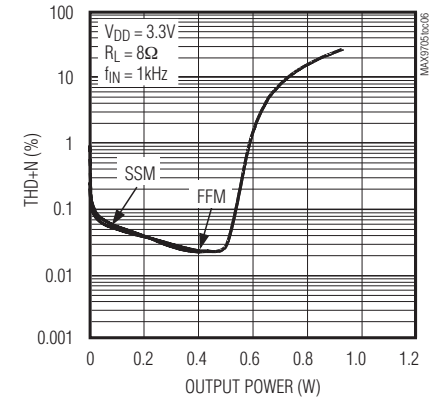
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



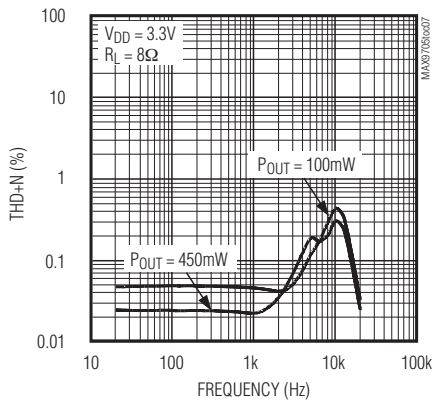
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



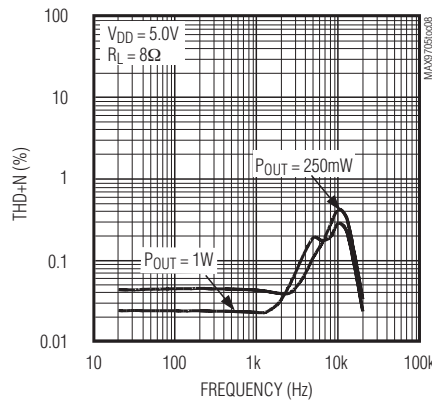
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



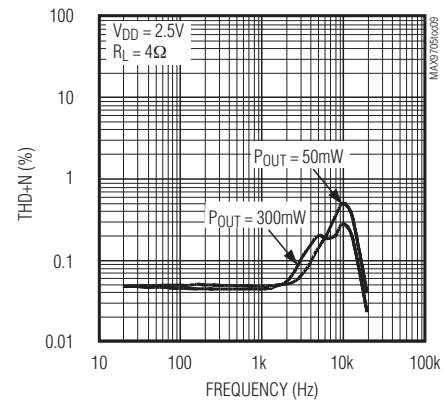
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY**



**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY**



**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY**

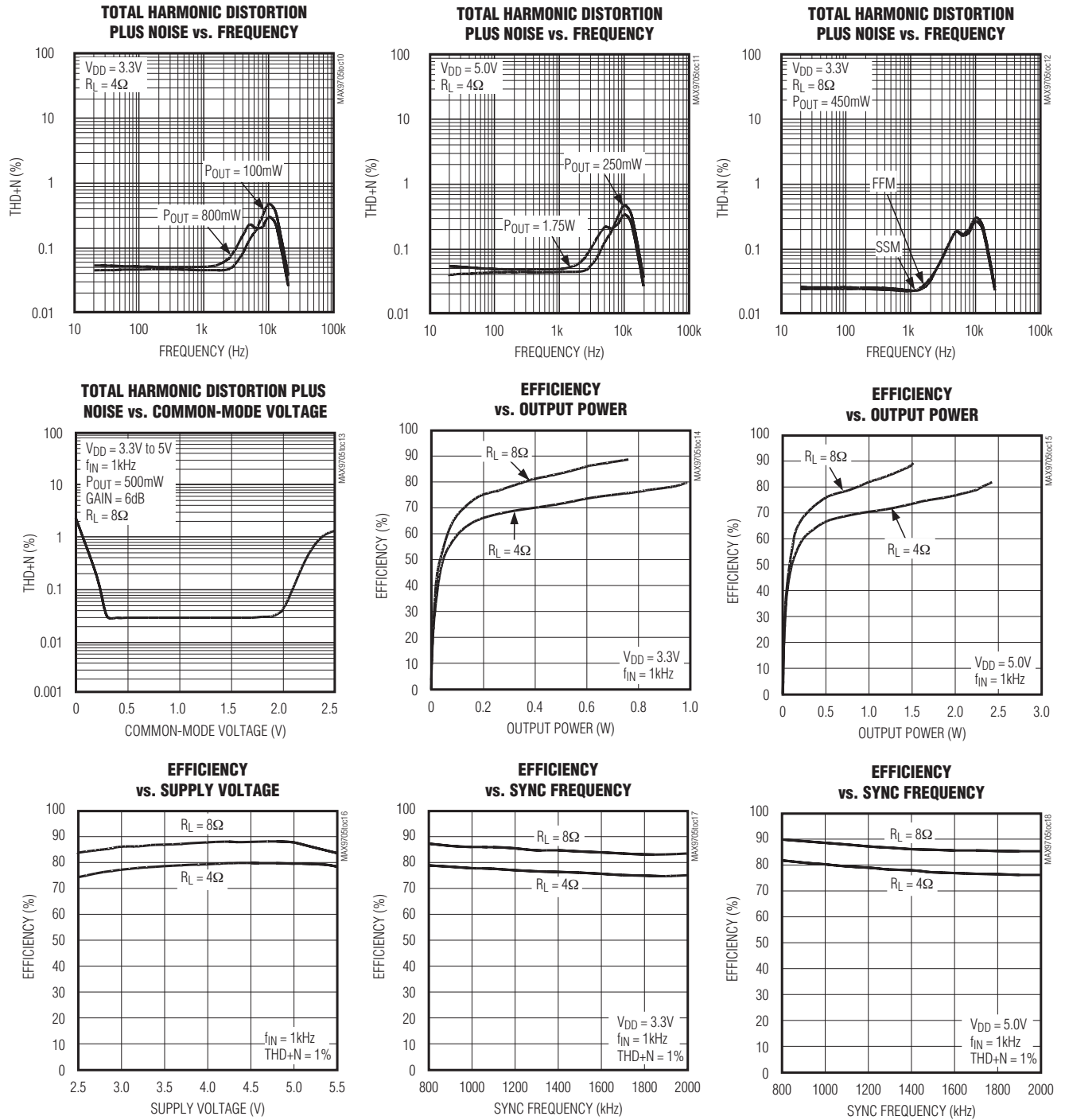


# 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

MAX9705

## 標準動作特性(続き)

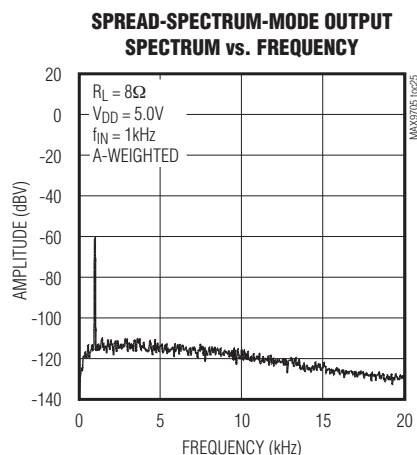
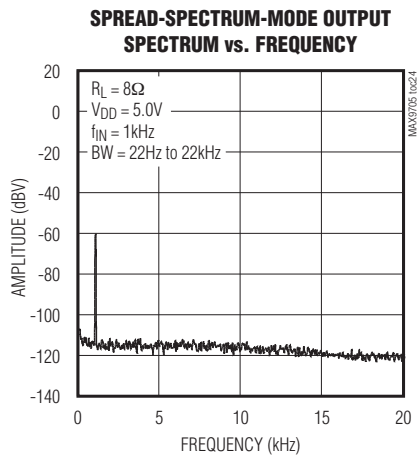
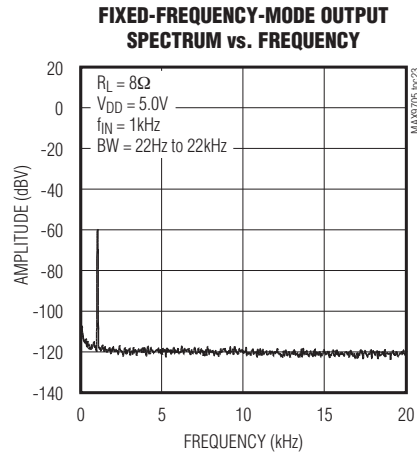
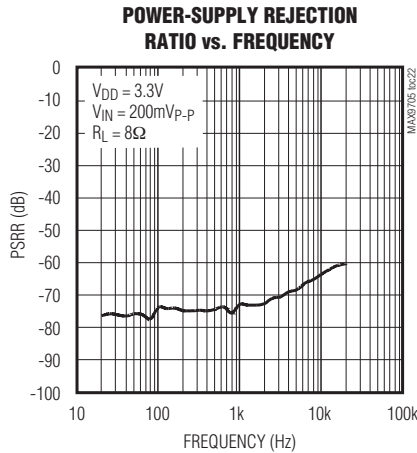
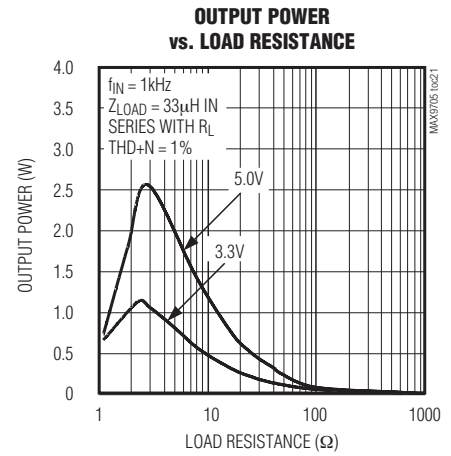
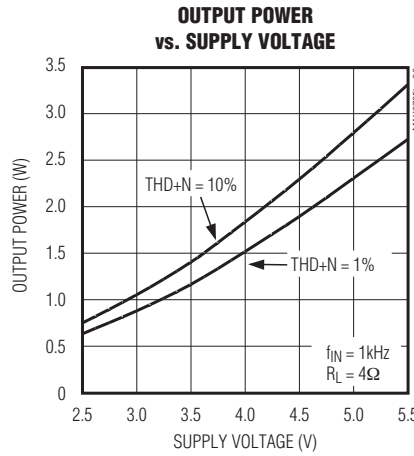
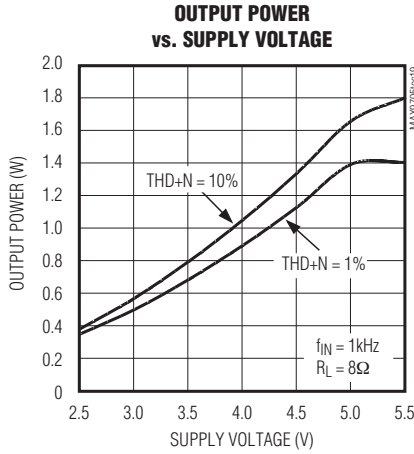
( $V_{DD} = 3.3V$ ,  $SYNC = V_{DD}$  (SSM), differential input,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted. Typical Operating Characteristics for  $4\Omega$  load condition apply to the MAX9705\_ETB+T only.)



# 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

## 標準動作特性(続き)

( $V_{DD} = 3.3V$ ,  $SYNC = V_{DD}$  (SSM), differential input,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted. *Typical Operating Characteristics* for  $4\Omega$  load condition apply to the MAX9705\_ETB+T only.)

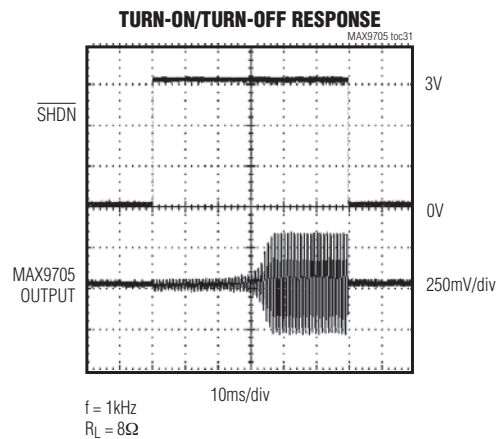
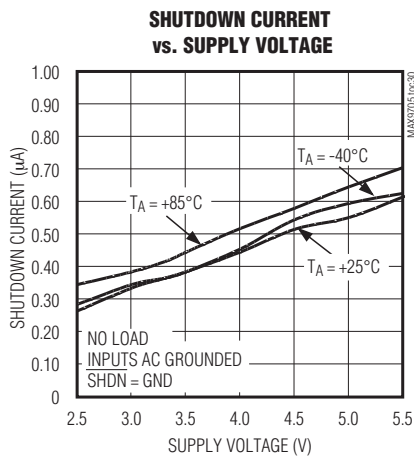
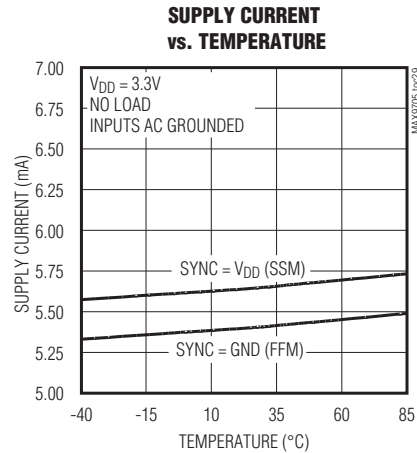
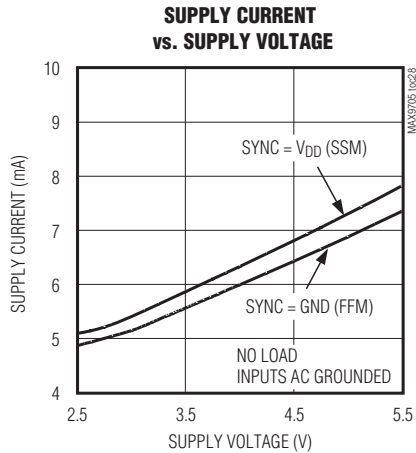
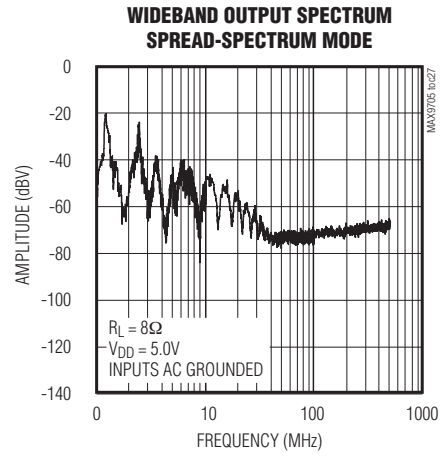
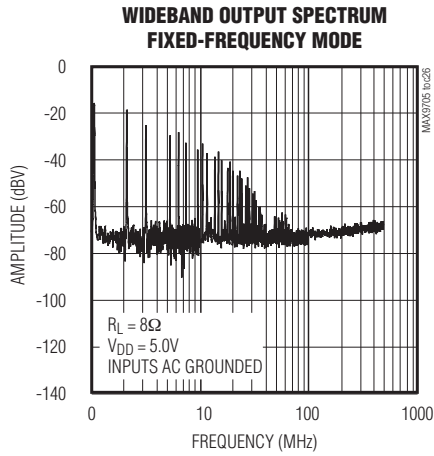


# 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

MAX9705

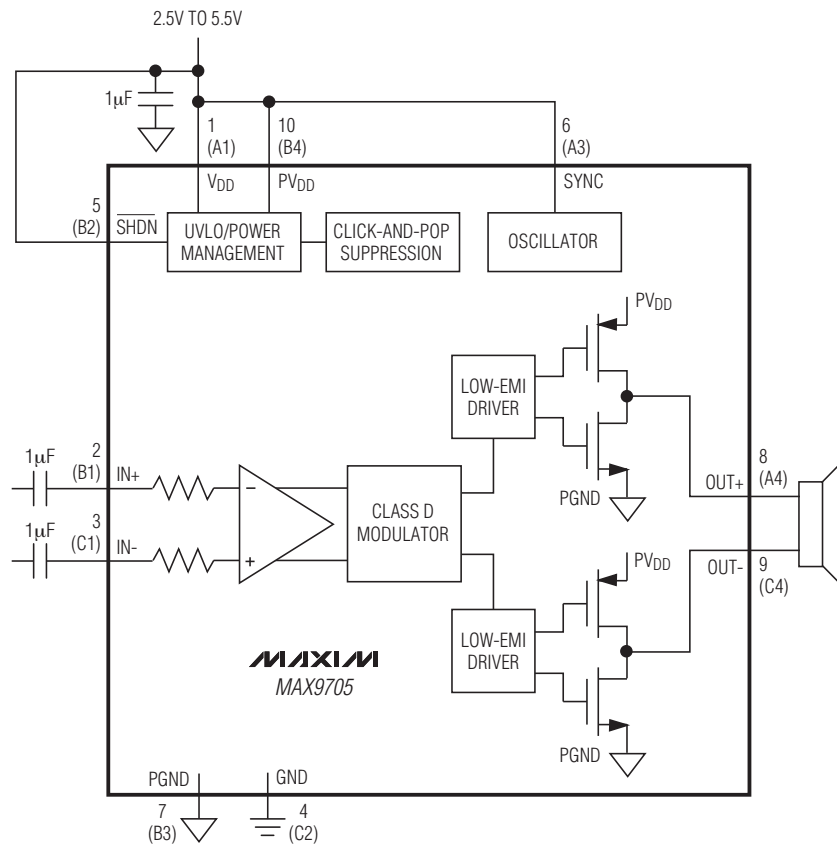
## 標準動作特性(続き)

( $V_{DD} = 3.3V$ ,  $SYNC = V_{DD}$  (SSM), differential input,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted. Typical Operating Characteristics for  $4\Omega$  load condition apply to the MAX9705\_ETB+T only.)



# 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

## ファンクションダイアグラム



( ) UCSP BUMP.  
FIGURE SHOWS MAX9705 CONFIGURED FOR SPREAD-SPECTRUM OPERATION.



## 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

### 端子説明

端子	バンク	名称	機能
TDFN	UCSP		
1	A1	V <sub>DD</sub>	アナログ電源
2	B1	IN+	非反転オーディオ入力
3	C1	IN-	反転オーディオ入力
4	C2	GND	アナロググランド
5	B2	SHDN	アクティブロー、シャットダウン入力。通常動作の場合は、V <sub>DD</sub> に接続します。
6	A3	SYNC	周波数の選択と外部クロック入力。 SYNC = GND: 固定周波数モード、f <sub>S</sub> = 1100kHz SYNC = V <sub>DD</sub> : スペクトラム拡散モード、f <sub>S</sub> = 1220kHz ±120kHz SYNC = クロック入力: 固定周波数モード、f <sub>S</sub> = 外部クロック周波数
7	B3	PGND	電源グランド
8	A4	OUT+	アンプ出力の正相
9	C4	OUT-	アンプ出力の逆相
10	B4	PV <sub>DD</sub>	Hブリッジ電源
—	—	EP	エクスポーズドパッド。グランドに内部接続されています。放熱特性を最大化するために大きなグランドプレーンに接続してください。電気的な接続ポイントではありません(TDFNのみ)。

### 詳細

MAX9705は超低EMI、フィルタレスD級オーディオパワーアンプで、スイッチモードアンプ技術をいくつか改良しています。MAX9705は、EMIを低減する出力ドライバアクティブ放射制限回路を内蔵しています。ゼロデッドタイム(ZDT)技術を通じて、出力FETが貫通伝導なしで同時にスイッチングすることによって、最高の効率とTHD+N性能が発揮されます。独自のフィルタレス変調方式、同期可能なスイッチング周波数、およびスペクトラム拡散モードによって、基板面積が最小限でありながら、フレキシブルな、低ノイズの高効率、小型オーディオパワーアンプを実現しています。差動入力アーキテクチャを採用しているため、入力結合コンデンサを使用してもしなくても、コモンモードノイズの混入が低減します。また、MAX9705を性能を低下させずに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。

熱過負荷/短絡保護によって、障害状態時にMAX9705が損傷しないようにします。ダイ温度が+125°Cに達すると、アンプはディセーブルされます。通常動作が続くには、ダイが10°Cだけ冷却される必要があります。出力電流が約2Aに達すると、MAX9705の出力はシャットダウンされます。各出力FETは、それぞれ短絡保護を備えています。この保護方式によって、このアンプはいずれかの電源レールへの短絡に耐えることができます。熱過負荷または短絡の後に、通常動作に戻ろうとする前に最低

50μsの間、デバイスはディセーブル状態を維持します。アンプはすぐにシャットダウンされ、障害状態がまだある場合はオンになる前にさらに50μs待機します。この動作によって、出力は持続的な障害の間にパルス化することができます。

コンパレータはMAX9705の入力を監視して、相補入力電圧をのこぎり波形と比較します。のこぎり波の入力の大きさが対応する入力電圧を上回ると、コンパレータはトリップされます。両方のコンパレータは第2コンパレータトリップポイントの立上りエッジの一定時間後にリセットされ、第2コンパレータの出力に最小幅パルスのt<sub>ON(MIN)</sub>を生成します(図1)。入力電圧が上昇または下降すると、一方の出力のパルス期間は長くなりますが(第1コンパレータがトリップ)、他方の出力のパルス期間はt<sub>ON(MIN)</sub>にとどまります。このため、スピーカの両端間の正味の電圧(V<sub>OUT+</sub> - V<sub>OUT-</sub>)は変動します。

### 動作モード

#### 固定周波数変調(FFM)モード

FFMモードを選択するには1.1MHzのスイッチング周波数でSYNC = GNDを設定します。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関連する高調波で構成されています(「標準動作特性」のWideband Output Spectrum Fixed-Frequency Mode(広帯域スペクトル固定周波数モード)のグラフを参照)。

## 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

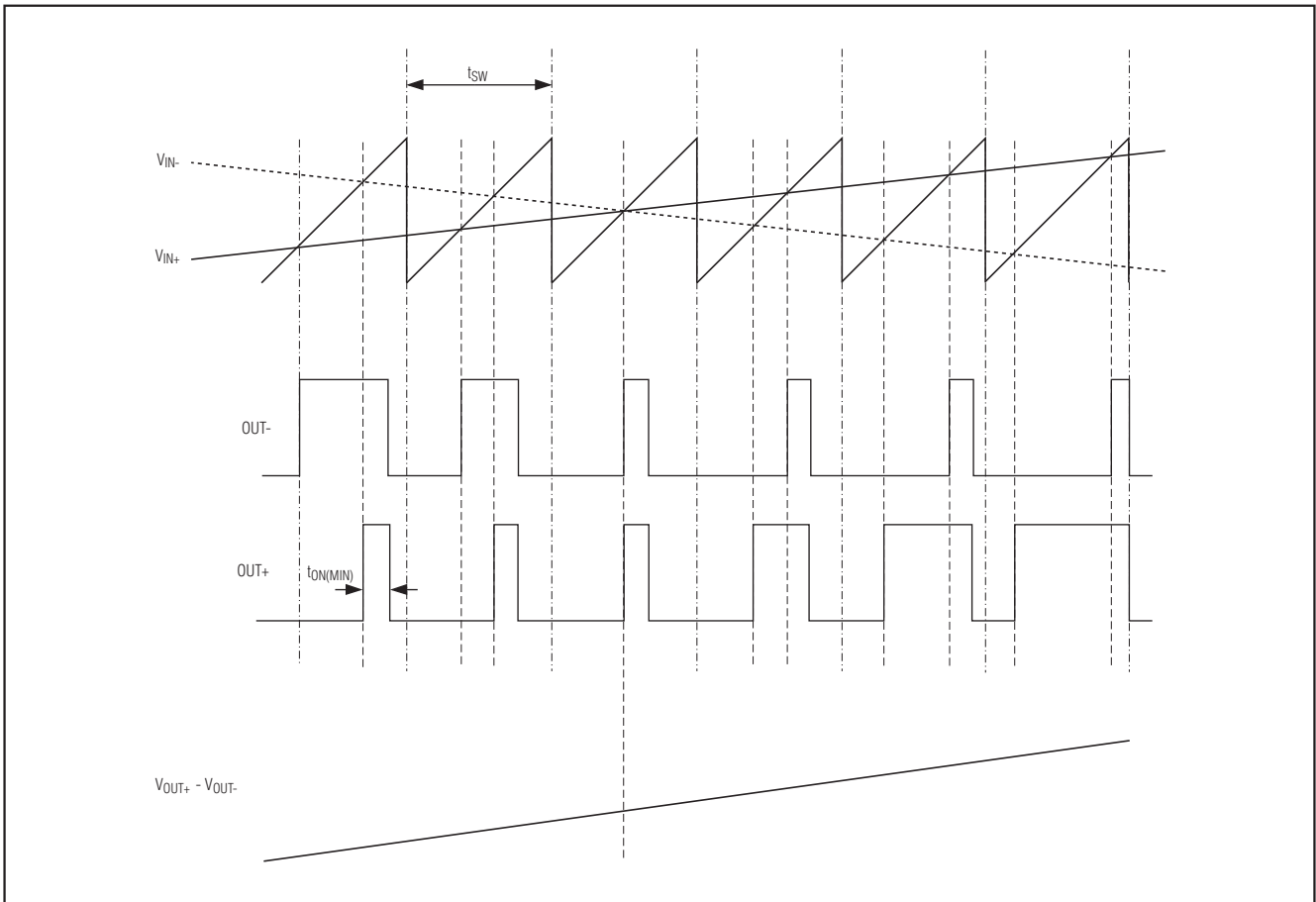


図1. 入力信号印加時のMAX9705の出力

表1. 動作モード

SYNC INPUT	MODE
GND	FFM with $f_S = 1100\text{kHz}$
$V_{DD}$	SSM with $f_S = 1220\text{kHz} \pm 120\text{kHz}$
Clocked	FFM with $f_S = \text{external clock frequency}$

### スペクトラム拡散変調(SSM)モード

MAX9705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、EMI放射が5dB向上します。独自の技術のため、スイッチング期間のサイクルごとの変動によってオーディオ再生や効率が劣化しません(「標準動作特性」参照)。SYNC =  $V_{DD}$ を設定して、SSMモードを選択します。SSMモードでは、スイッチング周波数は中心周波数(1.22MHz)の $\pm 120\text{kHz}$ でランダムに変動します。変調方式は変わりませんが、のこぎり波の周期はサイ

クルごとに変動します(図2)。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にわたってエネルギーは拡散します。広帯域スペクトルは数メガヘルツより上方で、ホワイトノイズのように見え、EMI対策になります(「EMIスペクトル図」参照)。

### 外部クロックモード

SYNC入力によって、MAX9705をシステムクロックと同期可能なため、スイッチング高調波のスペクトル成分を敏感でない周波数帯域に移すことができます。800kHz~2MHzの外部TTLクロックをSYNCに印加すると、MAX9705のスイッチング周波数が同期化されます。SYNCクロックの周期をランダム化し、MAX9705を、SSMモードで動作する別のMAX9705と同期させることができます。

## 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

MAX9705

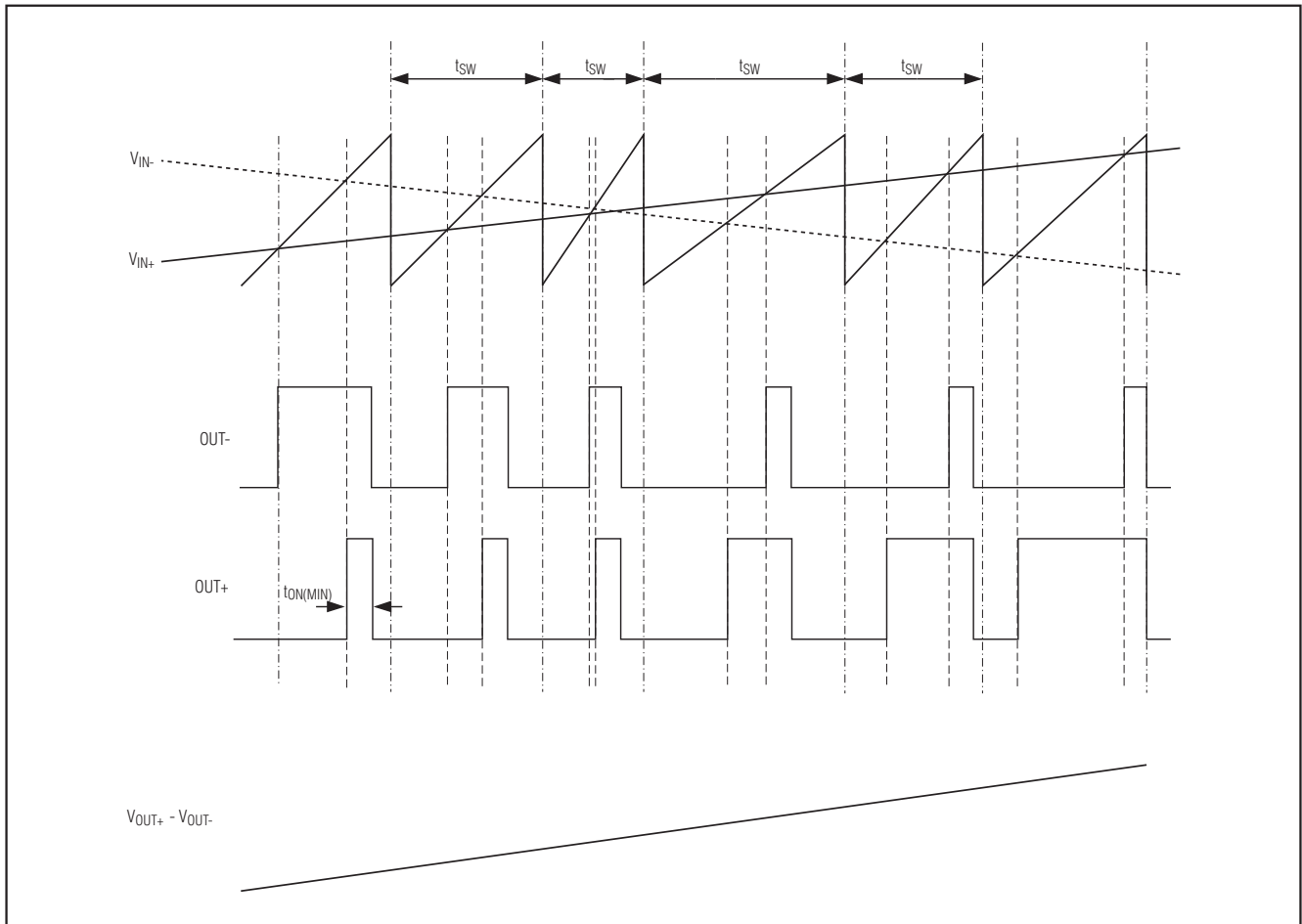


図2. 入力信号印加時のMAX9705の出力(SSMモード)

### フィルタレス変調/コモンモードアイドル

MAX9705はMaxim独自の変調方式を採用し、この方式によって従来のD級アンプに必要なLCフィルタが不要になるため、効率が向上し、部品点数が削減され、基板面積やシステムコストが節減されます。従来のD級アンプは、信号がないときに50%のデューティサイクル方形波を出力します。フィルタがない場合は、方形波がDC電圧として負荷の両端に発生し、有限の負荷電流が流れて電力消費が増大します。信号がMAX9705の入力にない場合は、出力が図3に示されるようにスイッチングします。MAX9705はスピーカを差動駆動するため、2つの出力は相殺し、スピーカに正味のアイドルモード電圧は発生せず、電力消費が最低限に抑えられます。

### 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

方向スイッチとして機能し、その自己消費電力はごくわずかです。D級出力段に関連する電力損失は、主にMOSFETオン抵抗の $I^2R$ 損失と電源電流オーバー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、MAX9705は同一条件下で70%以上もの効率を示します(図4)。

### シャットダウン

MAX9705は、消費電力を低減し、バッテリー寿命を延ばすシャットダウンモードを備えています。SHDNをローにすると、MAX9705は低電力(0.3 $\mu$ A)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、SHDNを $V_{DD}$ に接続します。

## 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

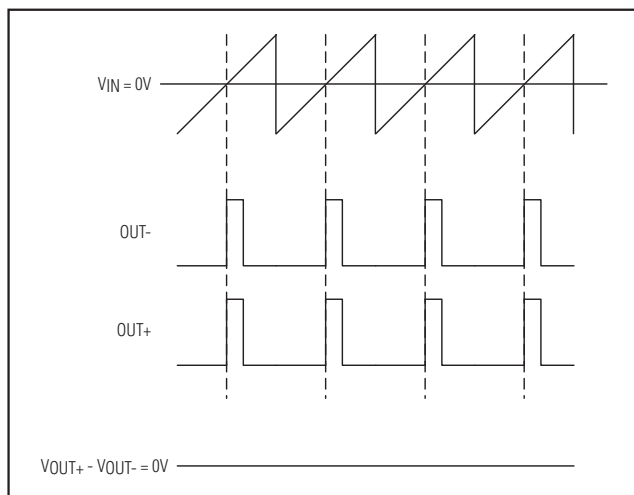


図3. 無入力信号時のMAX9705の出力

### クリック/ポップ抑制

MAX9705は、スタートアップ時やシャットダウン時に可聴トランジェントを排除する包括的クリック/ポップ抑制を備えています。シャットダウンの間は、Hブリッジはハイインピーダンス状態になります。スタートアップ時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。スタートアップ後の30msの間に、ソフトスタート機能によって入力アンプが段階的にミュート解除されます。

### 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、アンプの出力からオーディオ信号を再生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のサイズが増大し、効率とTHD+Nの性能が低下する場合があります。従来のPWM方式では大きな差動出力スイング ( $2 \times V_{DD}$  ピークトゥピーク)を使用するため、大リップル電流が発生します。このため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。

MAX9705には、出力フィルタは不要です。こ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に基づき、方形波出力のオーディオ成分を再生します。出力フィルタが不要のため、小型化された低コストで高効率のソリューションがもたらされます。

MAX9705の出力の周波数はほとんどのスピーカの周波数を大幅に上回るため、短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

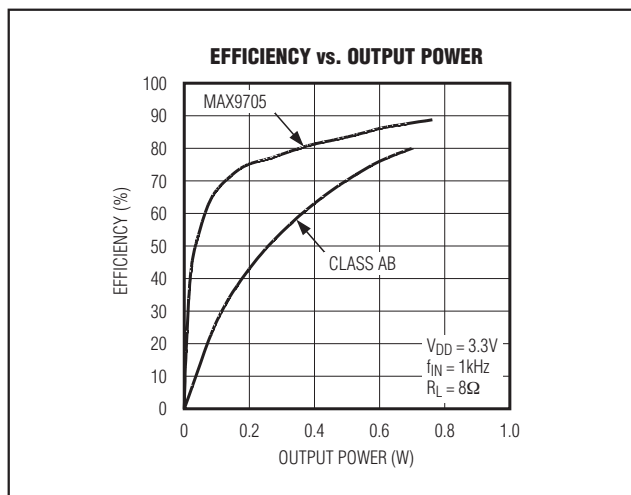


図4. MAX9705の効率およびAB級の効率

わずかですが、許容電力に余裕がないスピーカを損傷させる場合があります。結果を最適化するためには、直列インダクタンスが $10\mu\text{H}$ 以上のスピーカを使用します。標準的な $8\Omega$ スピーカは、 $20\mu\text{H}$ ~ $100\mu\text{H}$ の範囲の直列インダクタンスを示します。

#### 電力変換効率

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印加時の自己消費電流の消費量はあまり増加しません。これは、D級アンプの電力変換に起因します。たとえば、 $8\Omega$ 負荷への $8\text{mV}$  DCオフセットによって、AB級デバイスでは $1\text{mA}$ の余分な電流消費が発生します。D級の場合は、 $8\Omega$ への $8\text{mV}$ のオフセットは $8\mu\text{W}$ の電力消費が追加されます。D級アンプの高効率によって、これは $8\mu\text{W}/(V_{DD}/100\eta)$ の自己電流消費の増加を示し、数マイクロアンペアに相当します。

#### 入力アンプ

##### 差動入力

MAX9705は差動入力構造を備えているため、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。携帯電話などのデバイスでは、RFトランスミッタの高周波信号がアンプの入力配線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にコモンモードノイズとして現れます。差動入力アンプは2つの入力の差を増幅し、両入力の同相信号は相殺されます。

##### シングルエンド入力

MAX9705は、どちらかの入力をGND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設定することができます(図5)。

## 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

MAX9705Aのシングルエンド電圧範囲は $3V_{p-p}$ であることに注意してください。このため、このデバイスの達成出力電力は制限されます。シングルエンドアプリケーションでこれより高い出力電力が望まれる場合は、高利得のバージョン(MAX9705B、MAX9705C、MAX9705D)を使用します。

### DC結合入力

入力アンプは、アンプのコモンモード範囲内でバイアスされたDC結合入力を受け付けることができます(「標準動作特性」参照)。DC結合によって入力結合コンデンサは不要になり、場合によっては部品点数は1つの外付け部品に削減されます(「システムダイアグラム」参照)。ただし、コンデンサの低周波除去が失われるため、低周波信号が負荷に供給されます。

### 部品の選択

#### 入力フィルタ

入力コンデンサ $C_{IN}$ は、MAX9705の入力抵抗とともに入力信号からDCバイアスを除去するハイパスフィルタを構成します。AC結合コンデンサによって、アンプは信号を最適なDCレベルにバイアスすることができます。ソースのインピーダンスがゼロの場合は、ハイパスフィルタの $-3dB$ 点は次式から求められます。

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

$f_{-3dB}$ が対象とする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、低電圧係数を持つ誘電体のコンデンサを使用します。セラミックなど高電圧係数のコンデンサでは、低周波において歪みが増大するおそれがあります。サイズの制限の理由でセラミックコンデンサを選択した場合は、電圧係数の影響を最小限にするために出来る限り大きいパッケージのものを使用してください。さらに、Y5VやZ5Vではなく、X7R電解コンデンサを使用してください。入力フィルタを設計する際のその他の検討事項として、システム全体の制約と対象とする実際の周波数帯が挙げられます。ハイファイオーディオでは20Hz~20kHzで平坦利得応答が要求されますが、携帯電話や送受信兼用の無線機などのポータブルな音声再生デバイスでは人間の声の周波数範囲(通常、300Hz~3.5kHz)にのみ集中する必要があります。また、ポータブルデバイスに使用されるスピーカは通常、150Hz以下で応答が劣っています。これらの2つの要素を考慮すると、入力フィルタを20Hz~20kHzの応答を対象に設計する必要はなく、

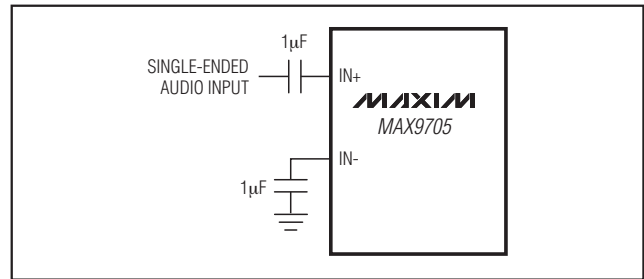


図5. シングルエンド入力

小型化されたコンデンサを使用することにより基板面積とコストの両方が節減されます。

#### 出力フィルタ

MAX9705には、出力フィルタは不要です。このデバイスは、24インチの非シールドツイストペアスピーカケーブルに関するFCC放射規格に適合しています。ただし、基板レイアウトや過度なケーブル長に起因する放射に弱い設計の場合や、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します。

#### 電源バイパス/レイアウト

適切な電源バイパスによって、低歪みの動作が保証されます。性能を最適化するには、各端子にできる限り近接した $1\mu F$ の各コンデンサで $V_{DD}$ をGNDに、 $PV_{DD}$ をPGNDにバイパスします。 $PV_{DD}$ はローインピーダンスで大電流電源と接続することが前提となります。アプリケーションと電源特性に従って、必要に応じて大容量コンデンサを追加する必要があります。GNDおよびPGNDをシステムグラウ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、MAX9705の評価キットを参照してください。

#### ステレオ構成

2つのMAX9705をステレオアンプとして構成することができます(図6)。デバイスU1はマスタアンプであり、その未フィルタリング出力はスレーブデバイス(U2)のSYNC入力を駆動し、2つのデバイスのスイッチング周波数を同期させます。2つのMAX9705を同期させると、ビート周波数がオーディオスペクトル内に発生しません。このステレオ構成は、マスタデバイスがFFMまたはSSMモード状態であるときに機能します。SYNC接続によって優れたTHD+N性能がもたらされ、両デバイス間のクロストークが最低限に抑制されます(図7および図8)。U2は、パルス幅でなく、SYNCにある周波数だけにロックします。デバイスU2の内部フィードバックループによって、U1の出力のオーディオ成分が除去されます。

# 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

MAX9705

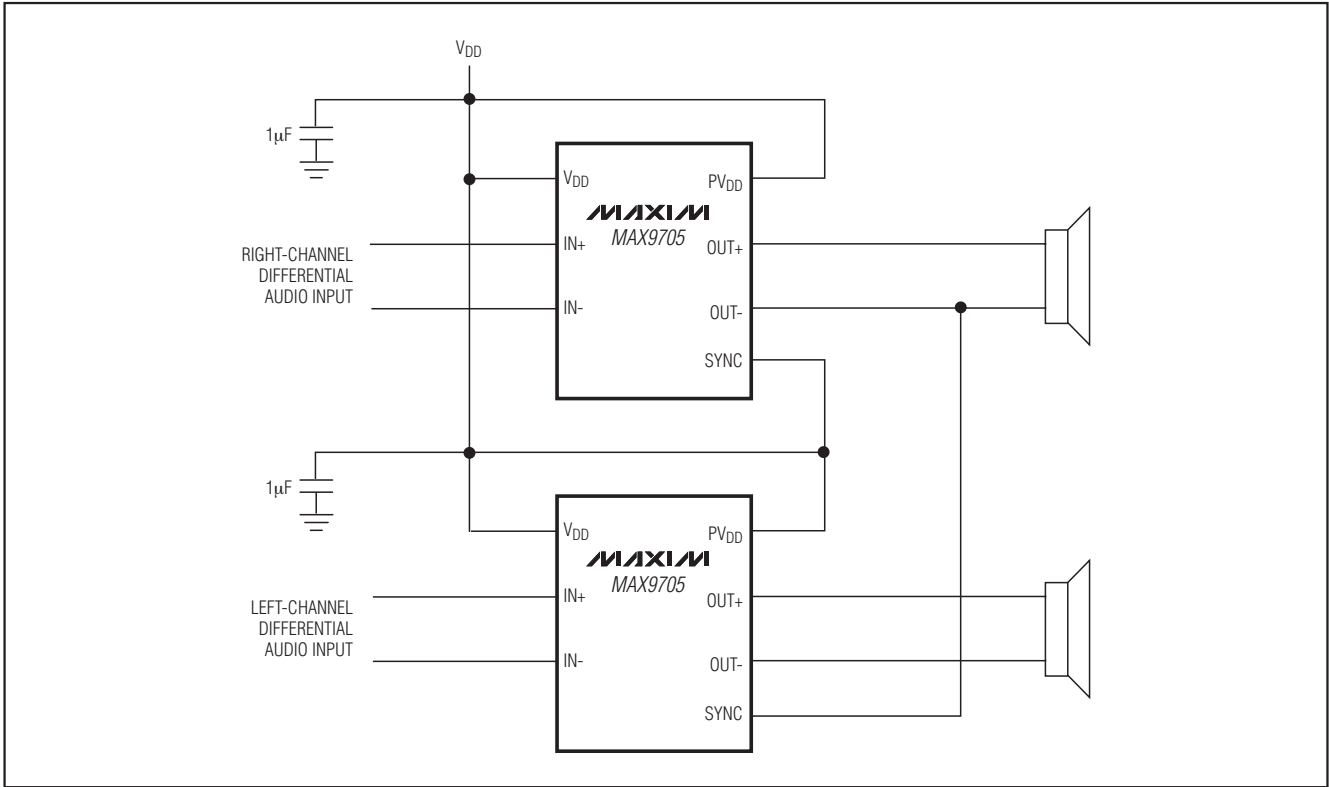


図6. マスタ-スレーブステレオ構成

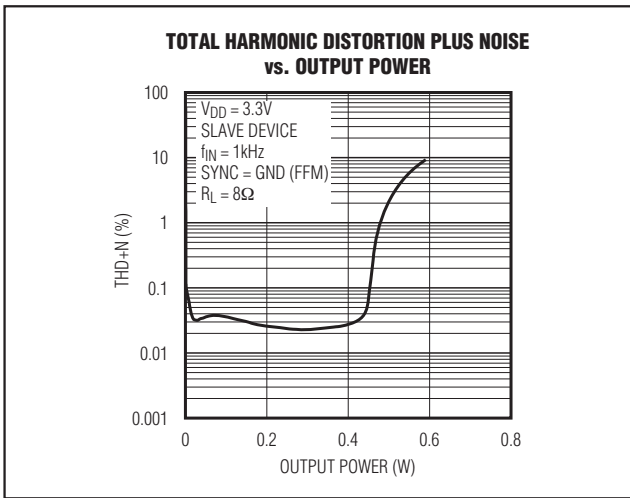


図7. マスタ-スレーブTHD+N

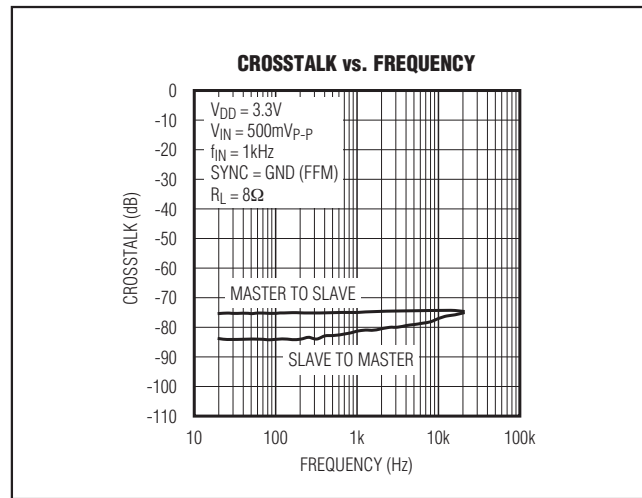


図8. マスタ-スレーブクロストーク

## 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

MAX9705

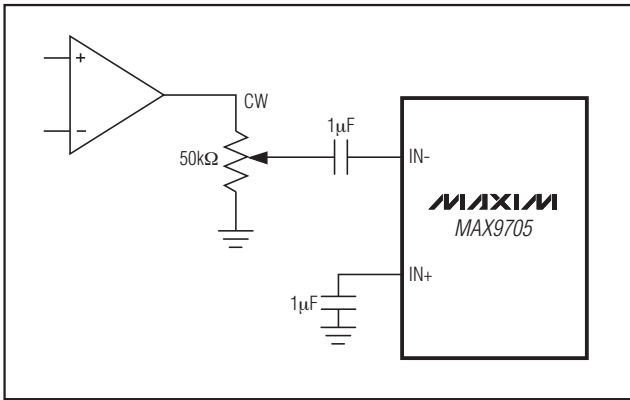


図9a. MAX9705のシングルエンド駆動およびボリューム制御

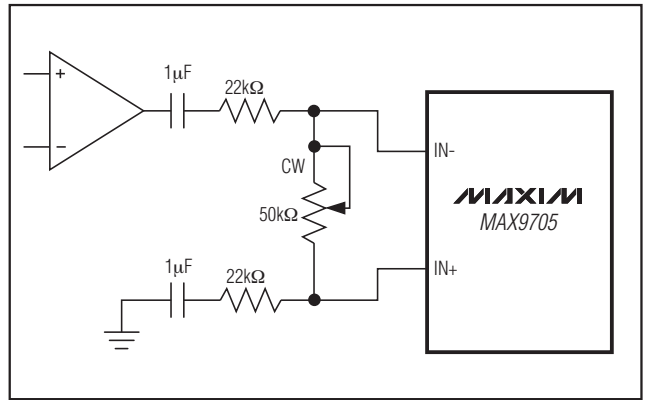
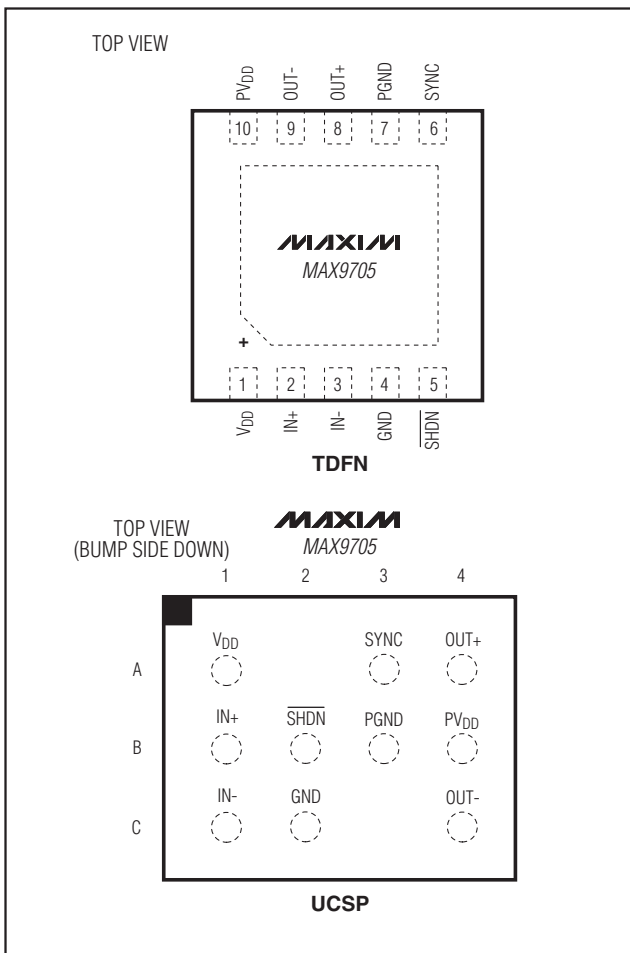


図9b. MAX9705の改良型シングルエンド駆動およびボリューム制御

### ピン配置



### 選択ガイド

PART	PIN-PACKAGE	GAIN (dB)
MAX9705AETB+T	10 TDFN	6
MAX9705AEBC+T	12 UCSP	6
MAX9705BETB+T	10 TDFN	12
MAX9705BEBC+T	12 UCSP	12
MAX9705CETB+T	10 TDFN	15.6
MAX9705CEBC+T	12 UCSP	15.6
MAX9705DETB+T	10 TDFN	20
MAX9705DEBC+T	12 UCSP	20

### 型番(続き)

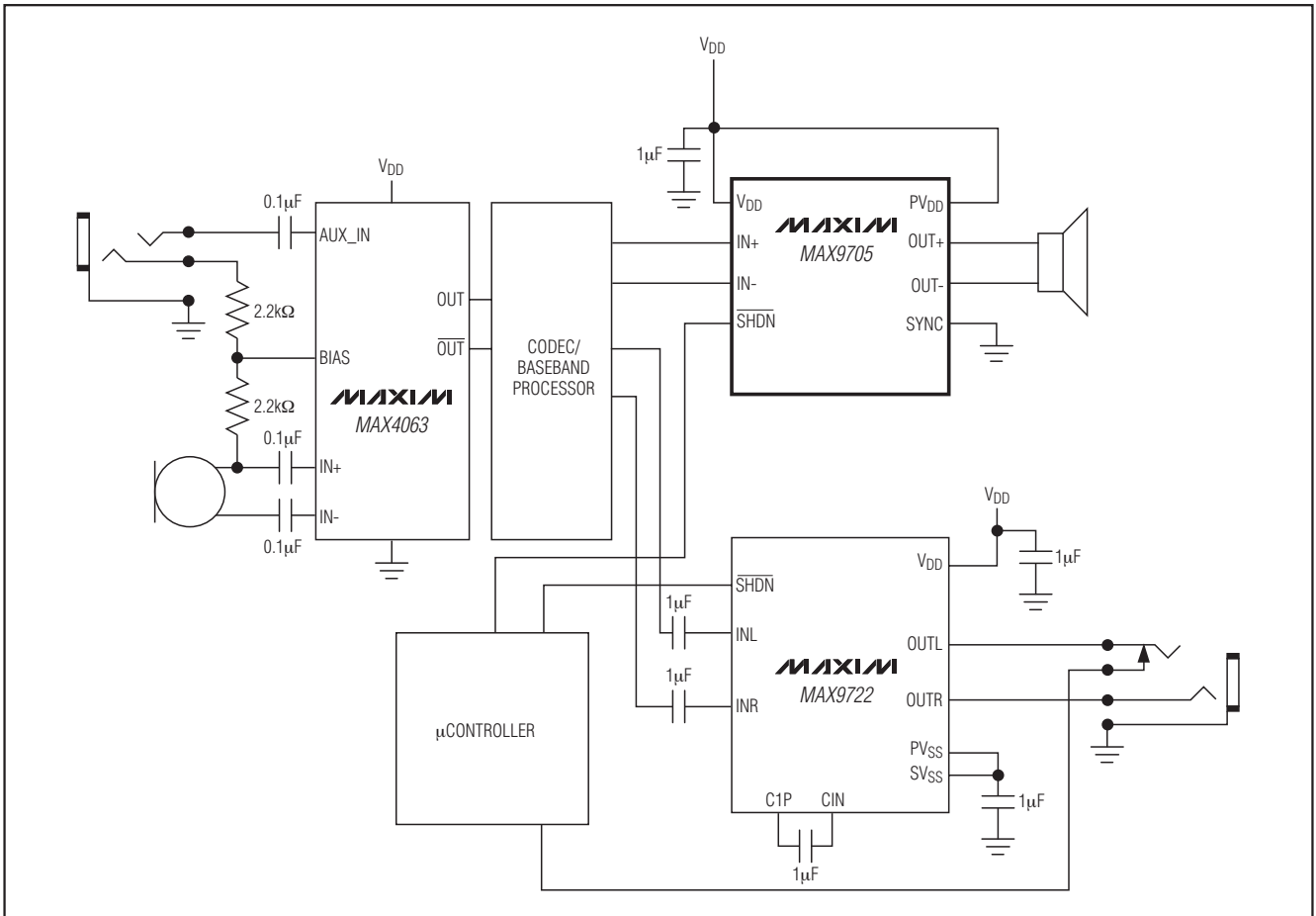
PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	TOP MARK
MAX9705CETB+T	-40°C to +85°C	10 TDFN	ACZ
MAX9705CEBC+T	-40°C to +85°C	12 UCSP	ACI
MAX9705DETB+T	-40°C to +85°C	10 TDFN	ADA
MAX9705DEBC+T	-40°C to +85°C	12 UCSP	ACJ

+は鉛(Pb)フリー/RoHS準拠パッケージを表します。  
T = テープ&リール

# 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

MAX9705

システムダイアグラム





## 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

MAX9705

### チップ情報

PROCESS: BiCMOS

### パッケージ

最新のパッケージ図面情報およびランドパターンは、[japan.maxim-ic.com/packages](http://japan.maxim-ic.com/packages)を参照してください。なお、パッケージコードに含まれる「+」、「#」、または「-」はRoHS対応状況を表したものでしかありません。パッケージ図面はパッケージそのものに関するものでRoHS対応状況とは関係がなく、図面によってパッケージコードが異なることがある点に注意してください。

パッケージタイプ	パッケージコード	ドキュメントNo.
10 TDFN	T1033-1	<b>21-0137</b>
12 UCSP	B12-11	<b>21-0104</b>

## 2.3W、超低EMI、フィルタレス D級オーディオアンプ

### 改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
2	8/08	μMAXパッケージのオプションを削除	1-7, 9, 10, 15
3	5/09	SYNC無接続モードを削除	3, 7, 9, 10, 14

**マキシム・ジャパン株式会社**

〒169-0051 東京都新宿区西早稲田3-30-16 (ホリゾン1ビル)  
TEL. (03)3232-6141 FAX. (03)3232-6149

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。

18 **Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600**