

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

概要

MAX9702は、高効率のD級スピーカアンプを高直線性のAB級ヘッドフォンアンプと組み合わせたものです。このため、スピーカモードにおける最長のバッテリー寿命とヘッドフォンモードにおける最高性能が確保されます。MAX9702は、5V電源から、1チャンネル当たり最大1.1Wを8Ω負荷に、最大1.8Wを4Ω負荷に供給します。マキシムの次世代スペクトラム拡散変調方式によって、従来のD級出力フィルタが不要になります。

MAX9702のスピーカアンプは、固定周波数モード (FFM) と、EMI放射エミッションを低減する拡散スペクトラムモード (SSM) の2種類の変調方式を提供します。MAX9702のスピーカアンプは、完全差動アーキテクチャ、フルブリッジ (BTL) 出力、および総合的なクリック/ポップノイズ抑制を特長としています。MAX9702のスピーカアンプは、75dBの高PSRR、0.07%の低THD+N、および97dB以上のSNRを備えています。短絡および過熱保護によって、障害状態時の製品の損傷が防止されます。

ヘッドフォンアンプでは、単一電源からグランド基準出力を生成する、マキシムの特許取得済みDirectDrive™アーキテクチャが採用されています。これにより、大容量の出力コンデンサが不要となり、コスト、基板面積、および部品の高さが削減されます。80dBの高PSRRと0.02%の低THD+Nによって、クリーンで低歪みのオーディオ信号増幅が実現されます。

I²C[†]インタフェースは、スピーカとヘッドフォンの利得、モノラル、ステレオ、およびミュートの各機能を設定します。

MAX9702は、28ピンTQFN-EP (5mm x 5mm x 0.8mm) パッケージで提供されます。MAX9702は、-40°C ~ +85°Cの拡張温度範囲で動作が保証されています。

アプリケーション

携帯電話
ノートブックPC
PDA
携帯ゲーム用コンソール

ピン配置はデータシートの最後に記載されています。

†Maxim Integrated Products, Inc.または二次ライセンスを受けている同社の関連会社からI²C部品を購入することにより、これらの部品をI²Cシステムで使用するためのPhilips社のI²C特許権に基づくライセンスが許諾されたこととなります。但し、システムがPhilips社により定義されたI²C標準規格に合致していることを必要とします。

特長

- ◆ 特許取得済みのスペクトラム拡散変調によるEMIエミッションの低減
- ◆ プログラマブルなモノラル、ステレオ、ミュート、およびミックスの各機能
- ◆ ステレオ出力: 1.1W (8Ω, V_{DD} = 5V)
- ◆ ヘッドフォン出力: 48mW (32Ω, V_{DD} = 3.3V)
- ◆ ステレオ出力: 1.8W (4Ω, V_{DD} = 5V)
- ◆ 効率: 94% (R_L = 8Ω, P_O = 1.1W)
- ◆ 高PSRR: 73dB (f = 217Hz)
- ◆ I²Cインタフェースを通じて設定可能な最大利得: +21dB
- ◆ クリック/ポップノイズ抑制回路内蔵
- ◆ 低電力シャットダウンモード: 0.1μA
- ◆ 短絡および過熱保護
- ◆ ±8kV (HBM) ESD保護付きヘッドフォンドライバ出力

型番

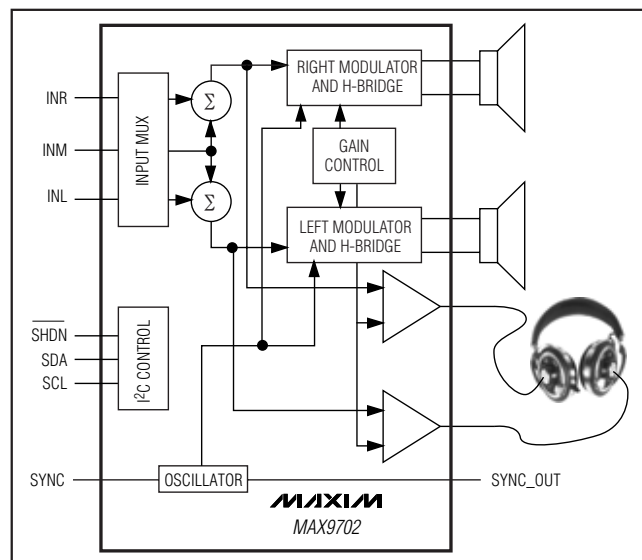
PART	PIN-PACKAGE	I ² C SLAVE ADDRESS	PKG CODE
MAX9702ETI+	28 TQFN-EP*	1001100	T2855-6
MAX9702BETI+	28 TQFN-EP*	1001110	T2855-6

注: すべてのデバイスは-40°C ~ +85°Cの温度範囲で動作が保証されています。

* EP = エクスポーズドパッド

+は鉛フリーパッケージを示します。

簡略ブロック図



1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

MAX9702

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V _{DD} to GND	+6V	Continuous Current In/Out of HP_	±120mA
PV _{DD} to PGND	+6V	Continuous Input Current CPV _{SS}	+260mA
CPV _{DD} to CPGND	+6V	Continuous Input Current (all other pins)	±20mA
CPV _{SS} to V _{SS}	±0.3V	Duration of OUT_ Short Circuit to GND or PV _{DD}	Continuous
CPV _{SS} to CPGND	-6V to +0.3V	Duration of Short Circuit Between OUT_	Continuous
V _{SS} to CPGND	-6V to +0.3V	Duration of HP_ Short Circuit to GND	Continuous
C1N	(CPV _{SS} - 0.3V) to (CPGND + 0.3V)	or PV _{DD}	Continuous
C1P	(CPGND - 0.3V) to (CPV _{DD} + 0.3V)	Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)	1702mW
HP_ to GND	(CPV _{SS} - 0.3V) to (CPV _{DD} + 0.3V)	28-Pin Thin QFN (derate 21.3mW/°C above +70°C)	1702mW
GND to PGND and CPGND	±0.3V	Junction Temperature	+150°C
V _{DD} to PV _{DD} and CPV _{DD}	±0.3V	Operating Temperature Range	-40°C to +85°C
SDA, SCL to GND	-0.3V to +6V	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
All Other Pins to GND	-0.3V to (V _{DD} + 0.3V)	Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
Continuous Current In/Out of PV _{DD} , PGND, CPV _{DD} , CPGND, OUT_	±600mA		

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} = 3.3V)

(V_{DD} = PV_{DD} = CPV_{DD} = $\overline{\text{SHDN}}$ = 3.3V, GND = PGND = CPGND = 0V, SYNC = V_{DD} (SSM), speaker gain = +12dB, headphone gain = +1dB. Speaker load R_L connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted, R_L = ∞. Headphone load R_{LH} connected between HPR/HPL to GND. C_{BIAS} = 1μF to GND, 1μF capacitor between C1P and C1N, C_{VSS} = 1μF. 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	2.5		5.5	V
Quiescent Current	I _{DD}	HPS = GND, speaker mode		10	15	mA
		HPS = V _{DD} , headphone mode		7	11	mA
Shutdown Current	I _{SHDN}	Hard shutdown, $\overline{\text{SHDN}}$ = GND		0.1	10	μA
		Soft shutdown (see f _C section)		22	30	
Input Resistance	R _{IN}	Stereo left and right	16.5	24	31.5	kΩ
		Mono channel	8.4	12	15.6	
Debounced Delay	t _{DEBOUNCE}	Delay from HPS transition to headphone/speaker turn-on		65		ms
Turn-On Time	t _{ON}	Time from $\overline{\text{SHDN}}$ transition to full operation		85		ms
			HPS = GND (SP mode)	85		
Turn-Off Time	t _{OFF}			0		ms
Input Bias Voltage	V _{BIAS}		1.125	1.25	1.375	V
SPEAKER AMPLIFIERS (HPS = GND)						
Output Offset Voltage	V _{OS}	T _A = +25°C		±9	±40	mV
		T _{MIN} to T _{MAX}			±50	
Power-Supply Rejection Ratio (Note 3)	PSRR	V _{DD} = 2.5V to 5.5V		54	75	dB
		100mV _{P-P} ripple, V _{IN} = 0V, T _A = +25°C	f _{RIPPLE} = 217Hz		75	
			f _{RIPPLE} = 20kHz		55	

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

MAX9702

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{DD} = 3.3V) (continued)

(V_{DD} = PV_{DD} = CPV_{DD} = $\overline{\text{SHDN}}$ = 3.3V, GND = PGND = CPGND = 0V, SYNC = V_{DD} (SSM), speaker gain = +12dB, headphone gain = +1dB. Speaker load R_L connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted, R_L = ∞. Headphone load R_{LH} connected between HPR/HPL to GND. C_{BIAS} = 1μF to GND, 1μF capacitor between C1P and C1N, C_{VSS} = 1μF. 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
Output Power	P _{OUT}	THD+N = 1%, T _A = +25°C, f = 1kHz, V _{DD} = 3.3V			R _L = 8Ω	470		mW
					R _L = 4Ω	700		
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	R _L = 8Ω (P _{OUT} = 400mW), f = 1kHz			0.07			%
		R _L = 4Ω (P _{OUT} = 600mW), f = 1kHz			0.13			
Signal-to-Noise Ratio	SNR	V _{OUT} = 2V _{RMS} , R _L = 8Ω	BW = 22Hz to 22kHz	FFM	86.5		dB	
				SSM	87.5			
			A-weighted	FFM	91.5			
				SSM	91.5			
Oscillator Frequency	f _s	SYNC = GND			1000	1100	1200	kHz
		SYNC = float			1250	1340	1450	
		SYNC = V _{DD}			1150 ±50			
SYNC Frequency Lock Range	f _{SYNC}				1000		2000	kHz
SYNC_OUT Capacitance Drive	C _{SYNC_OUT}					100		pF
Click-and-Pop Level	K _{CP}	Peak voltage, 32 samples/second, A-weighted (Note 3)		Into shutdown	56		dB	
				Out of shutdown	48			
Efficiency	η	P _{OUT} = 2 × 500mW, f _{IN} = 1kHz, R _L = 8Ω, L = 68μH			94			%
Gain (see f _C Section)	A _v	B2 = 0	B1 = 0	B0 = 0	0		dB	
		B2 = 0	B1 = 0	B0 = 1	+3			
		B2 = 0	B1 = 1	B0 = 0	+6			
		B2 = 0	B1 = 1	B0 = 1	+9			
		B2 = 1	B1 = 0	B0 = 0	+12			
		B2 = 1	B1 = 0	B0 = 1	+15			
		B2 = 1	B1 = 1	B0 = 0	+18			
		B2 = 1	B1 = 1	B0 = 1	+21			
Channel-to-Channel Gain Tracking					±0.2			%
Crosstalk		L to R, R to L, f = 10kHz, R _L = 8Ω, P _{OUT} = 300mW			65			dB

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

MAX9702

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{DD} = 3.3V) (continued)

(V_{DD} = PV_{DD} = CPV_{DD} = $\overline{\text{SHDN}}$ = 3.3V, GND = PGND = CPGND = 0V, SYNC = V_{DD} (SSM), speaker gain = +12dB, headphone gain = +1dB. Speaker load R_L connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted, R_L = ∞. Headphone load R_{LH} connected between HPR/HPL to GND. C_{BIAS} = 1μF to GND, 1μF capacitor between C1P and C1N, C_{VSS} = 1μF. 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
HEADPHONE AMPLIFIERS (HPS = V_{DD})							
Output Offset Voltage	V _{OS}	T _A = +25°C			±1.8	±6	mV
		T _{MIN} to T _{MAX}				±8	
Power-Supply Rejection Ratio (Note 4)	PSRR	V _{DD} = 2.5V to 5.5V		66	75		dB
		100mV _{p-p} ripple, V _{IN} = 0V, T _A = +25°C	f _{RIPPLE} = 217Hz		73		
			f _{RIPPLE} = 20kHz		53		
Output Power	P _{OUT}	THD+N = 1%, V _{DD} = 3.3V, T _A = +25°C			48		mW
			R _L = 32Ω		47		
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	R _L = 16Ω (P _{OUT} = 40mW, f = 1kHz)			0.03		%
		R _L = 32Ω (P _{OUT} = 32mW, f = 1kHz)			0.015		
Signal-to-Noise Ratio	SNR	V _{OUT} = 1V _{RMS} , R _L = 32Ω	BW = 22Hz to 22kHz		95.5		dB
			A-weighted		97.9		
Charge-Pump Frequency	f _{CP}				f _{OSC} /2		kHz
Click-and-Pop Level	K _{CP}	Peak voltage, 32 samples/second, A-weighted (Note 3)	Into shutdown		65		dB
			Out of shutdown		85		
Slew Rate	SR	±1V output step			0.3		V/μs
Gain (see f _C Section)	A _v	B4 = 0	B3 = 0		-2		dB
		B4 = 0	B3 = 1		+1		
		B4 = 1	B3 = 0		+4		
		B4 = 1	B3 = 1		+7		
Channel-to-Channel Gain Tracking					±0.2		%
Capacitance Drive	C _L	No sustained oscillations			300		pF
Crosstalk		L to R, R to L, f = 10kHz, R _L = 16Ω, P _{OUT} = 10mW			70		dB
HP_ Resistance to GND		In speaker mode			1		kΩ
DIGITAL INPUTS ($\overline{\text{SHDN}}$, SYNC, SDA, SCL, HPS)							
Input Voltage High, $\overline{\text{SHDN}}$, SYNC, HPS	V _{INH}			2			V
Input Voltage High, SCL	V _{INH}			0.7 x V _{DD}			V
Input Voltage Low, $\overline{\text{SHDN}}$, SYNC, HPS	V _{INL}					0.8	V

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

MAX9702

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{DD} = 3.3V) (continued)

(V_{DD} = PV_{DD} = CPV_{DD} = $\overline{\text{SHDN}}$ = 3.3V, GND = PGND = CPGND = 0V, SYNC = V_{DD} (SSM), speaker gain = +12dB, headphone gain = +1dB. Speaker load R_L connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted, R_L = ∞. Headphone load R_{LH} connected between HPR/HPL to GND. C_{BIAS} = 1μF to GND, 1μF capacitor between C1P and C1N, C_{VSS} = 1μF. 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
Input Voltage Low, SDA, SCL	V _{INL}				0.3 × V _{DD}	V
Input Hysteresis, SDA, SCL	V _{HYS}			0.05 × V _{DD}		V
Input Capacitance SDA, SCL	C _{IN}			10		pF
Input Leakage Current, $\overline{\text{SHDN}}$, SCL	I _{IN}				±1	μA
Input Leakage Current, HPS	I _{IN}			±10		μA
SYNC Input Current		In play mode		25		μA
HPS Pullup Resistance				600		kΩ
DIGITAL OUTPUTS (SYNC_OUT)						
Output Voltage High	V _{OH}	I _{OH} = 3mA	2.4			V
Output Voltage Low	V _{OL}	I _{OL} = 3mA			0.4	V
Output Fall Time, SDA	t _F				300	ns

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{DD} = 5V)

(V_{DD} = PV_{DD} = CPV_{DD} = $\overline{\text{SHDN}}$ = 5V, GND = PGND = CPGND = 0V, SYNC = V_{DD} (SSM), speaker gain = +12dB, headphone gain = +1dB. Speaker load R_L connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted, R_L = ∞. Headphone load R_{LH} connected between HPR/HPL to GND. C_{BIAS} = 1μF to GND, 1μF capacitor between C1P and C1N, C_{VSS} = 1μF. 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						
Quiescent Current	I _{DD}	HPS = GND, speaker mode		14		mA
		HPS = V _{DD} , headphone mode		8		
Shutdown Current	I _{SHDN}	Hard shutdown, $\overline{\text{SHDN}}$ = GND		0.2		μA
		Soft shutdown (see f ² C section)		25		
SPEAKER AMPLIFIERS (HPS = GND)						
Power-Supply Rejection Ratio (Note 3)	PSRR	100mV _{p-p} ripple, V _{IN} = 0V, T _A = +25°C	f _{RIPPLE} = 217Hz		73	dB
			f _{RIPPLE} = 20kHz		50	
Output Power	P _{OUT}	THD+N = 1%, T _A = +25°C, f = 1kHz	V _{DD} = 5V	R _L = 8Ω	1100	mW
				R _L = 4Ω	1800	

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

MAX9702

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{DD} = 5V) (continued)

(V_{DD} = PV_{DD} = CPV_{DD} = $\overline{\text{SHDN}}$ = 5V, GND = PGND = CPGND = 0V, SYNC = V_{DD} (SSM), speaker gain = +12dB, headphone gain = +1dB. Speaker load R_L connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted, R_L = ∞. Headphone load R_{LH} connected between HPR/HPL to GND. C_{BIAS} = 1μF to GND, 1μF capacitor between C1P and C1N, C_{VSS} = 1μF. 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
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	R _L = 8Ω (P _{OUT} = 900mW), f = 1kHz		0.08			%
		R _L = 4Ω (P _{OUT} = 1500mW), f = 1kHz		0.18			
Signal-to-Noise Ratio	SNR	V _{OUT} = 2V _{RMS} , R _L = 8Ω	BW = 22Hz to 22kHz	FFM	88		dB
				SSM	87		
			A-weighted	FFM	91		
				SSM	89		
Click-and-Pop Level	K _{CP}	Peak voltage, 32 samples/second, A-weighted (Note 4)	Into shutdown	61.5		dB	
			Out of shutdown	44			
Efficiency	η	P _{OUT} = 1W, f _{IN} = 1kHz, R _L = 8Ω, L = 68μH		95		%	
Channel-to-Channel Gain Tracking				±0.2		%	
Crosstalk		L to R, R to L, f = 10kHz, R _L = 8Ω, P _{OUT} = 300mW		65		dB	
HEADPHONE AMPLIFIERS (HPS = V_{DD})							
Power-Supply Rejection Ratio (Note 4)	PSRR	100mV _{P-P} ripple, V _{IN} = 0V, T _A = +25°C	f _{RIPPLE} = 217Hz	78		dB	
			f _{RIPPLE} = 20kHz	53			
Output Power	P _{OUT}	THD+N = 1%, T _A = +25°C, R _L = 32Ω		45		mW	
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	R _L = 32Ω (P _{OUT} = 32mW, f = 1kHz)		0.03		%	
Signal-to-Noise Ratio	SNR	V _{OUT} = 1V _{RMS} , R _L = 32Ω	BW = 22Hz to 22kHz	94.7		dB	
			A-weighted	97.4			
Click-and-Pop Level	K _{CP}	Peak voltage, 32 samples/second, A-weighted (Notes 3, 4)	Into shutdown	67		dB	
			Out of shutdown	83			
Channel-to-Channel Gain Tracking				±0.2		%	
Crosstalk		L to R, R to L, f = 10kHz, R _L = 32Ω, P _{OUT} = 10mW		70		dB	

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

MAX9702

I²C TIMING CHARACTERISTICS

(V_{DD} = P_{VDD} = C_{PVDD} = $\overline{\text{SHDN}}$ = 3.3V, GND = P_{GND} = C_{PGND} = 0V, SYNC = V_{DD} (SSM), speaker gain = +12dB, headphone gain = +1dB. Speaker load R_L connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted. R_L = ∞. Headphone load R_{LH} connected between HPR/HPL and GND. C_{BIAS} = 1μF to GND, 1μF capacitor between C1P and C1N, C_{VSS} = 1μF. T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.) (Figure 9)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Serial Clock	f _{SCL}				400	kHz
Bus Free Time Between a STOP and a START Condition	t _{BUF}		1.3			μs
Hold Time (Repeated) START Condition	t _{HD, STA}		0.6			μs
Repeated START Condition Setup Time	t _{SU, STA}		0.6			μs
STOP Condition Setup Time	t _{SU, STO}		0.6			μs
Data Hold Time	t _{HD, DAT}		0		0.9	μs
Data Setup Time	t _{SU, DAT}		100			ns
SCL Clock Low Period	t _{LOW}		1.3			μs
SCL Clock High Period	t _{HIGH}		0.6			μs
Rise Time of SDA and SCL, Receiving	t _R	(Note 5)	20 + 0.1C _b		300	ns
Fall Time of SDA and SCL, Receiving	t _F	(Note 5)	20 + 0.1C _b		300	ns
Fall Time of SDA, Transmitting	t _F	(Note 5)	20 + 0.1C _b		250	ns
Pulse Width of Spike Suppressed	t _{SP}		0		50	ns
Capacitive Load for Each Bus Line	C _b				400	pF

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

Note 2: Speaker mode testing performed with a resistive load in series with an inductor to simulate an actual speaker load. For R_L = 4Ω, L = 34μH, R_L = 8Ω, L = 68μH.

Note 3: Amplifier inputs (STEREO/MONO) connected to GND through C_{IN}.

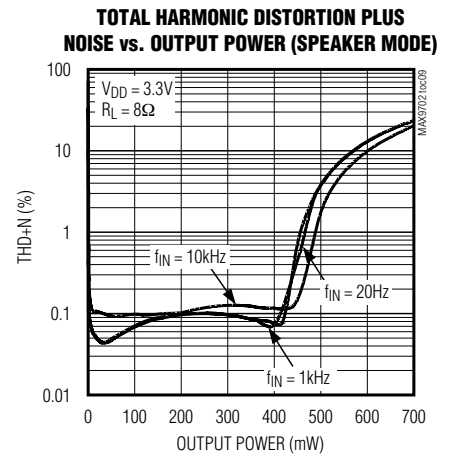
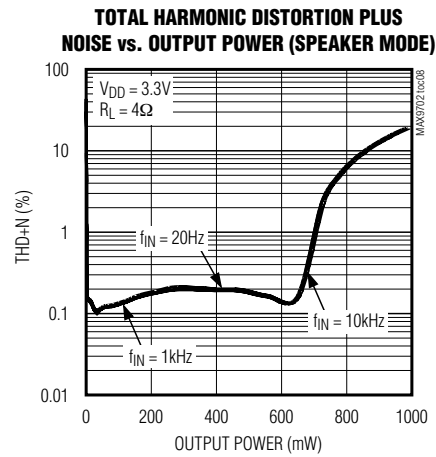
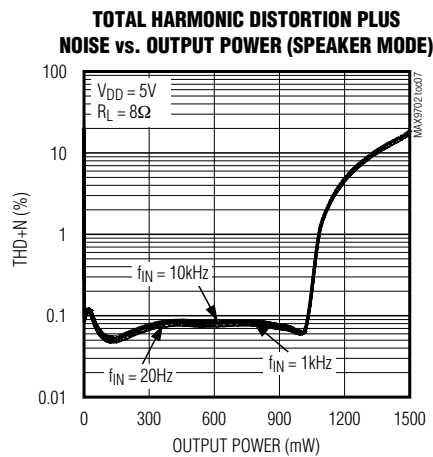
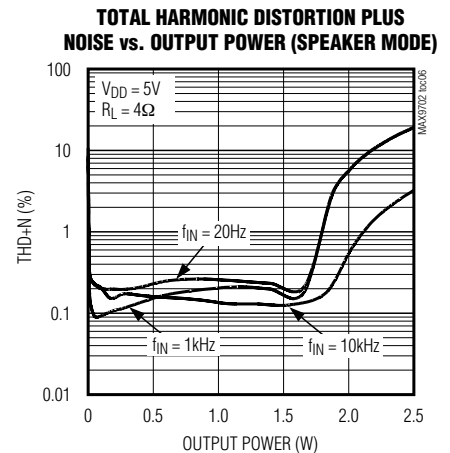
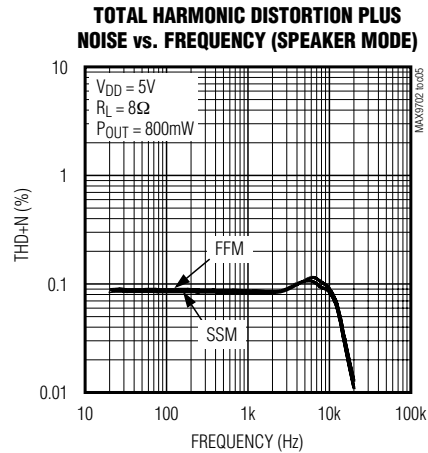
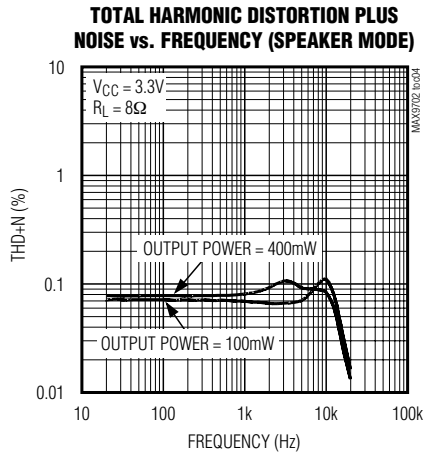
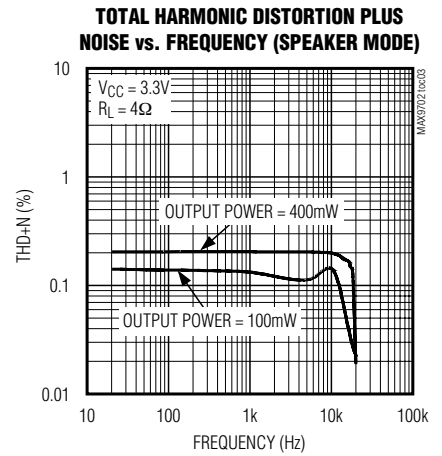
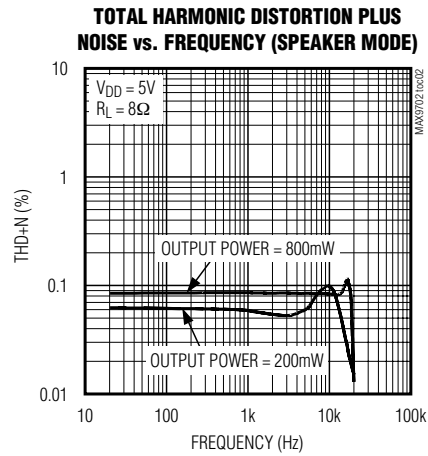
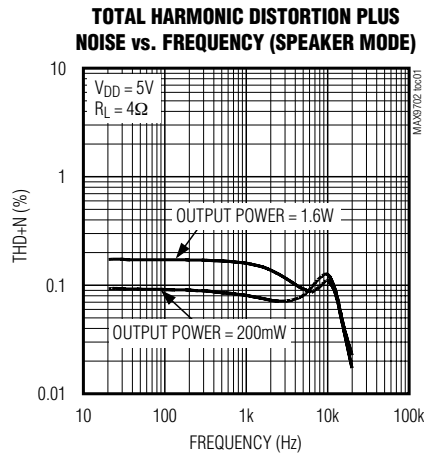
Note 4: Speaker mode testing performed with an 8Ω resistive load in series with a 68μH inductive load connected across BTL output. Headphone mode testing performed with 32Ω resistive load connected to GND. Mode transitions are controlled by $\overline{\text{SHDN}}$. K_{CP} level is calculated as: 20 × log[(peak voltage under normal operation at rated power level)/(peak voltage during mode transition, no input signal)]. Units are expressed in dB.

Note 5: C_b = total capacitance of one bus line in pF.

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

標準動作特性

($V_{DD} = PV_{DD} = \overline{SHDN} = 3.3V$, $GND = PGND = 0V$, $SYNC = V_{DD}$ (SSM), speaker gain = 12dB.)

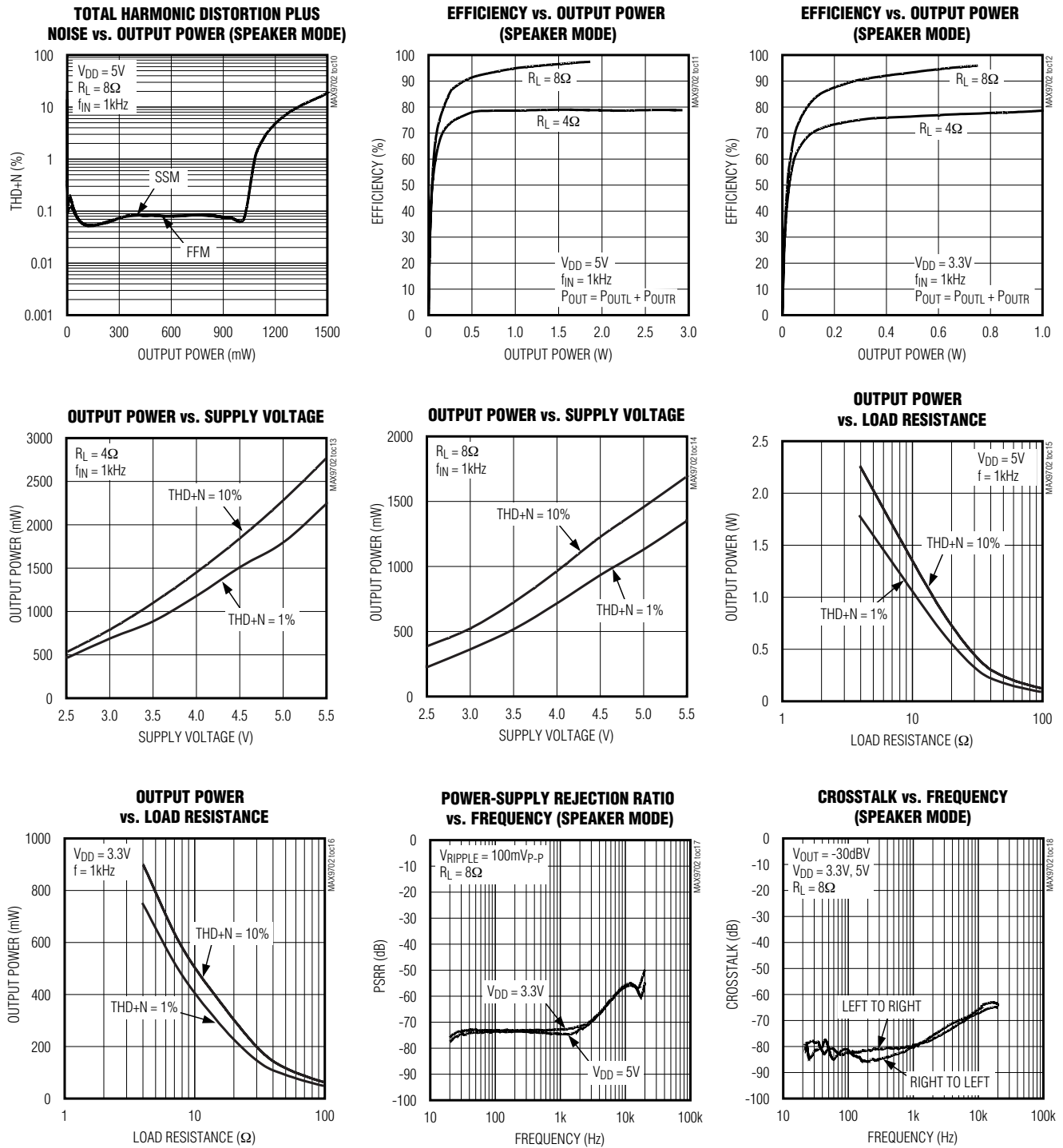


1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

MAX9702

標準動作特性(続き)

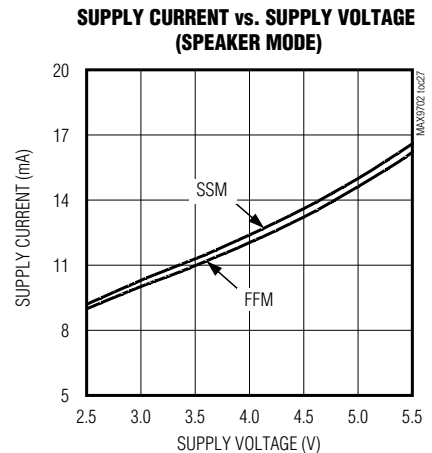
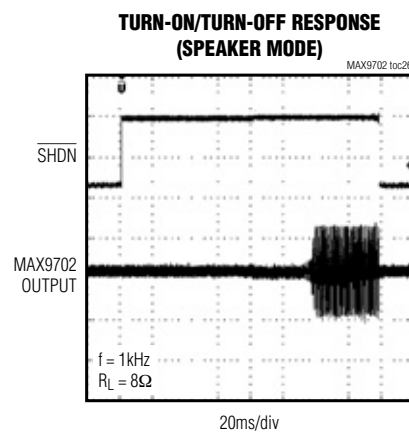
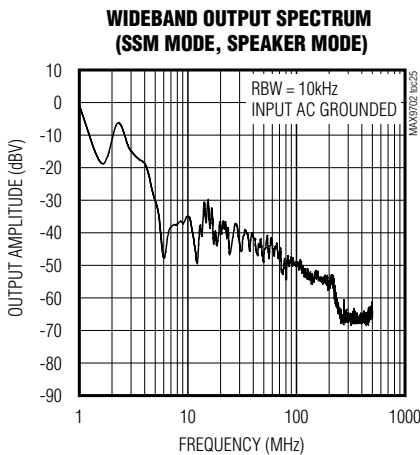
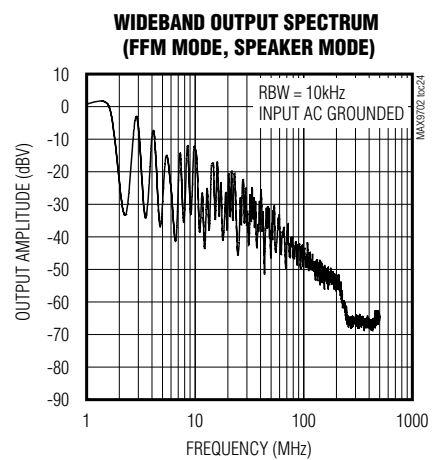
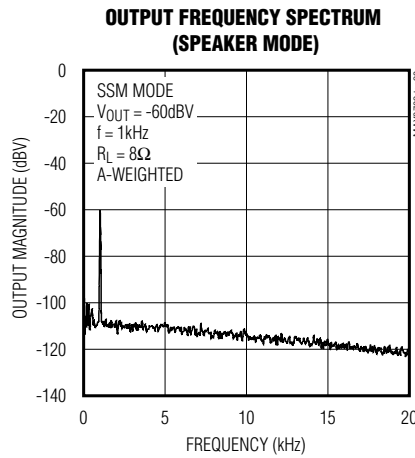
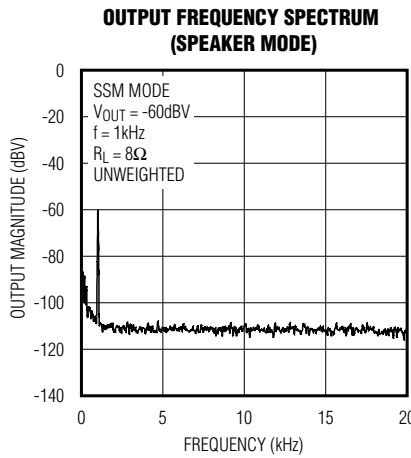
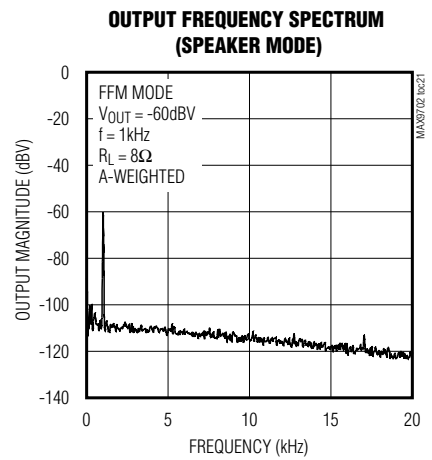
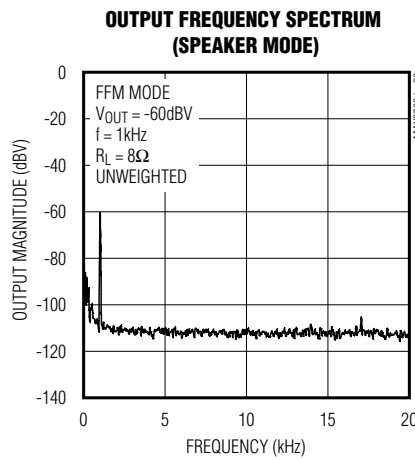
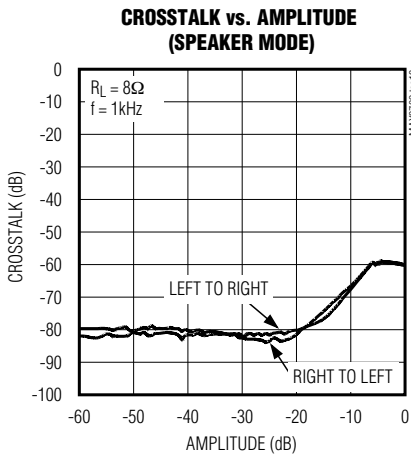
($V_{DD} = PV_{DD} = \overline{SHDN} = 3.3V$, $GND = PGND = 0V$, $SYNC = V_{DD}$ (SSM), speaker gain = 12dB.)



1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

標準動作特性(続き)

($V_{DD} = PV_{DD} = \overline{SHDN} = 3.3V$, $GND = PGND = 0V$, $SYNC = V_{DD}$ (SSM), speaker gain = 12dB.)

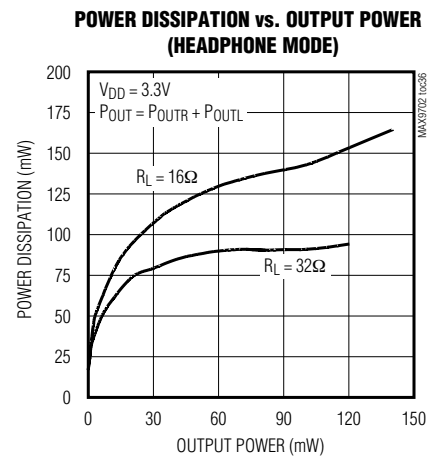
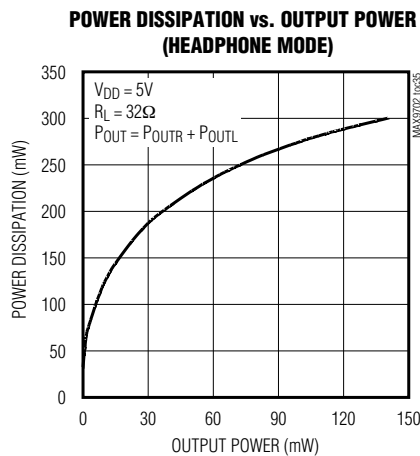
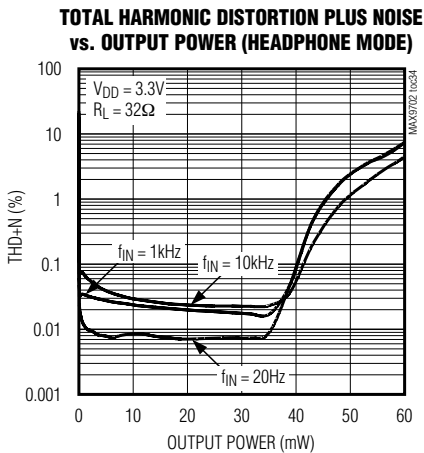
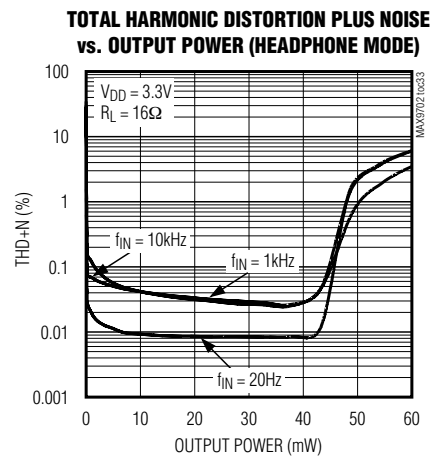
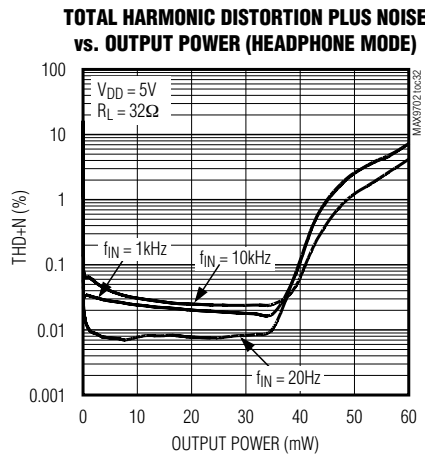
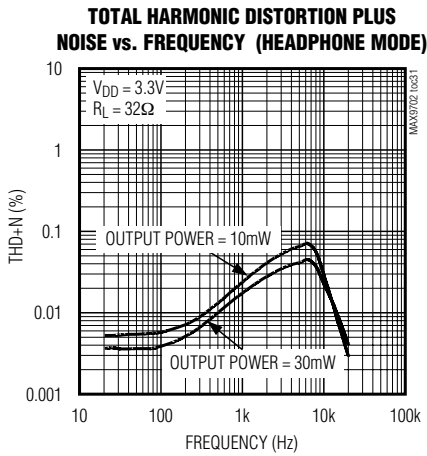
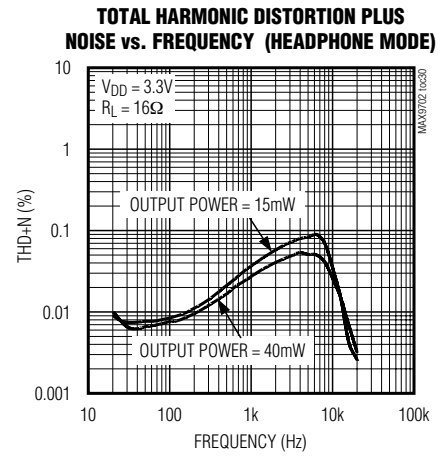
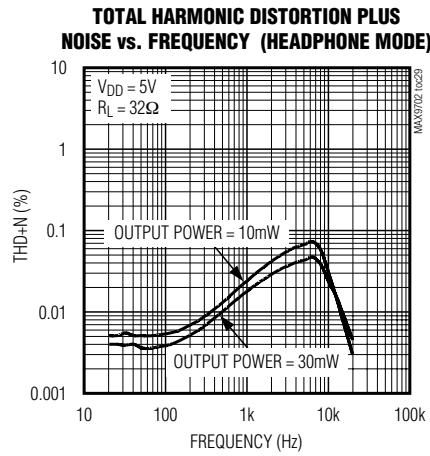
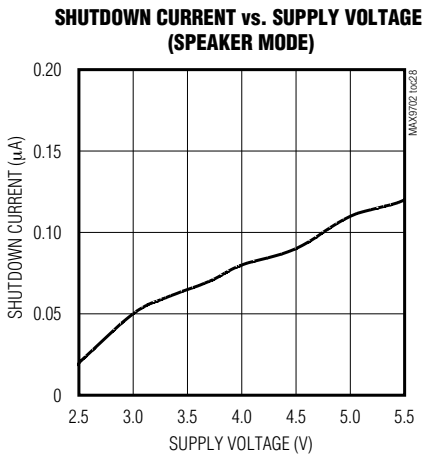


1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

MAX9702

標準動作特性(続き)

($V_{DD} = PV_{DD} = \overline{SHDN} = 3.3V$, $GND = PGND = 0V$, $SYNC = V_{DD}$ (SSM), speaker gain = 12dB.)

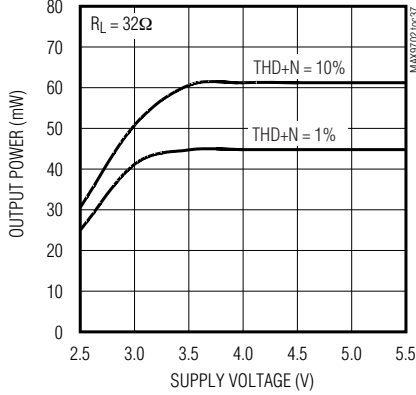


1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

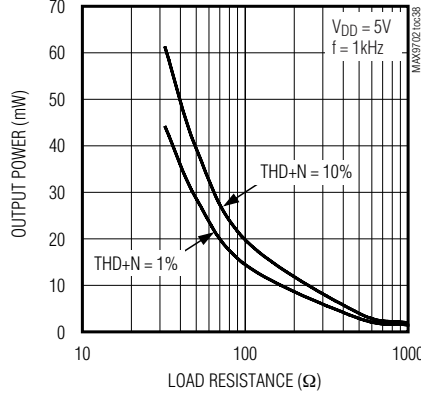
標準動作特性(続き)

($V_{DD} = PV_{DD} = \overline{SHDN} = 3.3V$, $GND = PGND = 0V$, $SYNC = V_{DD}$ (SSM), speaker gain = 12dB.)

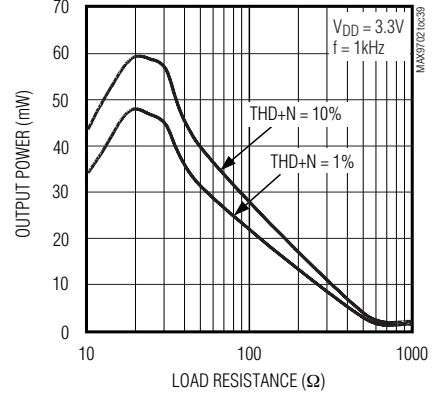
OUTPUT POWER vs. SUPPLY VOLTAGE (HEADPHONE MODE)



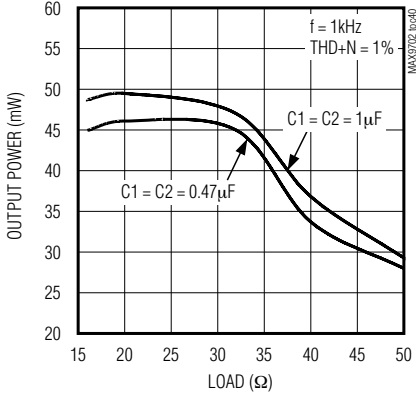
OUTPUT POWER vs. LOAD RESISTANCE (HEADPHONE MODE)



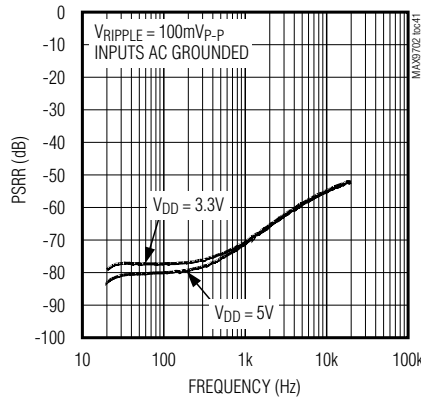
OUTPUT POWER vs. LOAD RESISTANCE (HEADPHONE MODE)



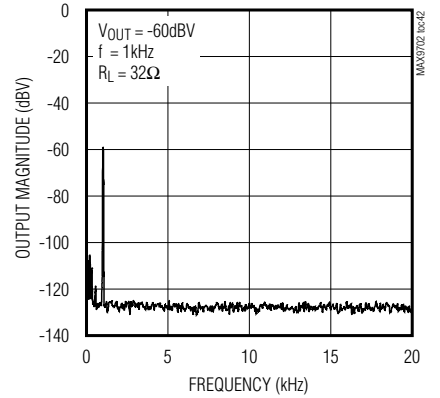
OUTPUT POWER vs. CHARGE-PUMP CAPACITANCE (HEADPHONE MODE)



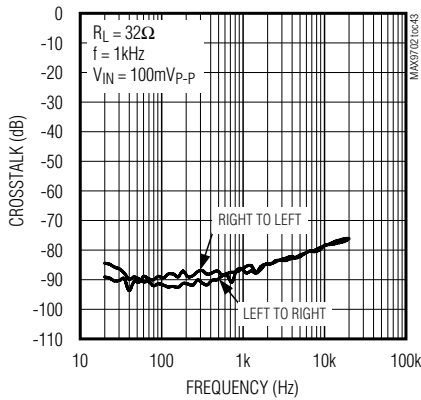
POWER-SUPPLY REJECTION RATIO vs. FREQUENCY (HEADPHONE MODE)



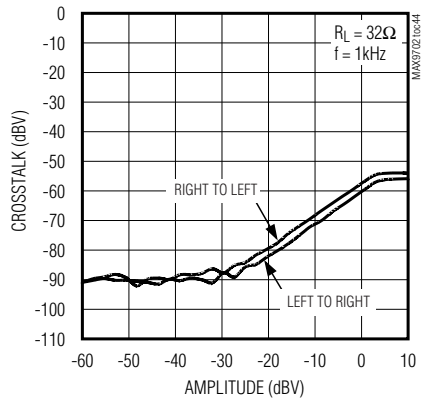
OUTPUT FREQUENCY SPECTRUM (HEADPHONE MODE)



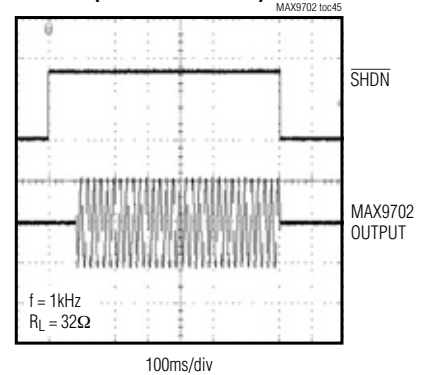
CROSSTALK vs. FREQUENCY (HEADPHONE MODE)



CROSSTALK vs. AMPLITUDE (HEADPHONE MODE)



TURN-ON/TURN-OFF RESPONSE (HEADPHONE MODE)



1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

MAX9702

端子説明

端子	名称	機能
1, 22	PVDD	Hブリッジ電源。V _{DD} に接続し、0.1μFコンデンサで各PVDDをPGNDにバイパスしてください。
2	SYNC_OUT	クロック信号出力。使用しない場合はSYNC_OUTを無接続としてください。
3	SCL	I ² Cシリアルクロック。プルアップ抵抗器をV _{DD} に接続してください([I ² Cインタフェース]の項参照)。
4	SDA	I ² Cシリアルデータ。プルアップ抵抗器をV _{DD} に接続してください([I ² Cインタフェース]の項参照)。
5	BIAS	コモンモード電圧。1μFのコンデンサでGNDにバイパスしてください。
6	SYNC	周波数モード選択: SYNC = GND: 固定周波数モード、f _S = 1100kHz SYNC = 無接続: 固定周波数モード、f _S = 1340kHz SYNC = V _{DD} : スペクトラム拡散モード、f _S = 1150kHz±50kHz SYNC = クロック入力: 固定周波数モード、f _S = 外部クロック周波数
7	CPVDD	チャージポンプ電源。V _{DD} に接続し、1μFのコンデンサでCPGNDにバイパスしてください。
8	C1P	チャージポンプフライングコンデンサの正端子。1μFのコンデンサをC1PからC1Nに接続してください。
9	CPGND	チャージポンプの電源グランド。PGNDに接続してください。
10	C1N	チャージポンプフライングコンデンサの負端子。1μFのコンデンサをC1NからC1Pに接続してください。
11	CPVSS	チャージポンプの負出力。1μFのコンデンサでCPGNDにバイパスしてください。
12	VSS	ヘッドフォンアンプの負電源。CPVSSに接続してください。
13	HPL	左チャンネルヘッドフォン出力
14	HPR	右チャンネルヘッドフォン出力
15	VDD	アナログ電源。1μFのコンデンサでGNDにバイパスしてください。
16	GND	アナロググランド。PGNDに接続してください。
17	INR	右チャンネルオーディオ入力
18	INL	左チャンネルオーディオ入力
19	INM	モノラルオーディオ入力
20	HPS	ヘッドフォン検出: HPS = V _{DD} : ヘッドフォンモード HPS = GND: スピーカモード
21	SHDN	アクティブローシャットダウン。通常動作の場合は、V _{DD} に接続してください。
23	OUTR+	右チャンネル正アンプ出力
24	OUTR-	右チャンネル負アンプ出力
25, 26	PGND	電源グランド。GNDに接続してください。
27	OUTL-	左チャンネル負アンプ出力
28	OUTL+	左チャンネル正アンプ出力
EP	EP	エクスポーズドパッド。外部パッドは、ダイからプリント基板までの直接熱伝導経路を設けることによってパッケージの熱インピーダンスを低減しています。エクスポーズドパッドは内部でV _{SS} に接続されています。エクスポーズドサーマルパッドは、できれば分離されたプレーンに接続するものとし、さもなければV _{SS} に接続してください。

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

詳細

MAX9702は、1.8W、フィルタレス、ステレオD級オーディオパワーアンプ、およびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプです。MAX9702のSSMアンプでは、スイッチモードアンプ技術に大幅な改良が加えられています。MAX9702は、基板の占有面積が最小限に抑えられ、共にD級の効率でAB級の性能を提供します。このデバイスは、ミックス、ミュート、モノラル、およびステレオの各入力モード、選択可能な8つの利得、ならびに低電力シャットダウンモードを備えており、これらはすべてI²Cインタフェースを通じて設定可能です。

MAX9702のステレオヘッドフォンアンプは、従来の単一電源ヘッドフォンアンプに必要な大容量出力結合コンデンサを排除したマキシムの特許取得済みDirectDriveアーキテクチャを備えています。負電源(V_{SS})は、正電源(CPV_{DD})を反転することによって内部で生成されます。CPV_{DD}とCPV_{SS}からアンプに給電することによって、アンプのダイナミックレンジは他の単一電源アンプのダイナミックレンジのほぼ2倍に拡大され、全有効出力電力が増加します。

MAX9702のDirectDrive出力はGNDにバイアスされています(図7参照)。この0Vバイアスの長所は、アンプの出力がDC成分を持たないため大容量の出力コンデンサが不要なことです。出力コンデンサが不要になったことで、基板面積とシステムコストが削減され、周波数応答が改善されています。

スタートアップやシャットダウン時の可聴クリック/ポップノイズを排除するために、MAX9702のスピーカとヘッドフォンの両方のアンプに広範囲のクリック/ポップノイズ抑制回路が設けられています。

MAX9702は、3種類のオーディオソースを選択またはミックスすることが可能な入力マルチプレクサ/ミキサを備えています。I²C対応インタフェースによって、MAX9702とマイクロコントローラの間でシリアル通信が可能です。MAX9702には2種類のI²Cアドレスがあり、これらによって2個のMAX9702に同一バスを共有させることができます(表2参照)。内部コマンドレジスタは、MAX9702のシャットダウンステータスの制御、アンプの最大利得の設定、およびモノラル/ステレオ/ミックス/ミュート用マルチプレクサ入力の制御を行います(表3参照)。

D級スピーカアンプ

スペクトラム拡散変調および同期可能なスイッチング周波数によって、EMIエミッションが大幅に低減します。コンパレータが、オーディオ入力を監視してコンプリメンタリ入力電圧をのこぎり波形と比較します。のこぎり波の入力振幅が対応する入力電圧を超えると、

コンパレータはトリップします。2番目のコンパレータのトリップポイントの立上りエッジから一定時間が経過するとコンパレータは両方ともリセットされ、2番目のコンパレータの出力に最小幅(t_{ON(MIN)}、100ns、typ)のパルスが発生します(図1)。入力電圧が増加または減少すると、一方の出力のパルス幅が増加しますが、他方の出力のパルス幅は一定となります。こうして、スピーカにかかる正味の電圧(V_{OUT+} - V_{OUT-})が変化します。最小幅のパルスは、デバイスで高レベルの直線性を実現するのに役立ちます。

動作モード

固定周波数(FFM)モード

MAX9702は2種類の固定周波数モードを備えています。1.1MHzのスイッチング周波数を選択するためには、SYNCをGNDに接続してください。1.34MHzのスイッチング周波数を選択するためには、SYNCを無接続の状態にしてください。MAX9702の周波数スペクトルは、基本波スイッチング周波数とその高調波から成ります(「標準動作特性」の広帯域FFTのグラフをご覧ください)。高調波が高感度の周波数帯に入らないようにスイッチング周波数を設定してください(表1)。オーディオの再生はスイッチング周波数の変更による影響を受けません。

スペクトラム拡散(SSM)モード

MAX9702は、独自の特許取得済みスペクトラム拡散モードを備えており、このモードでは、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から放射される可能性のあるEMIエミッションが改善されます。SSMをイネーブルするためにSYNC = V_{DD}に設定すると、このモードがイネーブルされます(表1)。SSMモードでは、スイッチング周波数が中心周波数(1.15MHz) ±50kHzで不規則に変動します。変調方式は変わりませんが、のこぎり波形の周期はサイクルごとに変化します(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するのではなく、このエネルギーはここでは周波数とともに増加する帯域幅全体にわたって拡散します。数MHz以上の領域では、広帯域スペクトルはEMI用のホワイトノイズのように表示されます(図3)。マキシム独自のアンプの形態は、このスペクトルがオーディオ帯域のノイズフロアに悪影響を及ぼさないことを保証します。

表1. 動作モード

SYNC	MODE
GND	FFM with f _{osc} = 1100kHz
FLOAT	FFM with f _{osc} = 1340kHz
V _{DD}	SSM with f _{osc} = 1150kHz ±50kHz
Clocked	FFM with f _{osc} = external clock frequency

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

MAX9702

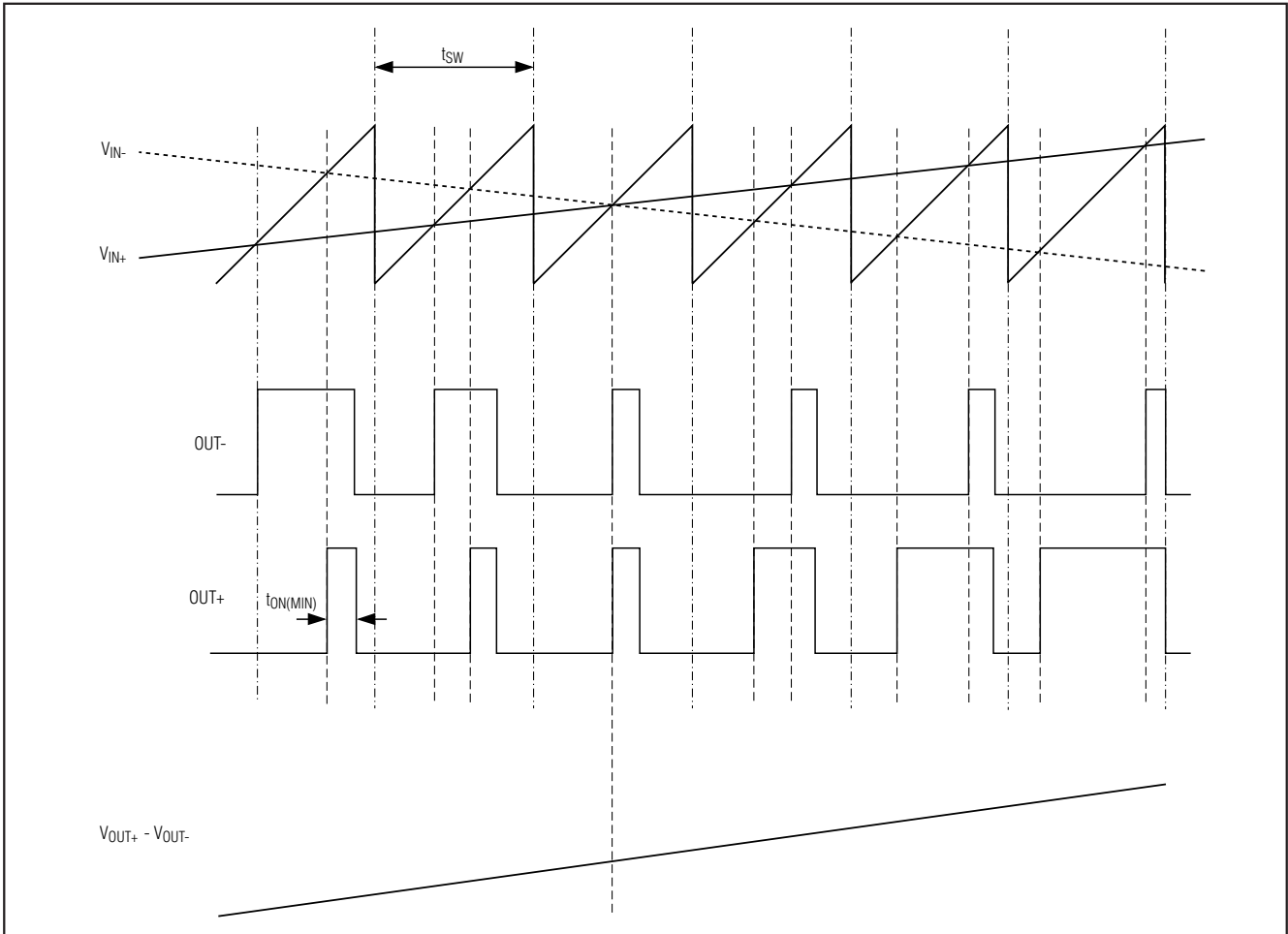


図1. 入力信号を印加した状態のMAX9702出力

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

MAX9702

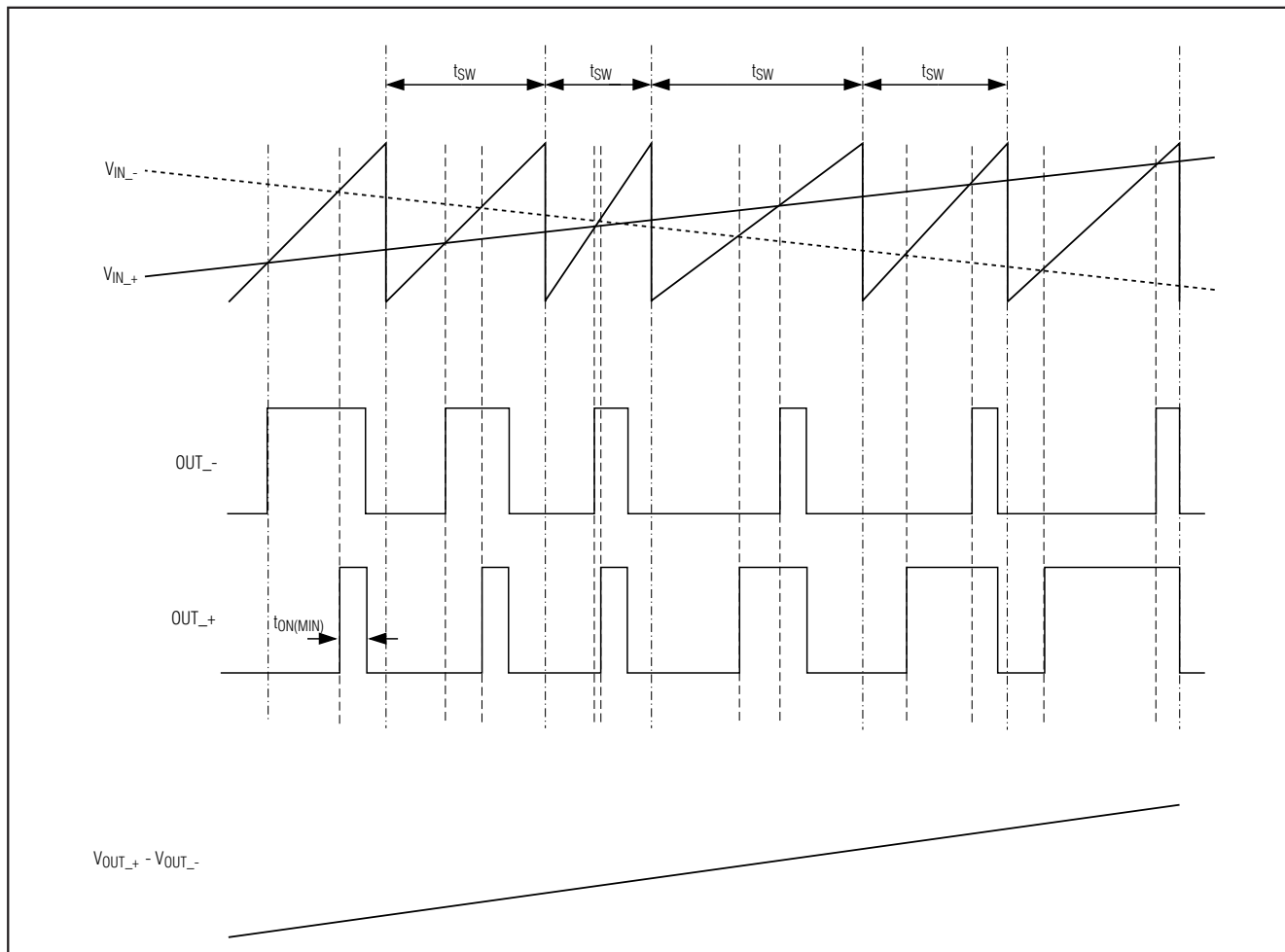


図2. 入力信号を印加した状態のMAX9702出力(SSMモード)

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

MAX9702

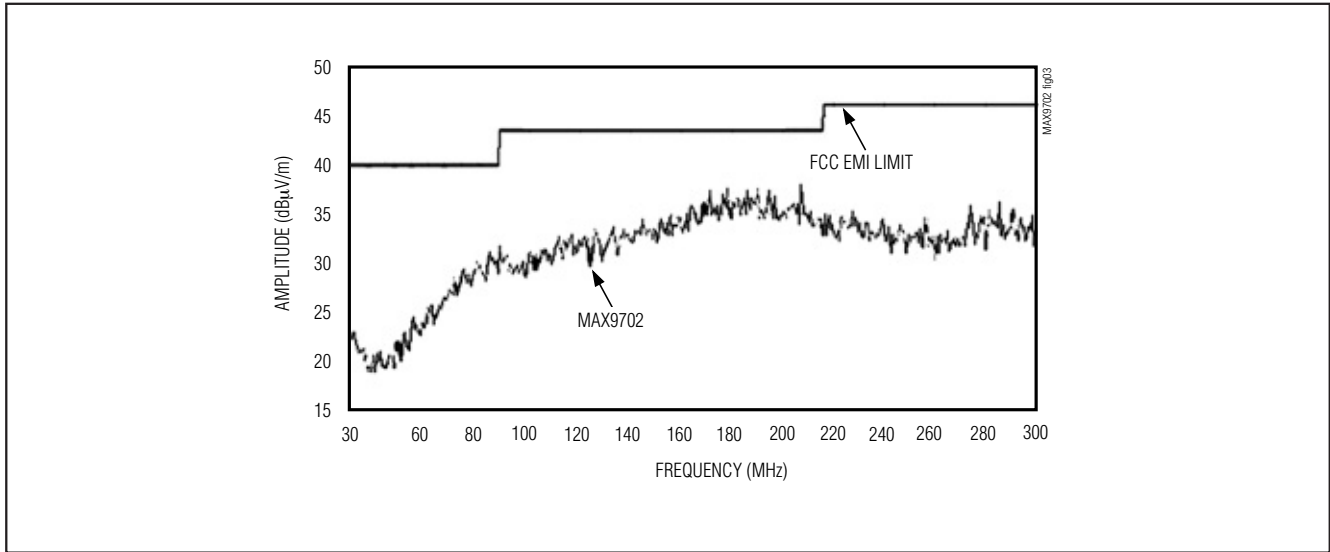


図3. 76mmスピーカケーブルを備えたMAX9702のEMI

外部クロックモード

SYNC入力を使用すると、外部クロックや別のマキシムD級アンプにMAX9702を同期させて、完全な同期システムを形成し、クロックの相互変調を最小限に抑制し、スイッチング高調波のスペクトル成分を低感度の周波数帯に割り当てることができます。1MHz~2MHzのTTLクロック信号をSYNCに印加すると、MAX9702はこれに同期します。SYNCクロックの周期をランダム化して、SSMモードで動作する別のマキシムD級アンプにMAX9702を同期させることができます。

SYNC_OUTを使用することによって、複数のマキシムD級アンプをカスケード接続することができます。この同期化出力によって、SYNC_OUTを使用した個々のデバイス間のスイッチング時間差がもたらすクロック相互変調に起因する干渉を最小化します。SYNC_OUTを使用した場合、変調方式はそのまま維持され、オーディオ再生は影響を受けません(図4参照)。

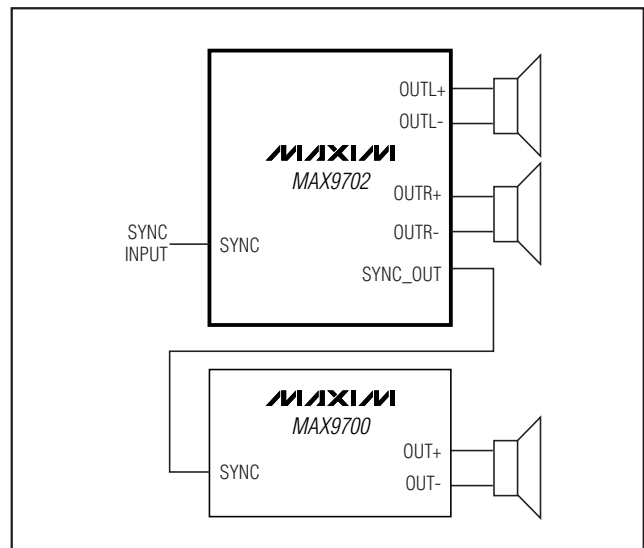


図4. 2個のアンプのカスケード接続

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

MAX9702

フィルタレス変調/コモンモードアイドル

MAX9702では、マキシム独自の特許取得済み変調方式を採用して従来のD級アンプに必要なLCフィルタを排除することで、効率の改善、部品点数の削減、および基板面積とシステムコストの節減を実現しています。従来のD級アンプは、信号がないときにデューティサイクルが50%の方形波を出力します。フィルタがない場合は、方形波は負荷にDC電圧として発生して有限の負荷電流が流れるため、特にアイドル時の消費電力が増大します。MAX9702の入力に信号がない場合は、出力は図5に示すように切り替わります。MAX9702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、消費電力が最小限に抑えられます。

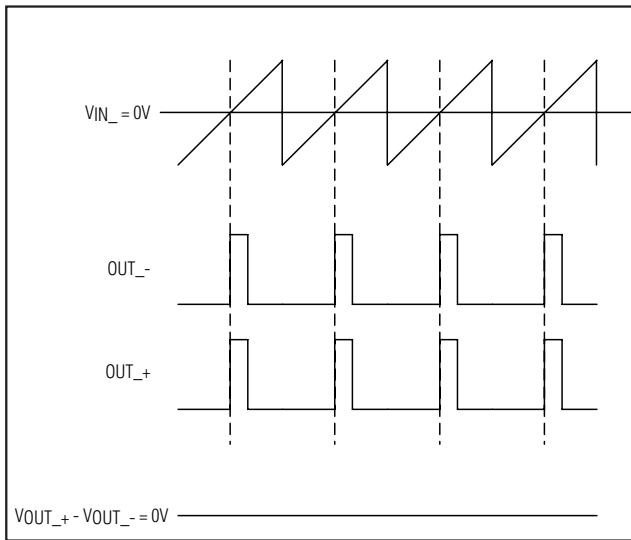


図5. 入力信号がない状態のMAX9702出力

効率

D級アンプの効率は、出力段トランジスタのスイッチング動作に依存します。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、その消費電力はごくわずかです。D級出力段に関係する電力損失は、主にMOSFETオン抵抗の I^2R 損失と自己消費電流によるものです。

リニアアンプの理論的 maximum 効率は78%ですが、この効率値は最大出力電力でのみ発揮されます。通常の動作レベル(標準的な音楽の再生レベル)では、効率が30%を下回りますが、MAX9702は同一条件下で80%以上もの効率を発揮します(図6)。

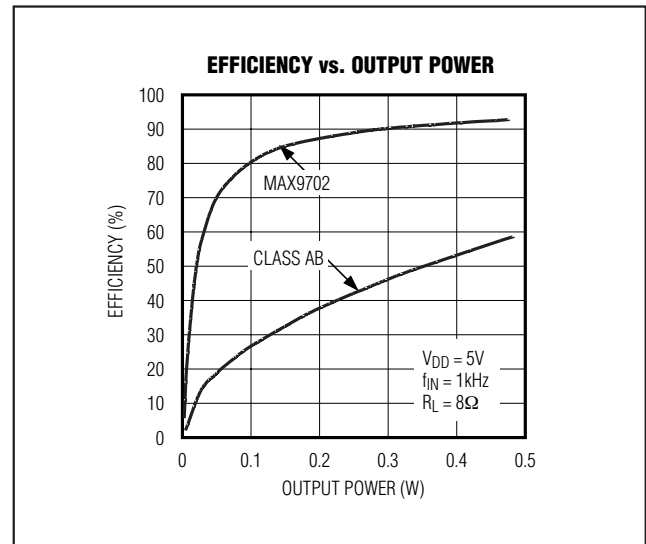


図6. MAX9702の効率対AB級効率

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

ヘッドフォンアンプ

従来の単一電源ヘッドフォンアンプでは、出力結合コンデンサが可聴クリック/ポップノイズの最大の要因です。スタートアップ時に、アンプは結合コンデンサをそのバイアス電圧(通常、電源電圧の半分)まで充電します。同様に、シャットダウン時にはコンデンサはGNDに放電されます。このためコンデンサにDCシフトが生じ、それがスピーカで可聴トランジエントになります。MAX9702のヘッドフォンアンプには出力結合コンデンサが不要のため、こうしたことは発生しません。

MAX9702には、I²Cインタフェースを通じて制御される4つのヘッドフォンアンプ利得設定値があります。ヘッドフォンアンプの利得として、-2dB、+1dB、+4dB、および+7dBがコマンドレジスタのビット3と4で設定されます(表5)。さらに、MAX9702は可聴トランジエント源を排除する広範囲なクリック/ポップノイズ抑制部をデバイス内部に備えています。

ほとんどのアプリケーションでは、MAX9702を駆動するプリアンプの出力は、通常、電源電圧の半分のDCバイアスを備えています。スタートアップ時に入力結合コンデンサはMAX9702のRFを通じてプリアンプのDCバイアス電圧まで充電されるため、コンデンサにDCシフトが生じ、可聴クリック/ポップノイズが発生します。40msの内部遅延によって、入力フィルタに起因するクリック/ポップノイズが排除されます。

DirectDrive

従来の単一電源ヘッドフォンアンプでは、その出力を基準DC電圧(通常、電源電圧の半分)にバイアスして、ダイナミックレンジを最大化します。このDCバイアスをヘッドフォンに印加しないようにするために大容量の結合コンデンサが必要です。こうしたコンデンサがない場合は相当量のDC電流がヘッドフォンに流れ、不要な電力損失が発生し、ヘッドフォンおよびヘッドフォンアンプがともに損傷するおそれがあります。

マキシムの特許取得済みDirectDriveアーキテクチャでは、チャージポンプによって内部負電源電圧を生成します。このためMAX9702のヘッドフォン出力をGNDにバイアスすることができ、単一電源で動作しながら、ダイナミックレンジがほぼ倍増します。DC成分がないため、大容量の出力コンデンサは不要になります。MAX9702のチャージポンプでは、2個の大容量(220μF、typ)タンタルコンデンサの代わりに2個の小容量セラミックコンデンサしか必要ではなく、基板面積とコストが削減され、ヘッドフォンアンプの周波数応答が向上します。採用すべきコンデンサの容量値の詳細については、

「標準動作特性」中の「Output Power vs. Charge-Pump Capacitance」および「Output Power vs. Load Resistance」のグラフをご覧ください。

アンプのオフセットのため、ドライバ出力に低DC電圧が発生します。ただし、MAX9702のオフセットは1.1mV(typ)であり、これが32Ω負荷に印加されても、ヘッドフォンに流れるDC電流は56μA以下です。

従来のヘッドフォンアンプに不可欠な出力コンデンサにはコストやサイズ上のデメリットがあるだけでなく、これらのコンデンサはアンプの低周波応答を制限し、オーディオ信号を歪ませる場合もあります。出力結合コンデンサをなくそうとするこれまでの試みは、ヘッドフォンリターン(スリーブ)をヘッドフォンアンプのDCバイアス電圧にバイアスするというものでした。この方式では以下のいくつかの問題が発生します。

- 1) スリーブは通常シャーシにグランドされています。ミッドレールバイアス方式を採用すると、システムグランドからスリーブを絶縁する必要があり、製品設計が複雑になります。
- 2) ESDのスパイク時には、ドライバのESD構造がシステムグランドへの唯一の経路になります。このため、ドライバは全ESDスパイクに対する耐性を備える必要があります。
- 3) ヘッドフォンジャックを他の機器へのラインアウトとして使用すると、スリーブのバイアス電圧が他の機器のグランド電位と短絡し、ドライバが損傷するおそれがあります。

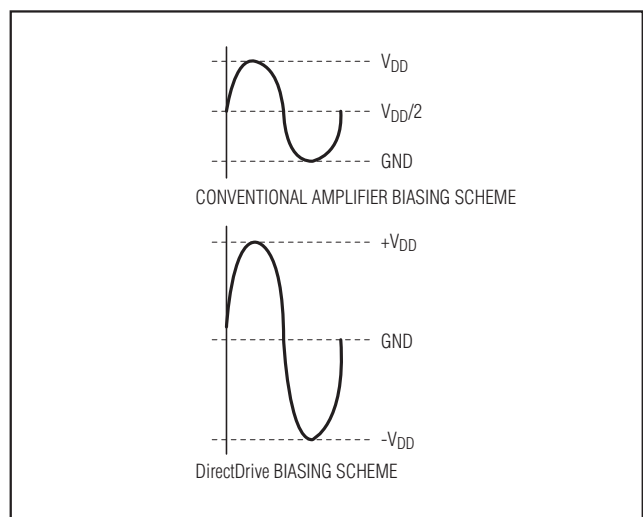


図7. 従来のアンプ出力 対 MAX9702のDirectDrive出力

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

チャージポンプ

MAX9702は低ノイズのチャージポンプを備えています。チャージポンプのスイッチング周波数は、D級アンプのスイッチング周波数の1/2です。SYNCが外部から駆動されると、チャージポンプは $1/2 f_{\text{SYNC}}$ でスイッチングします。SYNC = V_{DD} の場合は、チャージポンプはスペクトラム拡散パターンでスイッチングします。標準スイッチング周波数は可聴範囲を大幅に超えているため、オーディオ信号に干渉せず、97dBのSNRが得られます。スイッチドライバは、ターンオン/ターンオフトランジェント時に発生するノイズを最小限に抑制するスイッチング速度制御を備えています。チャージポンプのスイッチング速度を制限すると、寄生ボンディングワイヤやトレースインダクタンスに起因する di/dt ノイズが最小限に抑制されます。通常は不要ですが、C2の容量を増大すると、さらに高周波ノイズを減衰させることができます(「標準動作回路」参照)。チャージポンプは、スピーカモードとヘッドフォンモードの両方でアクティブです。

入力マルチプレクサ/ミキサ

MAX9702は、入力マルチプレクサ/ミキサを内蔵し、これを使って3種類のオーディオソースを選択/ミックスすることができます。コマンドレジスタのビット5と6は入力チャンネルを選択し(表6参照)、オーディオ信号はアクティブなアンプに出力されます。モノラル経路が選択されると(ビット6 = 0、ビット5 = 1)、モノラル入力(表4と5に従った利得で)両出力に現れます。ステレオ経路が選択されると、左右の入力が(表4と5に従った利得で)両出力に現れます。ミキサモードにある場合、モノラル入力はステレオ入力の各々に加算され、(表4と5に従った利得で)出力に現れます。モノラル信号とステレオ信号は、ダイナミックレンジを維持するためにミキシング前に6dB減衰されます。ミュートでは、入力信号のいずれも出力に現れません。

ヘッドフォン検出入力(HPS)

ヘッドフォン検出入力(HPS)は、ヘッドフォンジャックを監視し、HPSで印加された電圧に基づいてMAX9702を自動設定します。0.8V以下の電圧で、MAX9702はスピーカモードに設定されます。2V以上の電圧でブリッジアンプがディセーブルされ、ヘッドフォンアンプがイネーブルされます。

自動ヘッドフォン検出を行うためには、図8に示すようにHPSを3線式ヘッドフォンジャックの制御ピンに接続してください。ヘッドフォンがない場合は、ヘッドフォンアンプの出力インピーダンスによってHPSは0.8V以下にプルダウンされます。ヘッドフォンプラグがジャックに差し込まれると、制御ピンはチップコンタ

クトから切断され、HPSは600k Ω の内蔵プルアップ抵抗器を通じて V_{DD} にプルアップされます。外部のロジックソースでHPSを駆動する場合は、MAX9702のシャットダウン時にHPSをローに駆動してください。 $\pm 8\text{kV}$ ESD保護を得るためには、10k Ω の抵抗器をHPSおよびヘッドフォンジャックと直列に配置してください。

クリック/ポップノイズ抑制

MAX9702は、スタートアップ時とシャットダウン時の可聴トランジェントを排除する、包括的なクリック/ポップノイズ抑制を備えています。シャットダウン中は、Hブリッジがハイインピーダンス状態になります。スタートアップ中やパワーアップ中は、入力アンプがミュートされるとともに内部ループが変調器のバイアス電圧を適正レベルに設定して、Hブリッジがその後イネーブルされる時のクリック/ポップノイズを防止します。

電流制限および過熱保護

MAX9702は、デバイスを短絡および過電流状態から保護する電流制限および過熱保護を備えています。過電流状態が発生した場合、ヘッドフォンアンプは間欠動作します。スピーカアンプの電流制限保護では、出力がシャットダウンされずに出力電流がクランプされます。このため、出力が歪むことがあります。

MAX9702の過熱保護では、+120 $^{\circ}\text{C}$ でデバイスをディセーブルして温度が+110 $^{\circ}\text{C}$ に低下するまでシャットダウンします。

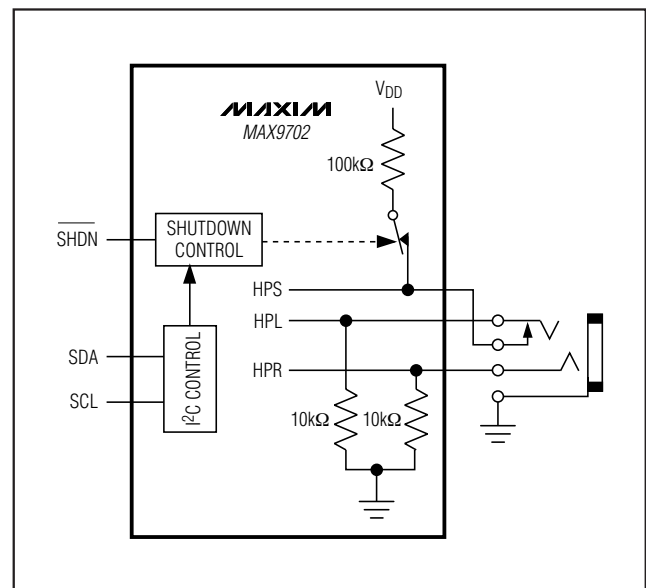


図8. HPSの構成

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

MAX9702

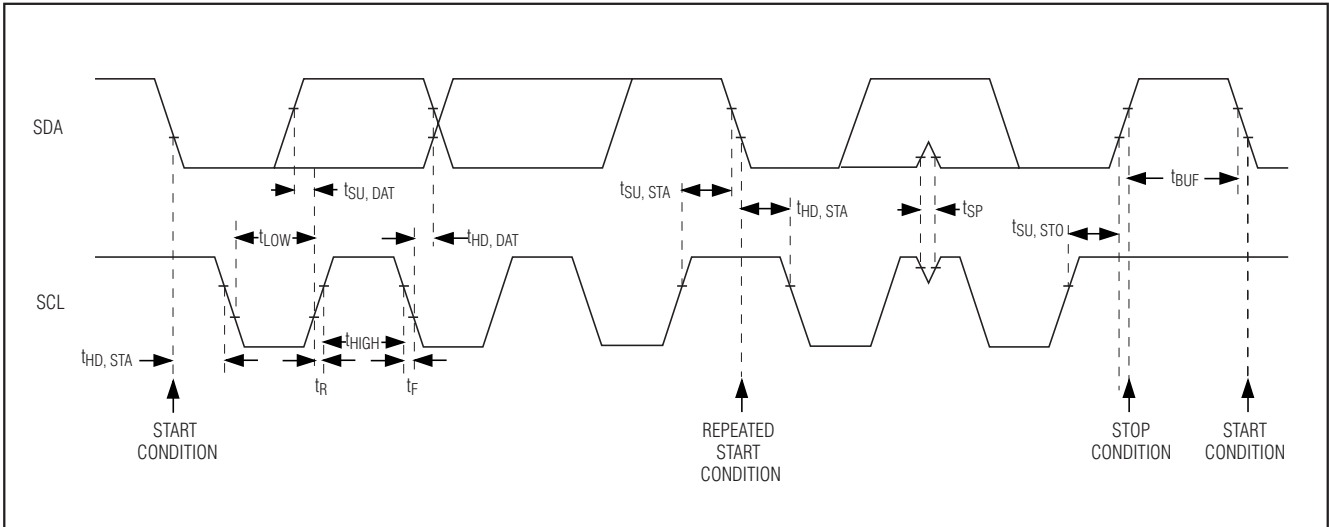


図9. 2線式シリアルインタフェースのタイミング図

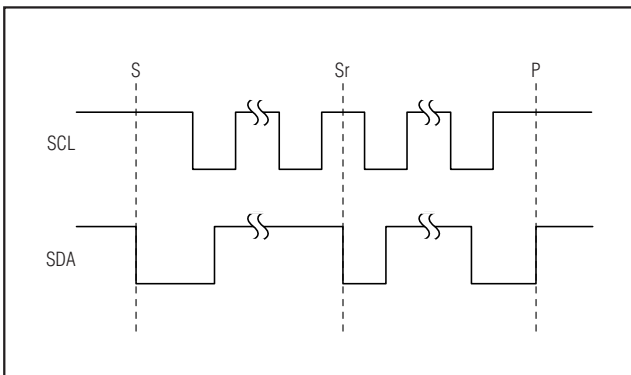


図10. START、STOP、およびREPEATED START条件

I²C インタフェース

MAX9702は、シリアルデータライン(SDA)とシリアルクロックライン(SCL)から成るI²C 2線式シリアルインタフェースを備えています。SDAとSCLによって、MAX9702とマスタの間で最高400kHzのクロックレートの通信が容易に行われます。図9に2線式インタフェースのタイミング図を示します。MAX9702は、SCL信号を生成するマスタに依存した受信専用のスレーブデバイスです。MAX9702は、マスタからのデータ受信を確認する場合を除いてSDAバスに書込むことはできません。MAX9702はマスタからの読取りコマンドに確認応答しません。マスタは、通常はマイクロコントローラであり、SCL信号を生成してバス上でデータ転送を開始します。

マスタデバイスは、適切なアドレスに続いてデータワードを送信することによってMAX9702と通信します。各送信シーケンスは、START(S)またはREPEATED START(Sr)条件、およびSTOP(P)条件によってフレーム化されます。

バス上で送信される各ワードは、8ビット長で、この後に必ず確認応答クロックパルスが続きます。

MAX9702のSDAラインは、入力としてもオープンドレイン出力としても動作します。SDAバス上には、500Ω以上のプルアップ抵抗器が必要です。MAX9702のSCLラインは、入力専用として動作します。複数のマスタがバス上に存在する場合や、単一マスタシステムのマスタがオープンドレインSCL出力を備えている場合は、SCAバス上に500Ω以上のプルアップ抵抗器が必要です。SDAおよびSCLに適合した直列抵抗器はオプションです。直列抵抗器は、MAX9702のデジタル入力をバスライン上の高電圧スパイクから保護し、バス信号のクロストークとアンダシュートを最小限に抑制します。

ビット転送

各SCLサイクル期間に1データビットが転送されます。SDAのデータは、SCLパルスがハイの間安定した状態を保つ必要があります。SCLがハイの間にSDAが変化すると、これが制御信号となります(「STARTおよびSTOP条件」の項参照)。I²Cバスがビジーでないとき、SDAとSCLはアイドルのハイです。

STARTおよびSTOP条件

マスタデバイスは、START条件を送出することによって通信を開始します。START条件は、SCLがハイ状態でのSDA上のハイからローへの遷移です。STOP条件は、SCLがハイ状態でのSDA上のローからハイへの遷移です(図10)。マスタからのSTART(S)条件は、MAX9702への送信開始信号です。マスタは送信を終了すると、STOP(P)条件を送出することによってバスを解放します。STOP条件の代わりにREPEATED START(Sr)条件が生成される場合、バスはアクティブな状態を維持します。

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

MAX9702

初期STOP条件

STOP条件がSTART条件と同一のハイパルスで生じる場合を除いて、MAX9702はデータ送信中のどの時点であってもSTOP条件を認識します。

スレーブアドレス

MAX9702は、2つのスレーブアドレスの内1つがプリセットされて提供されます(表2参照)。アドレスは、最上位(MSB)7ビットとそれに続くRead/Writeビットとして定義されます。アドレスは、START条件の後MAX9702に送信される最初のバイト情報です。MAX9702は、書込みのみが可能なスレーブデバイスです。MAX9702を設定するとき、Read/Writeビットは必ず0であるものとします。MAX9702は、R/Wが1に設定されている場合そのアドレスに対し確認応答しません。

確認応答

確認応答ビット(ACK)は、データの各バイトの受信をやりとりするためにMAX9702が使用する9番目のクロックビットです(図11参照)。MAX9702は、マスタが生成する9番目のクロックパルスの際にSDAをプルダウンします。SDAラインは、確認応答クロックパルスがハイの期間に安定状態にあり、かつローである必要があります。ACKの監視によって、失敗したデータ転送の検出が可能になります。受信デバイスがビジーな場合や、システム障害が発生している場合は、データ転送が失敗します。データ転送が失敗した場合、バスマスタは通信を再度試みることができます。

書込みデータ形式

MAX9702への書込みとしては、START条件の送信、R/Wビットが0に設定された状態でのスレーブアドレス(表2参照)、コマンドレジスタを設定する1バイトのデータ、およびSTOP条件が挙げられます。図12は1フレームの正しい形式を示します。

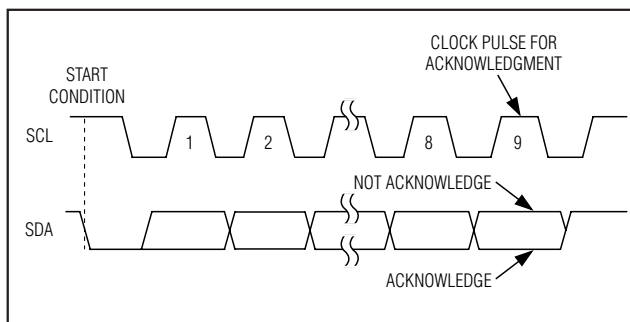


図11. 確認応答

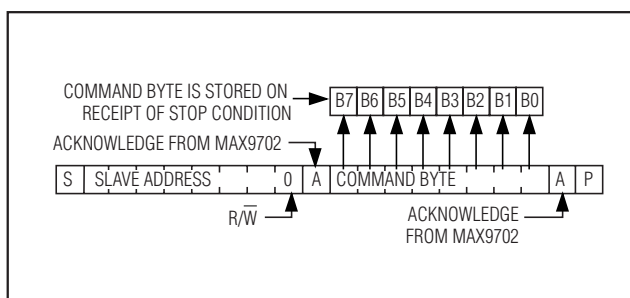


図12. 書込みデータ形式の例

MAX9702は、書込みデータを受け取るだけですが、R/Wビットがハイに設定された状態で、アドレスバイトの受信に対して確認応答します。R/Wビットがハイに設定されているイベントには、MAX9702はSDAバスへの書込みを行いません。その結果として、マスタはMAX9702からすべて1を読み取ります。こうした状況を回避するために、R/Wビットを必ず0に設定してください。

表2. MAX9702のアドレスマップ

PART	MAX9702 SLAVE ADDRESS							
	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	R/W
MAX9702	1	0	0	1	1	0	0	0
MAX9702B	1	0	0	1	1	1	0	0

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

コマンドレジスタ

MAX9702は、スピーカおよびヘッドフォン利得の設定、入力モードの選択、およびシャットダウンのイネーブル/ディセーブルに使用する1個のコマンドレジスタを備えています。表3は、コマンドレジスタに含まれる各ビットの機能を示します。

設定可能なスピーカ利得

MAX9702は、内部設定された8つのスピーカ利得を備えており、これらはB0～B2によって選択されます(表4参照)。

設定可能なヘッドフォン利得

MAX9702は、4つのヘッドフォン利得設定値を備えており、これらはB3とB4によって選択されます(表5参照)。

設定可能な入力モード

MAX9702は、ステレオ入力とモノラル入力のいずれかを選択するマルチプレクサを備えています。

モノラル入力とステレオ入力と同時にイネーブルされたとき、マルチプレクサはミキサとしての機能も果たします。ミュート機能は入力信号の出力をディセーブルします。すべてのモードはB5とB6によって選択されます(表6参照)。

ミックス機能は、モノラル信号とステレオ信号を減衰させてミックスします。各入力信号は、ミックスされる前に6dB減衰されます。この減衰によって、出力の無歪み限界が維持されます。ミックスモードにある場合の出力信号は、次式によって表わされます。

$$(OUT_{+} + (-)OUT_{-}) \text{ or } HP_{-} = \left(\frac{IN_{+} + INM}{2} \right) \times A_V$$

ここで、 A_V はアンプの利得です。

表3. コマンドビットと説明

BIT	FUNCTION	DEFAULT
B0	Speaker gain-setting bit	0
B1	Speaker gain-setting bit	0
B2	Speaker gain-setting bit	1
B3	Headphone gain-setting bit	1
B4	Headphone gain-setting bit	0
B5	MONO enable bit (0 = Mute)	0
B6	STEREO enable bit (0 = Mute)	1
B7	Shutdown bit (1 = normal, 0 = shutdown)	1

表4. 設定可能なスピーカ利得

B2	B1	B0	FUNCTION	GAIN (dB)
0	0	0	Speaker gain	+0
0	0	1	Speaker gain	+3
0	1	0	Speaker gain	+6
0	1	1	Speaker gain	+9
1	0	0	Speaker gain	+12
1	0	1	Speaker gain	+15
1	1	0	Speaker gain	+18
1	1	1	Speaker gain	+21

表5. 設定可能なヘッドフォン利得

B4	B3	FUNCTION	GAIN (dB)
0	0	Headphone gain	-2
0	1	Headphone gain (default)	+1
1	0	Headphone gain	+4
1	1	Headphone gain	+7

表6. 設定可能な入力モード

B6	B5	FUNCTION
0	0	MUTE (no input on the output)
0	1	MONO (MONO input sent to the output)
1	0	STEREO (left and right inputs sent to the outputs) (default)
1	1	MIX (MONO and STEREO inputs are mixed and output)

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

シャットダウン

MAX9702は、消費電力を低減し、バッテリー寿命を延長する0.1μAのシャットダウンモードを備えています。シャットダウンはハードウェアまたはソフトウェアインタフェースによって制御されます。駆動アンプ、バイアス回路、チャージポンプをディセーブルするためにはSHDNをローに駆動し、ヘッドフォンアンプの出力インピーダンスを1kΩに設定してください。同様に、制御レジスタのビット7(B7)を0に設定すると、MAX9702はシャットダウンに入ります。通常動作の場合は、SHDNをV_{DD}に接続し、ビット7 = 1に設定してください(表7参照)。シャットダウン中は、I²Cインタフェースはアクティブで、コマンドレジスタの内容は影響を受けません。このため、マスタはシャットダウン中にMAX9702に書き込みを行うことができます。

表7. シャットダウン制御(SHDN)

B7	FUNCTION
0	Soft shutdown
1	Normal operation

アプリケーション情報

フィルタレスD級動作

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、アンプのサイズが増大し、また効率が低下する場合があります。従来のPWM方式では、大きな差動出力振幅(2 × V_{DD(P-P)})を使用し、大きなリップル電流が発生します。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。

MAX9702では出力フィルタは不要です。このデバイスは、スピーカコイル本来のインダクタンスと、スピーカおよび人間の耳の自然なフィルタリングに依拠し、方形波出力に含まれるオーディオ成分を再生します。出力フィルタを排除することによって、小型化され、コストが低下し、効率が向上します。

MAX9702出力の周波数はほとんどのスピーカの帯域幅を十分に超えているため、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。こうした動きはわずかですが、追加電力を処理す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。最適な結果を得るために、直列インダクタンスが10μH以上のスピーカを使用してください。ポータブルオーディオアプリケーション用の標準的な8Ωスピーカは、20μH~100μHの範囲の直列インダクタンスを示します。

D級出力のオフセット

AB級アンプとは異なり、D級アンプでは、負荷が加わったときに出力オフセット電圧によって自己消費電流が著しく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によるものです。

たとえば、8Ω負荷に8mVのDCオフセットがあると、AB級デバイスでは消費電流が1mA増えます。D級の場合、8Ωに8mVのオフセットが加わると、電力損失の増加分は8μWになります。D級アンプは高効率であるため、これは自己消費電流の増加が8μW/(V_{DD}/100 × η)であることを表わし、この値はおおよそ数μAです。

DC結合入力

入力アンプは、アンプのバイアス電圧にバイアスされたDC結合入力を受け入れることができます。DC結合によって入力結合コンデンサが不要になるため、部品点数が1個の外付け部品に削減される可能性があります(「システム図」参照)。ただし、コンデンサのハイパスフィルタ効果が失われて、低周波信号が負荷まで伝達します。

電源

MAX9702は、デバイス各部に別個の電源を搭載しているため、無歪み限界の電力損失とノイズ耐性の最適な組合せが可能です。スピーカアンプはPV_{DD}から給電されます。PV_{DD}は、範囲が2.5V~5.5Vで、V_{DD}と同電位に接続する必要があります。ヘッドフォンアンプはV_{DD}とV_{SS}から給電されます。V_{DD}は、ヘッドフォンアンプの正電源電圧で、範囲が2.5V~5.5Vです。V_{SS}はヘッドフォンアンプの負電源電圧です。V_{SS}をCPV_{SS}に接続してください。チャージポンプはCPV_{DD}から給電されます。通常動作の場合は、CPV_{DD}をV_{DD}に接続してください。チャージポンプはCPV_{DD}の電圧を反転し、その結果の電圧がCPV_{SS}に発生します。デバイスの他の部分は、V_{DD}から給電されます。

部品の選択

入力フィルタ

MAX9702の入力インピーダンスに接続される入力コンデンサ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、アンプは信号を自動的に最適なDCレベルにバイアスすることができます。信号ソースのインピーダンスがゼロの場合、ハイパスフィルタの-3dB点は次式によって与えられます。

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

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

f_{-3dB} が対象最低周波数を大幅に下回るように C_{IN} を選定してください。タンタルやアルミ電解など、低電圧係数の誘電率から成る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のコンデンサは、低周波での歪みを増大させるおそれがあります。

入力フィルタを設計する際の上記以外の検討事項として、システム全体の制約および実際の対象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、携帯電話やトランシーバなどのポータブルな音声再生デバイスに対する要求は人間の音声周波数範囲(通常、300Hz~3.5kHz)に限られています。また、ポータブルデバイスに使用されるスピーカは、300Hz以下の応答の良くないものが大半です。これらの2点を考え合せると、20Hz~20kHzの応答をカバーする入力フィルタとする必要はなく、より小型のコンデンサを使用して基板面積とコストの両方を節減します。

出力フィルタ

AX9702には出力フィルタが不要です。このデバイスは、75mmの非シールドスピーカケーブルに関するFCCエミッション規格に適合しています。ただし、基板のレイアウトやケーブル長に起因する放射エミッション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することができます。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、長いケーブル(200mm以上)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。図13はオプションのスピーカアンプ出力フィルタを示します。

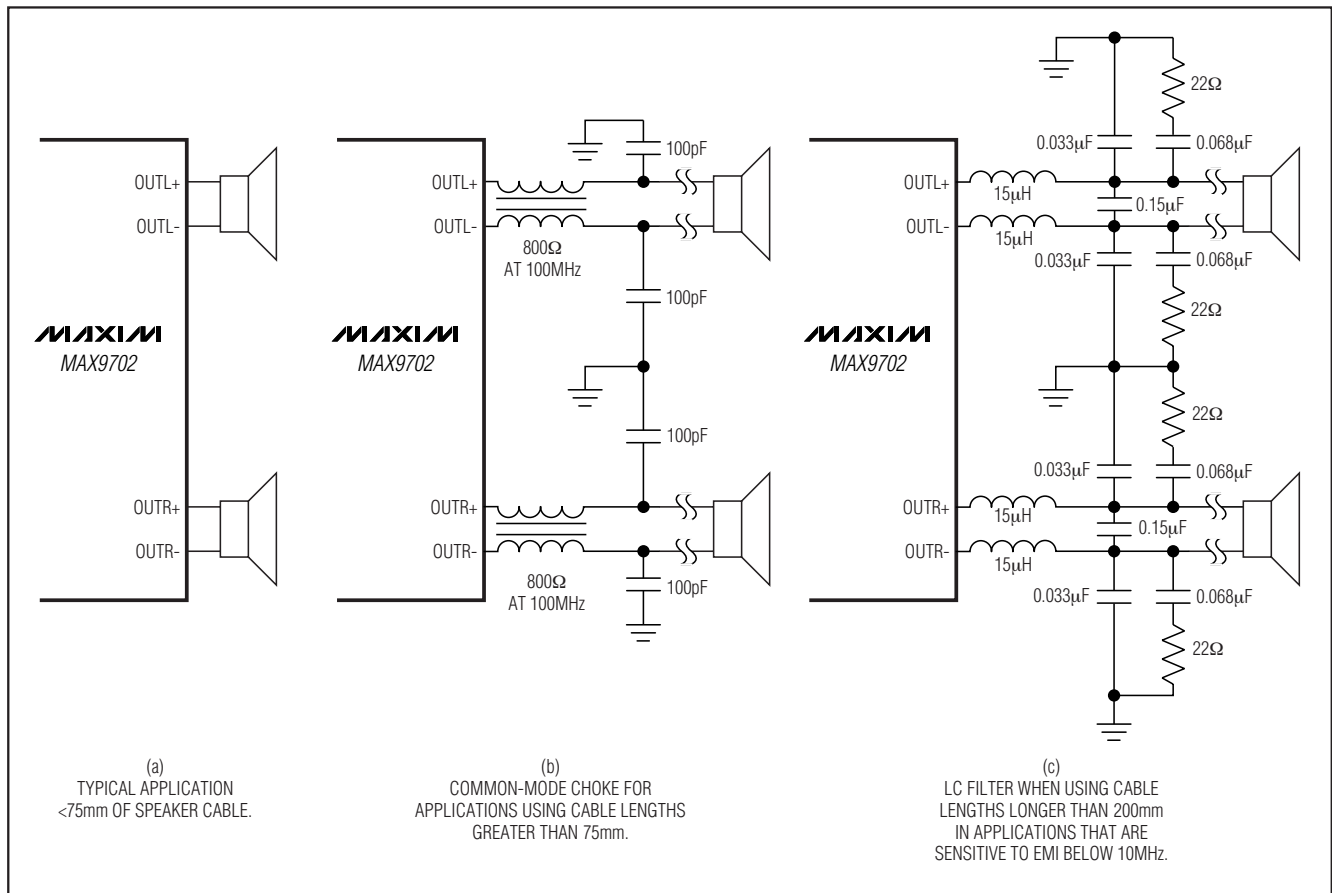


図13. オプションのスピーカアンプ出力フィルタ

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

BIASコンデンサ

BIASは内部で生成されるDCバイアス電圧の出力です。BIASのバイパスコンデンサ C_{BIAS} は、コモンモードバイアスノードにおける電源などのノイズソースを低減することによってPSRRとTHD+Nを改善し、さらに、スピーカアンプ用としてクリック音やポップ音のないスタートアップ/シャットダウンDCバイアス波形も生成します。BIASを $1\mu\text{F}$ のコンデンサでGNDにバイパスしてください。

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は、ESRが $100\text{m}\Omega$ 以下のコンデンサを使用してください。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。ほとんどの表面実装セラミックコンデンサが、このESR要件を満たします。広い温度範囲で性能を最適化するためには、X7R誘電体のコンデンサを選択してください。表8は推奨メーカを示します。

フライングコンデンサ(C1)

フライングコンデンサ(C1)の値は、チャージポンプの出力抵抗に影響を与えます。C1の値が小さすぎると、デバイスの電流駆動能力が低下して十分な電流を供給することができず、出力電圧の損失をもたらします。C1の値を大きくすると、チャージポンプの出力抵抗がある程度まで低下させることができます。 $1\mu\text{F}$ 以上の場合は、スイッチのオン抵抗と、C1およびC2のESRが支配的になります。

出力コンデンサ(C2)

出力コンデンサの容量値とESRは、 CPV_{SS} のリップルに直接影響を与えます。C2の値を大きくすると、出力リップルが減少します。同様に、C2のESRを小さくすると、リップルと出力抵抗がともに減少します。最大出力電力レベルが低いシステムには、低い容量値を使用することができます。「標準動作特性」の「Output Power vs. Charge-Pump Capacitance」と「Output Power vs. Load Resistance」のグラフをご覧ください。

CPV_{DD}バイパスコンデンサ

CPV_{DD}のバイパスコンデンサ(C3)によって、電源の出力インピーダンスが低減し、MAX9702のチャージポンプのスイッチングトランジエントによる影響が低下します。

CPV_{DD}をC3でPGNDにバイパスし、C3をCPV_{DD}とPGNDに物理的に近い位置に配置してください。C3の容量値をC1の容量値に等しくしてください。

電源のバイパス、レイアウト、およびグランド

性能を最適化するためには、適切なレイアウトとグランドが不可欠です。電源入力とアンプ出力には幅の広いトレースを使用して寄生トレース抵抗による損失を最小にしてください。また、幅の広いトレースは、パッケージの放熱にも役立ちます。適切なグランドによって、オーディオ性能が向上し、チャンネル間のクロストークが最小限に抑制され、オーディオ信号へのスイッチングノイズの結合が防止されます。PGNDとGNDをプリント基板上の1点で互いに接続してください。スイッチングトランジエントが伝播する全トレースは、GND、およびオーディオ信号経路用のトレース/部品から離して配置してください。

電源入力のすべて(CPV_{DD}、V_{DD}、およびPV_{DD})を互いに接続してください。PV_{DD}を $0.1\mu\text{F}$ のコンデンサでPGNDにバイパスし、CPV_{DD}を $1\mu\text{F}$ のコンデンサでPGNDにバイパスしてください。V_{DD}を $1\mu\text{F}$ のコンデンサでGNDにバイパスしてください。このバイパスコンデンサは、MAX9702のできる限り近くに配置してください。必要に応じて、PV_{DD}とPGNDの間に大容量コンデンサを配置してください。

幅の広い低抵抗の出力トレースを使用してください。出力から流れる電流は、負荷インピーダンスが減少するにつれて増加します。出力トレースの抵抗が大きければ、負荷への供給電力が減少します。幅の広いトレースを出力、電源、およびGNDに使用すると、MAX9702から空気中により多くの熱を放射することができ、システムの熱インピーダンスが下がります。

MAX9702のThin QFN-EPパッケージは、その下側にエクスポーズドサーマルパッドを備えています。このパッドは、ダイからプリント基板への直接の熱伝導経路を提供することによってパッケージの熱インピーダンスを低減しています。エクスポーズドパッドは内部でV_{SS}に接続されています。エクスポーズドパッドを絶縁されたプレーンまたはV_{SS}に接続してください。

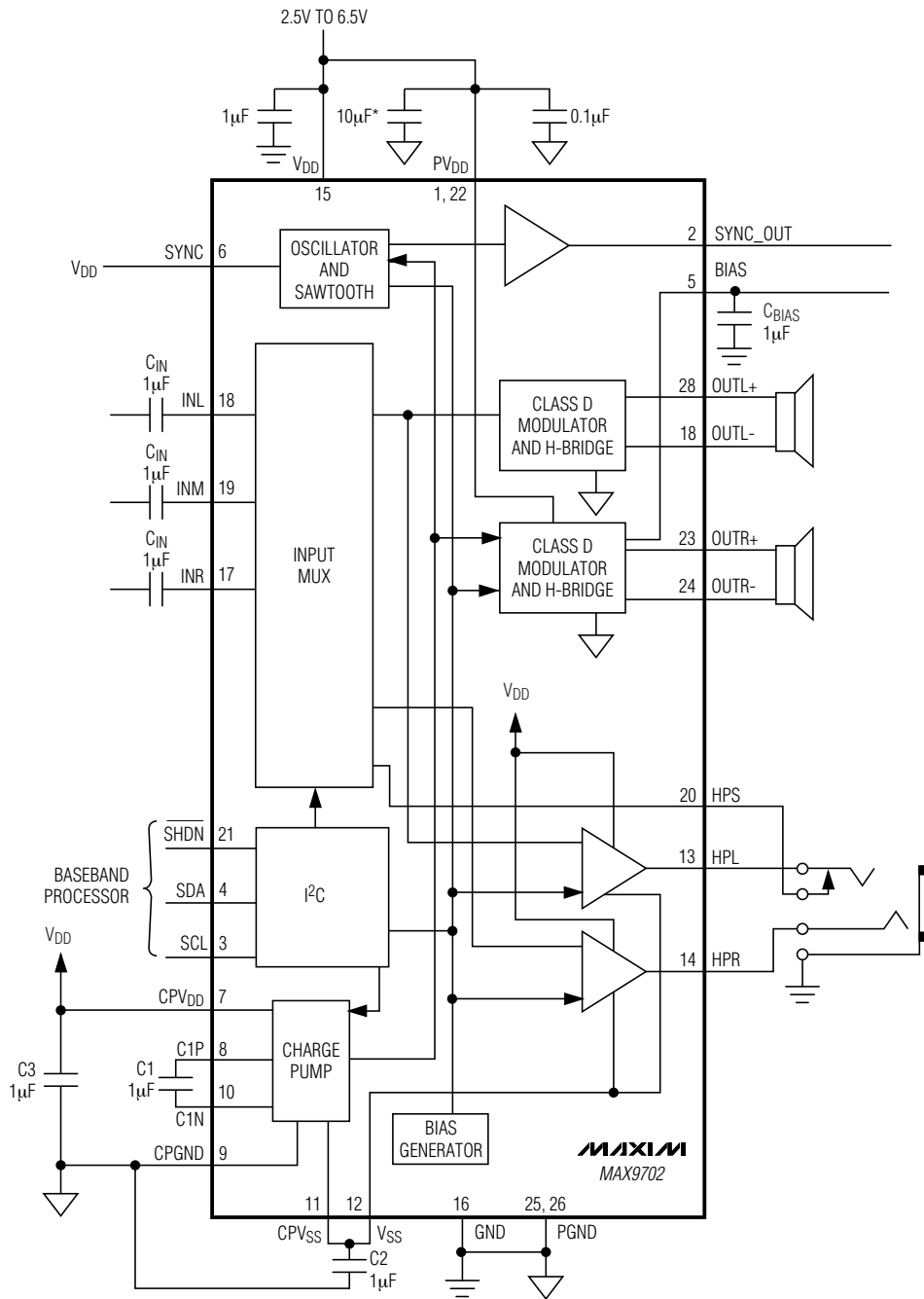
表8. 推奨コンデンサメーカ

SUPPLIER	PHONE	FAX	WEBSITE
Taiyo Yuden	800-348-2496	847-925-0899	www.t-yuden.com
TDK	807-803-6100	847-390-4405	www.component.tdk.com

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

ファンクションダイアグラム/標準動作回路

MAX9702

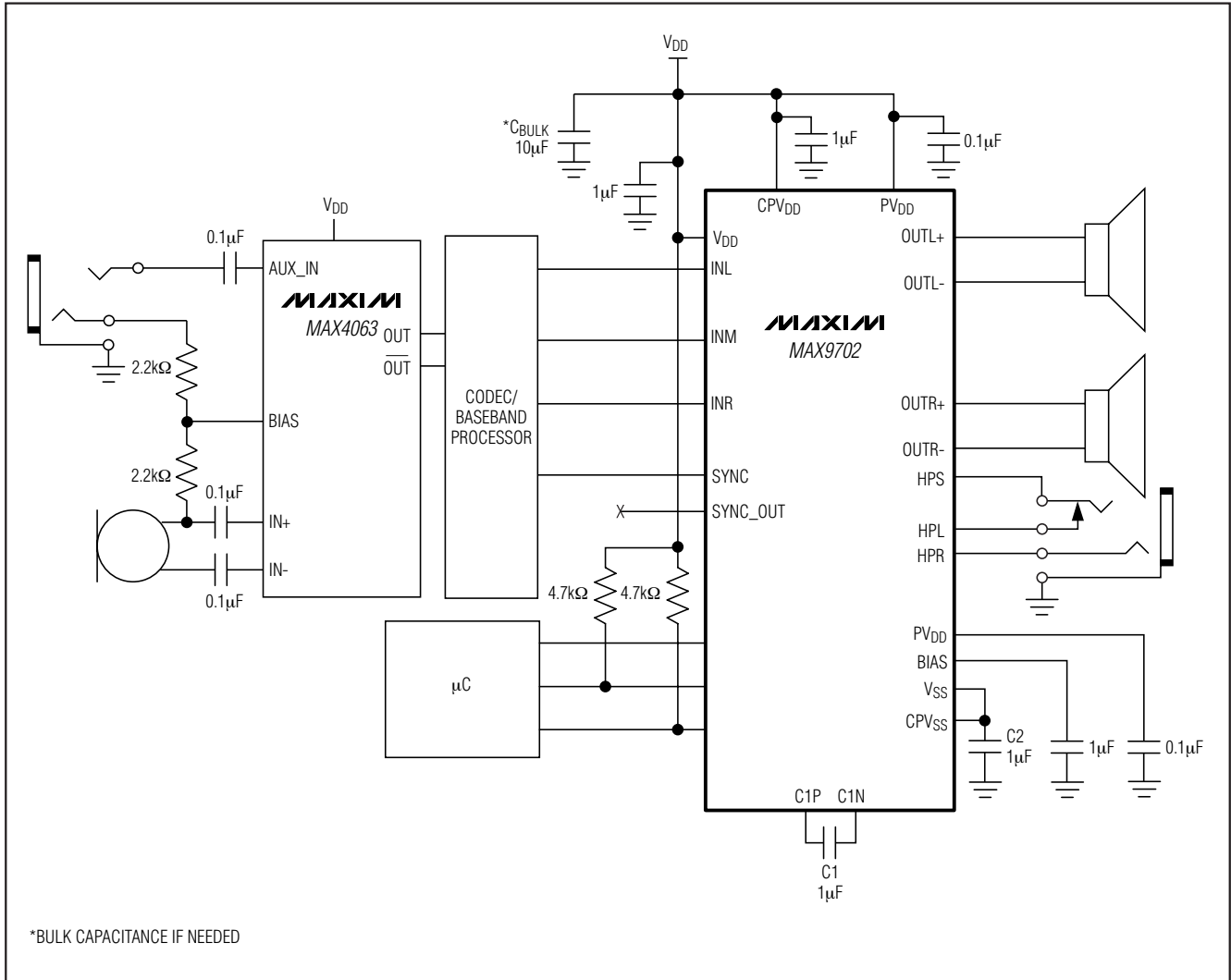


*BULK CAPACITANCE IF NEEDED

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

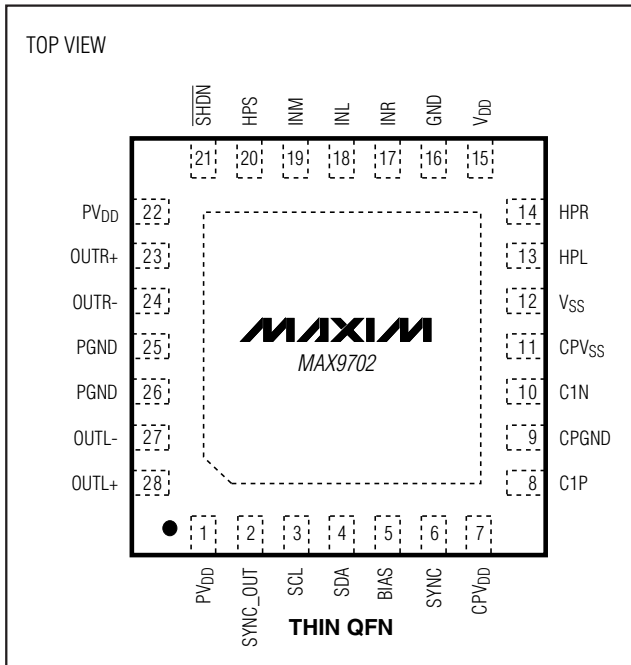
MAX9702

システム図



1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

ピン配置



チップ情報

TRANSISTOR COUNT: 10,435

PROCESS: BiCMOS

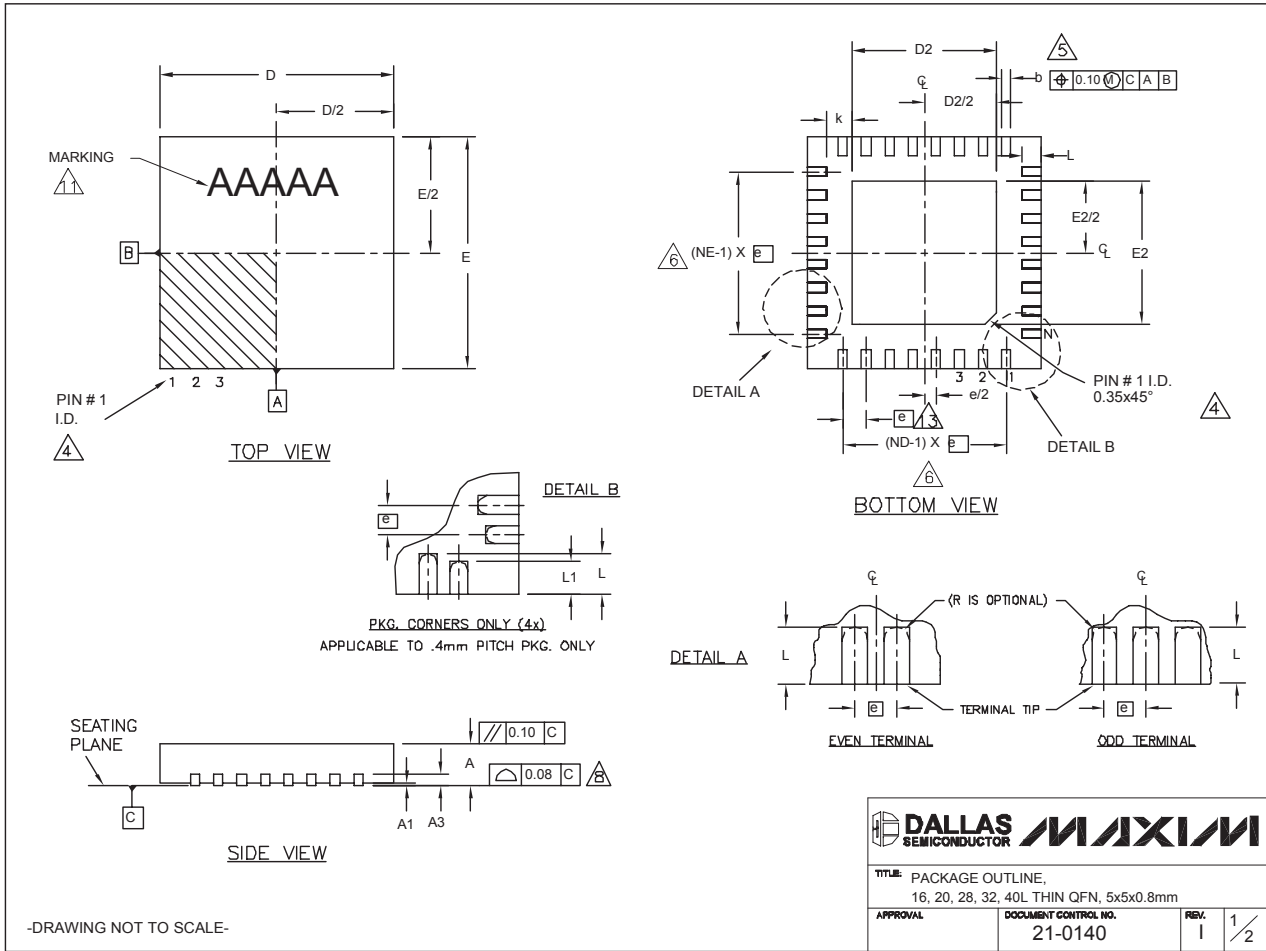
MAX9702

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

MAX9702

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。)



QFN THINLEPS

-DRAWING NOT TO SCALE-

1.8W、フィルタレス、ステレオ、D級オーディオ パワーアンプおよびDirectDriveステレオヘッドフォンアンプ

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
A3	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	0.35	0.45
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	0.40	0.50	0.60
L1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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			L <small>EXPOSED</small>	DOWN BONDS ALLOWED	
	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.			
T1655-2	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	YES	
T1655-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	NO	
T1655N-1	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	NO	
T2055-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	YES	
T2055-4	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	NO	
T2055-5	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35	0.40	YES	
T2855-3	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35	**	YES	
T2855-4	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80	**	YES	
T2855-5	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80	**	NO	
T2855-6	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35	**	NO	
T2855-7	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80	**	YES	
T2855-8	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35	0.40	YES	
T2855N-1	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35	**	NO	
T3255-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	.20	**	YES	
T3255-4	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	.20	**	NO	
T3255-5	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	YES	
T3255N-1	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	NO	
T4055-1	3.20	3.30	3.40	3.20	3.30	3.40	**	YES	

**SEE COMMON DIMENSIONS TABLE

NOTES:

- DIMENSIONING & TOLERANCING CONFORM TO ASME Y14.5M-1994.
- ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS. ANGLES ARE IN DEGREES.
- N IS THE TOTAL NUMBER OF TERMINALS.
- THE TERMINAL #1 IDENTIFIER AND TERMINAL NUMBERING CONVENTION SHALL CONFORM TO JEDEC 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.
- DIMENSION b APPLIES TO METALLIZED TERMINAL AND IS MEASURED BETWEEN 0.25 mm AND 0.30 mm FROM TERMINAL TIP.
- ND AND NE REFER TO THE NUMBER OF TERMINALS ON EACH D AND E SIDE RESPECTIVELY.
- DEPOPULATION IS POSSIBLE IN A SYMMETRICAL FASHION.
- COPLANARITY APPLIES TO THE EXPOSED HEAT SINK SLUG AS WELL AS THE TERMINALS.
- DRAWING CONFORMS TO JEDEC MO220, EXCEPT EXPOSED PAD DIMENSION FOR T2855-3 AND T2855-6.
- WARPAGE SHALL NOT EXCEED 0.10 mm.
- MARKING IS FOR PACKAGE ORIENTATION REFERENCE ONLY.
- NUMBER OF LEADS SHOWN ARE FOR REFERENCE ONLY.
- LEAD CENTERLINES TO BE AT TRUE POSITION AS DEFINED BY BASIC DIMENSION "e", ±0.05.

-DRAWING NOT TO SCALE-



TITLE: PACKAGE OUTLINE,
16, 20, 28, 32, 40L THIN QFN, 5x5x0.8mm

APPROVAL	DOCUMENT CONTROL NO. 21-0140	REV. 1	2/2
----------	---------------------------------	-----------	-----

The MAX9702 thin QFN-EP package features an exposed thermal pad on its underside. This pad lowers the package's thermal impedance by providing a direct-heat conduction path from the die to the printed circuit board. The exposed pad is internally connected to VSS. Connect the exposed thermal pad to an isolated plane.

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

マキシムは完全にマキシム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。マキシム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。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600 31

© 2005 Maxim Integrated Products, Inc. All rights reserved. MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.