

## MAX13335E/MAX13336E

# 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

### 概述

### 特性

MAX13335E/MAX13336E是高保真立体声音频放大器，设计用于需要音频电平检测和/或插孔检测功能的汽车级应用。器件集成双通道、低噪声、可编程增益放大器，可接收全差分 and 伪差分输入信号，并带有诊断功能，可通过I<sup>2</sup>C接口控制。器件的音频接收器可与MAX13325/MAX13326音频发送器配对使用，在汽车系统中形成完备的差分音频链路。器件的每个通道都具有极高的共模抑制比(CMRR) (80dB)，在共模噪声较强的汽车环境中仍可恢复出音频信号。集成可编程增益放大器调节范围为：-14dB至+16dB (MAX13335E)和-22dB至+8dB (MAX13336E)，过零检测用于优化输出信号电平并抑制啜噪噪声。外部灵活的诊断输入可配置为插孔检测，或配置为检测对电池短路、对地短路、负载开路以及通道间短路等故障。

音频输入具有ISO 10605 ±15kV气隙放电和±8kV接触放电ESD保护。两款器件均工作在-40°C至+105°C温度范围，采用16引脚的QSOP封装。

- ◆ +3.3V或+5V供电
- ◆ 可承受+28V至-16V输入范围
- ◆ 较宽的共模输入(-5V至+11.5V)
- ◆ 全差分输入电压，可达7V<sub>RMS</sub>
- ◆ 伪差分输入电压，可达3.5V<sub>RMS</sub>
- ◆ 音频信号检测功能
- ◆ 插孔检测功能
- ◆ 诊断功能
- ◆ 可编程增益，带过零检测
- ◆ I<sup>2</sup>C控制接口
- ◆ 汽车级ESD保护
  - ◇ ISO 10605 ±15kV气隙放电
  - ◇ ±8kV接触放电

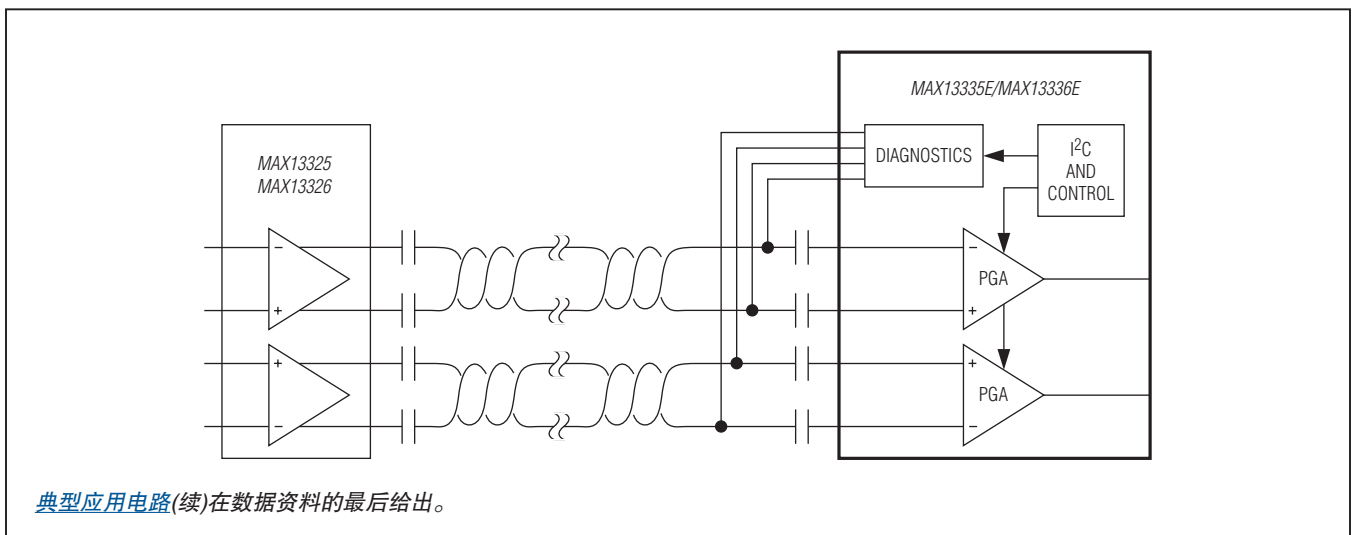
### 应用

音响单元  
RSA/RSE  
互联模块  
汽车远程信息处理

订购信息在数据资料的最后给出。

相关型号以及配合该器件使用的推荐产品，请参见：[china.maxim-ic.com/MAX13335E.related](http://china.maxim-ic.com/MAX13335E.related)。

### 典型应用电路



# MAX13335E/MAX13336E

## 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V <sub>DD</sub> to GND.....	-0.3V to +6V	Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)
D <sub>-</sub> to GND.....	-16V to +28V	QSOP (derate 9.6 mW/°C above +70°C).....
INL <sub>-</sub> , INR <sub>-</sub> to GND.....	-10V to +15V	Operating Junction Temperature Range .....
OUTR, OUTL to GND.....	-0.3V to (V <sub>DD</sub> + 0.3V)	Storage Temperature Range.....
SDA, SCL, INT to GND.....	-0.3V to +6V	Lead Temperature (soldering, 10s) .....
REF to GND.....	-0.3V to (V <sub>DD</sub> + 0.3V)	Soldering Temperature (reflow) .....
Output Short-Circuit Duration.....	Continuous	

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.

### PACKAGE THERMAL CHARACTERISTICS (Note 1)

QSOP

Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ <sub>JA</sub> ) .....	103.7°C/W
Junction-to-Case Thermal Resistance (θ <sub>JC</sub> ).....	37°C/W

**Note 1:** Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to [china.maxim-ic.com/thermal-tutorial](http://china.maxim-ic.com/thermal-tutorial).

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V<sub>DD</sub> = 5V, A<sub>v</sub> = -6dB, R<sub>L</sub> = 10kΩ, f = 20Hz to 20kHz, T<sub>A</sub> = T<sub>J</sub> = -40°C to +105°C, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = 25°C under normal conditions, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>GENERAL</b>						
Supply-Voltage Range	V <sub>DD</sub>	V <sub>REF</sub> = 1.68V	-5%	3.3	+5%	V
		V <sub>REF</sub> = 2.5V	-5%	5.0	+5%	
Quiescent Supply Current	I <sub>DD</sub>	V <sub>INL-</sub> = V <sub>INR-</sub> = V <sub>DD</sub> /2		11		mA
Shutdown Supply Current	I <sub>SHDN</sub>	SHDN bit = 1		6	10	μA
REF Output Voltage	V <sub>REF</sub>	V <sub>DD</sub> = 3.3V	-4%	1.68	+4%	V
		V <sub>DD</sub> = 5V	-3%	2.5	+3%	
Thermal Shutdown	T <sub>SHDN</sub>	(Note 3)		+150		°C
Thermal Shutdown Hysteresis	T <sub>HYS</sub>	(Note 3)		15		°C

# MAX13335E/MAX13336E

双通道、汽车应用音频差分接收器，  
提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V<sub>DD</sub> = 5V, A<sub>V</sub> = -6dB, R<sub>L</sub> = 10kΩ, f = 20Hz to 20kHz, T<sub>A</sub> = T<sub>J</sub> = -40°C to +105°C, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = 25°C under normal conditions, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>AMPLIFIERS</b>						
Programmable Gain Amp	A <sub>V</sub>	G_[3:0] = 0000	MAX13335E	-14		dB
		G_[3:0] = 0001		-12		
		G_[3:0] = 0010		-10		
		G_[3:0] = 0011		-8		
		G_[3:0] = 0100		-6		
		G_[3:0] = 0101		-4		
		G_[3:0] = 0110		-2		
		G_[3:0] = 0111		0		
		G_[3:0] = 1000		2		
		G_[3:0] = 1001		4		
		G_[3:0] = 1010		6		
		G_[3:0] = 1011		8		
		G_[3:0] = 1100		10		
		G_[3:0] = 1101		12		
		G_[3:0] = 1110		14		
		G_[3:0] = 1111		16		
		G_[3:0] = 0000		MAX13336E	-22	
		G_[3:0] = 0001			-20	
		G_[3:0] = 0010			-18	
		G_[3:0] = 0011			-16	
		G_[3:0] = 0100			-14	
		G_[3:0] = 0101			-12	
		G_[3:0] = 0110			-10	
		G_[3:0] = 0111			-8	
		G_[3:0] = 1000			-6	
		G_[3:0] = 1001			-4	
		G_[3:0] = 1010			-2	
		G_[3:0] = 1011			0	
		G_[3:0] = 1100			2	
		G_[3:0] = 1101			4	
		G_[3:0] = 1110			6	
		G_[3:0] = 1111			8	
Gain Error	A <sub>ERR</sub>	Within V <sub>CM</sub> operating range		±0.4		dB
Gain Matching	A <sub>MCH</sub>	Within V <sub>CM</sub> operating range		±0.4		dB

# MAX13335E/MAX13336E

双通道、汽车应用音频差分接收器，  
提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V<sub>DD</sub> = 5V, A<sub>V</sub> = -6dB, R<sub>L</sub> = 10kΩ, f = 20Hz to 20kHz, T<sub>A</sub> = T<sub>J</sub> = -40°C to +105°C, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = 25°C under normal conditions, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Offset Voltage	V <sub>IOS</sub>	A <sub>V</sub> = 0dB		-10		+10	mV
Input Impedance	R <sub>IN</sub>	Differential	MAX13335E	13.5	22	33	kΩ
			MAX13336E	19	30	42	
		Single-ended	MAX13335E	8.5	14	21	
			MAX13336E	11	17	24	
Common-Mode Rejection Ratio	A <sub>CMRR</sub>	Within V <sub>CM</sub> range, f = DC, A <sub>V</sub> = -2dB (Note 4)	MAX13335E	60	80		dB
		V <sub>CM</sub> = 2V <sub>RMS</sub> , f = 20Hz to 20kHz (Note 3)		60			
		Within V <sub>CM</sub> range, f = DC, A <sub>V</sub> = -10dB (Note 4)	MAX13336E	65	85		
		V <sub>CM</sub> = 2V <sub>RMS</sub> , f = 20Hz to 20kHz (Note 3)		65			
Power-Supply Rejection Ratio	A <sub>PSRR</sub>	f = 1kHz, V <sub>RIPPLE</sub> = 200mV <sub>P-P</sub> (Note 3)			-80		dB
Input Voltage Range	V <sub>IN</sub>	Quasi-differential source, V <sub>DD</sub> = 3.3V	MAX13335E			1.3	V <sub>RMS</sub>
		Quasi-differential source, V <sub>DD</sub> = 5V				2	
		Differential source, V <sub>DD</sub> = 3.3V				2.6	
		Differential source, V <sub>DD</sub> = 5V				4.0	
		Quasi-differential source, V <sub>DD</sub> = 3.3V	MAX13336E			2.3	
		Quasi-differential source, V <sub>DD</sub> = 5V				3.5	
		Differential source, V <sub>DD</sub> = 3.3V				4.6	
		Differential source, V <sub>DD</sub> = 5V				7.0	
Input Common-Mode Voltage Range	V <sub>CM</sub>	V <sub>DD</sub> = 3.3V	MAX13335E	-1.2		4.6	V
		V <sub>DD</sub> = 5V		-1.8		7.0	
		V <sub>DD</sub> = 3.3V	MAX13336E	-3.3		7.6	
		V <sub>DD</sub> = 5V		-5.0		11.5	

# MAX13335E/MAX13336E

双通道、汽车应用音频差分接收器，  
提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V<sub>DD</sub> = 5V, A<sub>V</sub> = -6dB, R<sub>L</sub> = 10kΩ, f = 20Hz to 20kHz, T<sub>A</sub> = T<sub>J</sub> = -40°C to +105°C, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = 25°C under normal conditions, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Range	V <sub>OUT</sub>	R <sub>L</sub> = 10kΩ		0.1		V <sub>DD</sub> - 0.1	V
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	f = 1kHz, V <sub>OUT_</sub> = 1.4V <sub>RMS</sub> (Note 3)			0.01		%
Signal-to-Noise Ratio	SNR	V <sub>OUT_</sub> = 1.4V <sub>RMS</sub> (Note 3)	MAX13335E		104.8		dB
			MAX13336E		99.4		
Output Noise	V <sub>N</sub>	A <sub>V</sub> = 0dB, unweighted (Note 3)	MAX13335E		8		μV <sub>RMS</sub>
			MAX13336E		15		
Slew Rate	SR	C <sub>L</sub> = 300pF (Note 3)		0.5			V/μs
Maximum Capacitive Load	C <sub>L</sub>	No sustained oscillation (Note 3)			300		pF
Crosstalk	A <sub>XTALK</sub>	V <sub>IN</sub> = 2V <sub>RMS</sub> (Note 3)			-80		dB
Mute Attenuation	A <sub>MUTE</sub>	MUTE bit = 1, V <sub>IN</sub> = 2V <sub>RMS</sub> (Note 3)			-80		dB
Shutdown Attenuation	A <sub>SHDN</sub>	SHDN bit = 1, V <sub>IN</sub> = 2V <sub>RMS</sub> (Note 3)			-80		dB
<b>LEVEL SENSE/CLIP DETECTION</b>							
Audio Presence Threshold	V <sub>TAP</sub>	Output referred		127	200	268	mV <sub>RMS</sub>
Clip-Level Warning	V <sub>TCP</sub>	Positive clip warning level			90		% V <sub>DD</sub>
	V <sub>TCN</sub>	Negative clip warning level			10		
<b>DIAGNOSTIC I/O</b>							
Pullup Current Limit	I <sub>IDH</sub>	V <sub>D_</sub> = 1.5V	D_[3:0]=0001		40		μA
			D_[3:0]=0010		97		
			D_[3:0]=0011		154		
			D_[3:0]=0100		210		
			D_[3:0]=0101		265		
			D_[3:0]=0110		320		
			D_[3:0]=0111		375		
			D_[3:0]=1000		430		
			D_[3:0]=1001		485		
			D_[3:0]=1010		540		
			D_[3:0]=1011		595		
			D_[3:0]=1100		650		
D_[3:0]=1101		705					
Pulldown Current	I <sub>IDL</sub>	D_[3:0] = 1110, V <sub>D_</sub> < V <sub>CM</sub>			32	65	μA
Trip High Threshold	V <sub>IDH</sub>	R <sub>D_</sub> = 1kΩ to 10kΩ			1.94		V
Trip Low Threshold	V <sub>IDL</sub>	R <sub>D_</sub> = 1kΩ to 10kΩ			0.92		V
Switch Diode	V <sub>DON</sub>	D_[3:0] = 1111			0.7		V
Input Resistance	R <sub>DOFF</sub>	Off-state D_[3:0] = 0000, V <sub>D_</sub> < V <sub>CM</sub>		1			MΩ

# MAX13335E/MAX13336E

## 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V<sub>DD</sub> = 5V, A<sub>V</sub> = -6dB, R<sub>L</sub> = 10kΩ, f = 20Hz to 20kHz, T<sub>A</sub> = T<sub>J</sub> = -40°C to +105°C, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = 25°C under normal conditions, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Leakage Current	I <sub>DLKG</sub>	Off-state D_[3:0] = 0000, V <sub>D_</sub> < V <sub>CM</sub>		±10		μA
<b>ESD PROTECTION</b>						
ISO 10605 Air Gap	V <sub>ESD</sub>	2kΩ/150pF, INL_, INR_		±15		kV
Contact Discharge	V <sub>ESD</sub>	330Ω/330pF, INL_, INR_		±8		kV
<b>DIGITAL INTERFACE</b>						
Input Voltage High	V <sub>INH</sub>	SDA, SCL	0.7 x V <sub>DD</sub>			V
Input Voltage Low	V <sub>INL</sub>	SDA, SCL			0.3 x V <sub>DD</sub>	V
Input Voltage Hysteresis	V <sub>HYS</sub>	SDA, SCL		0.14 x V <sub>DD</sub>		mV
I/O Leakage Current	I <sub>LKG</sub>	SDA, SCL, $\overline{\text{INT}}$		±10		μA
Output Low Voltage	V <sub>OL</sub>	SDA, $\overline{\text{INT}}$ , I <sub>SINK</sub> = 3mA			0.4	V
EN to Full Operation Time	t <sub>SON</sub>	C <sub>REF</sub> = 2.2μF (Note 3)		100		ms
<b>I<sup>2</sup>C TIMING</b>						
Output Fall Time	t <sub>OF</sub>	C <sub>BUS</sub> = 10pF to 400pF			250	ns
Pin Capacitance	C <sub>IN</sub>				10	pF
Clock Frequency	f <sub>SCL</sub>				400	kHz
SCL Low Time	t <sub>LOW</sub>		1.3			μs
SCL High Time	t <sub>HIGH</sub>		0.6			μs
START Condition Hold Time	t <sub>HD:STA</sub>	Repeated START condition	0.6			μs
START Condition Setup Time	t <sub>SU:STA</sub>	Repeated START condition	0.6			μs
Data Hold Time	t <sub>HD:DAT</sub>		0		900	ns
Data Setup Time	t <sub>SU:DAT</sub>		100			ns
Input Rise Time	t <sub>R</sub>	SCL, SDA			300	ns
Input Fall Time	t <sub>F</sub>	SCL, SDA			300	ns
STOP Condition Setup Time	t <sub>SU:STO</sub>		0.6			μs
Bus Free Time	t <sub>BUF</sub>	Between START and STOP conditions	1.3			μs
Maximum Bus Capacitance	C <sub>BUS</sub>	Per bus line			400	pF

**Note 2:** Specifications within minimum and maximum limits are 100% production tested at T<sub>A</sub> = +25°C and are guaranteed over the operating temperature range by design and characterization. Actual typical values may vary and are not guaranteed.

**Note 3:** Guaranteed by bench characterization.

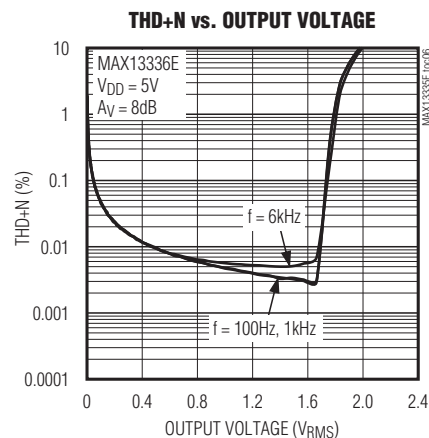
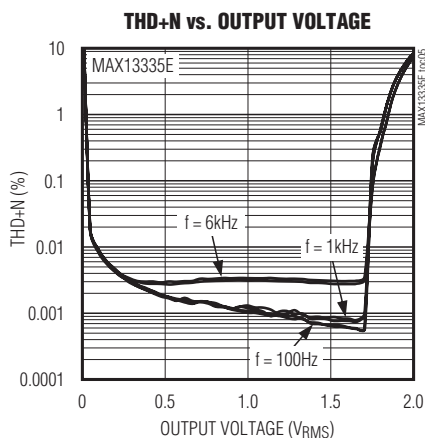
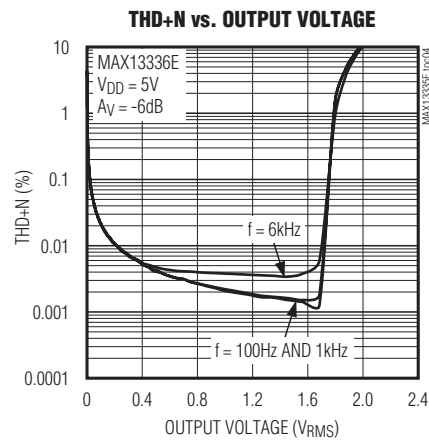
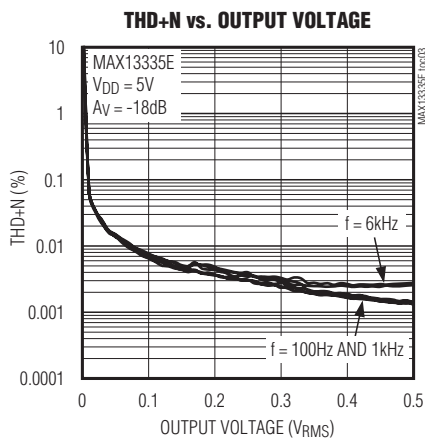
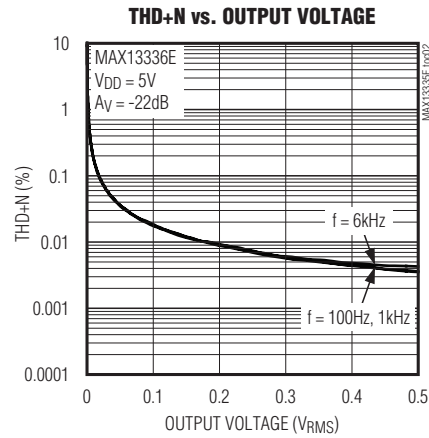
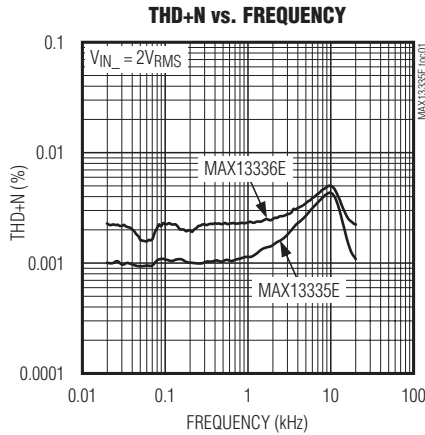
**Note 4:** A<sub>CMRR</sub> = 20log(ΔV<sub>IOS</sub>/ΔV<sub>CM</sub>).

# MAX13335E/MAX13336E

## 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

### 典型工作特性

( $V_{DD} = 5V$ ,  $A_V = -6dB$ ,  $R_L = 10k\Omega$ ,  $BW = 20Hz$  to  $20kHz$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

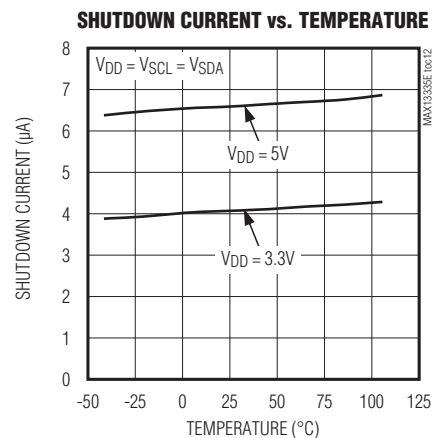
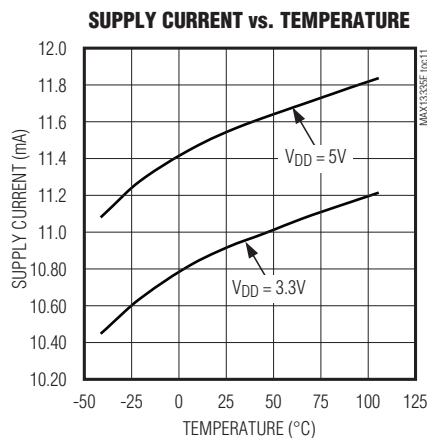
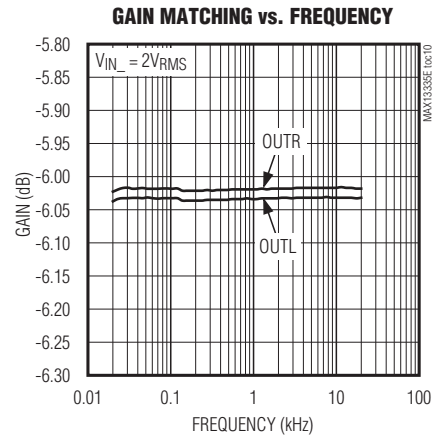
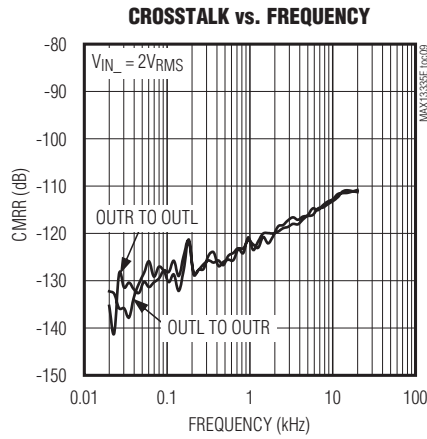
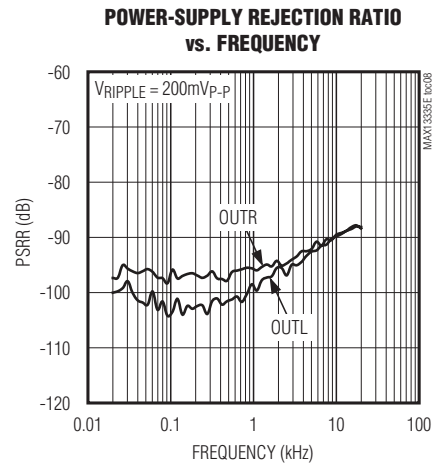
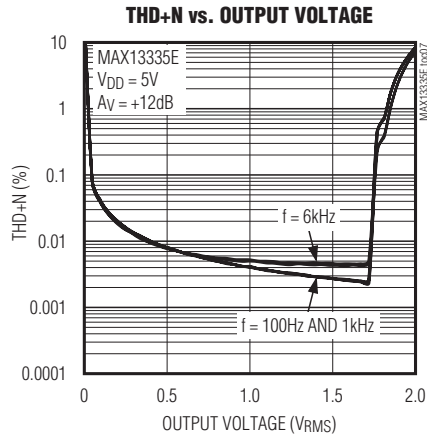


# MAX13335E/MAX13336E

## 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

典型工作特性(续)

( $V_{DD} = 5V$ ,  $A_V = -6dB$ ,  $R_L = 10k\Omega$ ,  $BW = 20Hz$  to  $20kHz$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

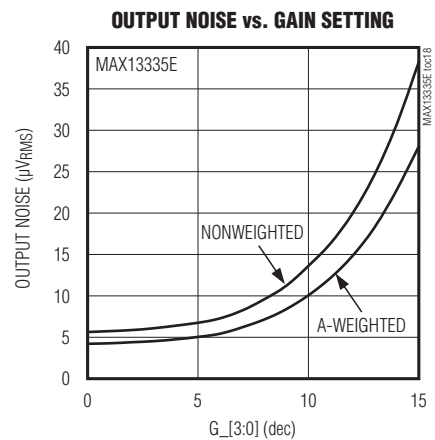
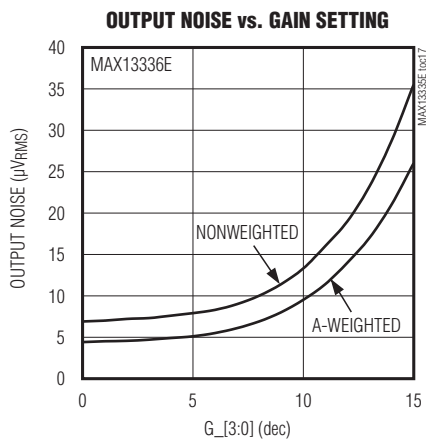
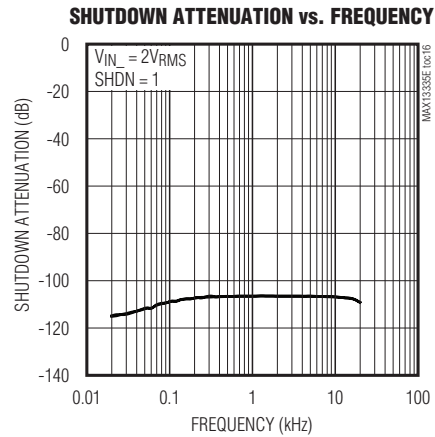
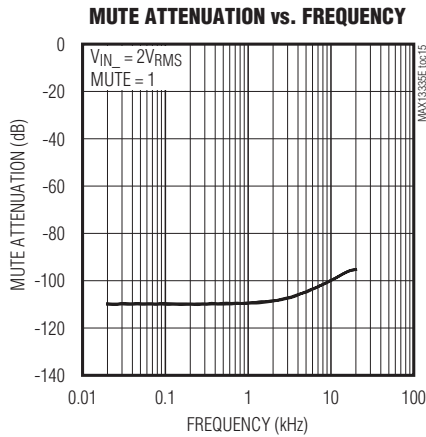
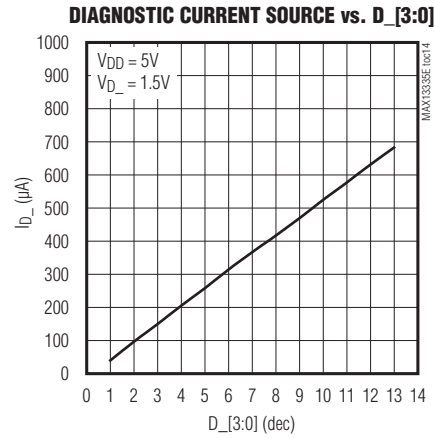
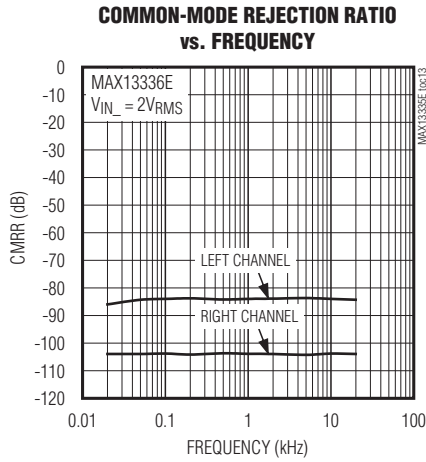


# MAX13335E/MAX13336E

## 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

典型工作特性(续)

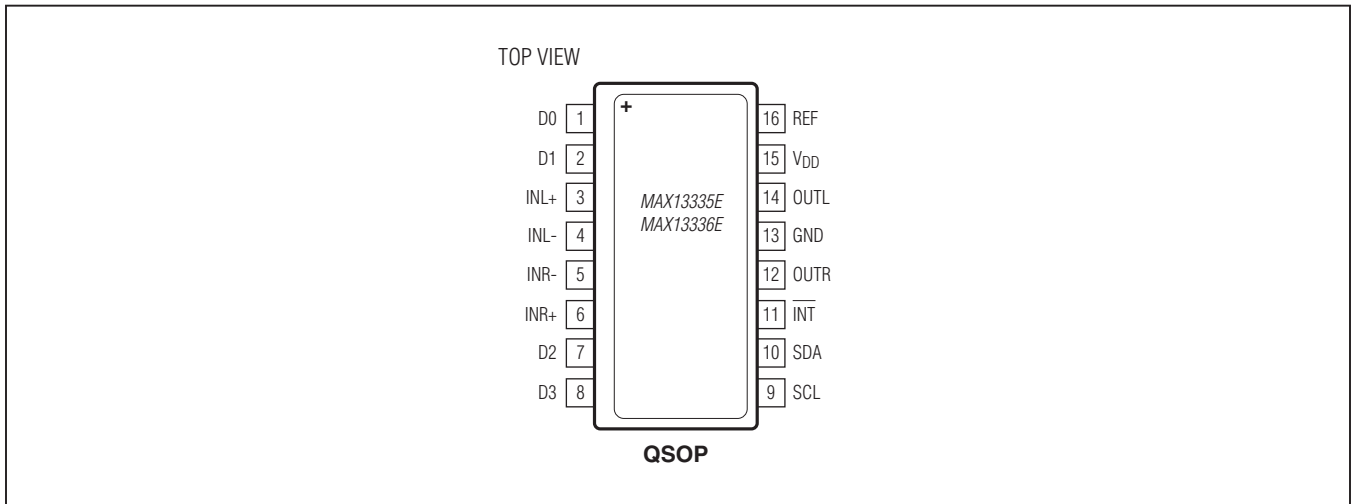
( $V_{DD} = 5V$ ,  $A_V = -6dB$ ,  $R_L = 10k\Omega$ ,  $BW = 20Hz$  to  $20kHz$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)



# MAX13335E/MAX13336E

双通道、汽车应用音频差分接收器，  
提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

## 引脚配置



## 引脚说明

引脚	名称	功能
1	D0	诊断I/O 0。I/O引脚，用于插孔检测和诊断。
2	D1	诊断I/O 1。I/O引脚，用于插孔检测和诊断。
3	INL+	左声道同相音频输入。
4	INL-	左声道反相音频输入。
5	INR-	右声道反相音频输入。
6	INR+	右声道同相音频输入。
7	D2	诊断I/O 2。I/O引脚，用于诊断。
8	D3	诊断I/O 3。I/O引脚，用于诊断。
9	SCL	I <sup>2</sup> C串行时钟输入。
10	SDA	I <sup>2</sup> C串行数据输入和输出。
11	$\overline{\text{INT}}$	低电平有效、中断请求开漏输出。
12	OUTR	右声道音频输出。
13	GND	地。
14	OUTL	左声道音频输出。
15	V <sub>DD</sub>	电源输入。
16	REF	V <sub>DD</sub> /2基准输出。利用2.2 $\mu$ F电容将REF旁路至GND。

# MAX13335E/MAX13336E

## 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

### 详细说明

MAX13335E/MAX13336E设计配合MAX13325/MAX13326双声道汽车音频线驱动器工作，组成汽车系统中完备的差分音频链路。此外，MAX13335E/MAX13336E可作为带有插孔检测功能的辅助输入音频放大器。

### 信号通路

器件可配置用于伪差分(高达3.5V<sub>RMS</sub>)和全差分(高达7V<sub>RMS</sub>)输入信号，两路输入通道均具有高达80dB的CMRR (典型值)。集成可编程增益放大器具有过零检测功能，通过I<sup>2</sup>C接口控制，增益调整范围为：-14dB至+16dB (MAX13335E)或-22dB至+8dB (MAX13336E)，调节步长为+2dB。增益转换期间，可启用过零检测功能将增益变化延迟到输入信号的零点进行，从而限制噼噗噪声。

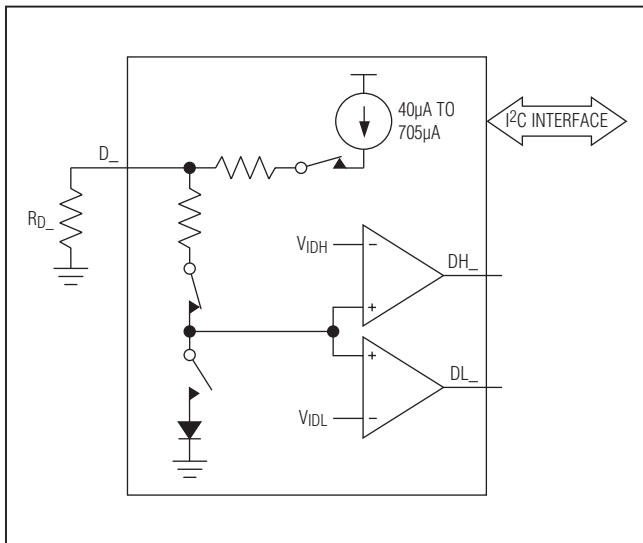


图1. 诊断I/O端口

### 中断输出

器件可监测输入端是否存在音频信号，监测削波以及插孔的状态变化。通过I<sup>2</sup>C接口可将低电平有效、中断请求开漏输出配置为出现音频信号、削波和插孔状态变化时产生中断。内部状态寄存器也会锁存这些参数的状态变化，直到执行I<sup>2</sup>C读操作。

### 热关断

结温超过+150°C (典型值)时，启动热关断保护器件。结温下降15°C (典型值，热关断滞回)时，器件恢复工作。内部状态寄存器锁存TSD位的状态变化，直到执行I<sup>2</sup>C读操作。

### 诊断

器件具有四路类似的诊断I/O口。配置正确时，诊断端口能够执行插孔检测、对地短路、对电池短路、负载开路及通道间短路检测。每个诊断I/O口包括可编程电流源、电压检测和连接至地的二极管。

诊断的基本原理是对连接至I/O口的负载施加电流，然后检测电压，判断电压是否高于或低于两个预定的上限/下限。这可由微控制器通过I<sup>2</sup>C接口轻松实现。

该过程通常从最小值开始施加电流，步进增长，直到最大值。

- 1) 如果检测电压始终低于下限，则检测到对地短路事件。
- 2) 如果检测电压始终高于上限，则可能是对电池短路或负载开路事件。为了区分这两种事件，应采用仅检测电压配置(即电流源关闭)再次测试I/O端口。如果检测电压保持在上限以上，说明发生了对电池短路事件；否则，检测到负载开路。
- 3) 在部分电流源范围，如果检测电压介于上限和下限之间，则说明存在负载。

由于I/O端口上任何外部电容负载的充电/放电都需要稳定时间，读出有效状态可能需要一定的延时(由微控制器插入延时)。

检测未连接负载或通道间短路时，二极管非常有用。此时，负载的一端可由二极管强制接地，然后采用上面介绍的通用步骤检测各种事件。然而，打开二极管之前，建议先对I/O端口进行对电池短路测试，否则有损坏器件的风险。



# MAX13335E/MAX13336E

## 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

### 应答位

在写入模式时，应答位(ACK)是第9个时钟位，是器件对其接收的每个数据字节的握手信号。如果成功地接收了之前的字节，那么在主控制器产生的第9个时钟脉冲期间内，器件拉低SDA (图5)。监测ACK可以检测失败的数据传输。如果接收器件忙或者系统发生故障，则会出现数据传输失败。若数据传输失败，总线主控制器会重试通信。IC处于读模式时，在第9个时钟脉冲期间，主控制器必须拉低SDA，以应答数据的接收。每次读取字节后，主控制器必须发送应答信号，使数据继续传输。主控制器从器件读取数据的最后字节时，发送非应答，随后是STOP条件。

### 从地址

器件可编程为4个I<sup>2</sup>C从地址之一(表2)。器件上电默认的读/写操作I<sup>2</sup>C从地址为0xD0/0xD1 (1101000R $\bar{W}$ )。I<sup>2</sup>C写操作期间， $\bar{INT}$ 被外部拉低时，可通过写控制寄存器1 (0x03)选择器件的I<sup>2</sup>C从地址(图6)。

### 单字节写操作

对于单字节写操作，将从地址作为第一个字节发送，后边跟寄存器地址，然后是单字节数据(图7)。

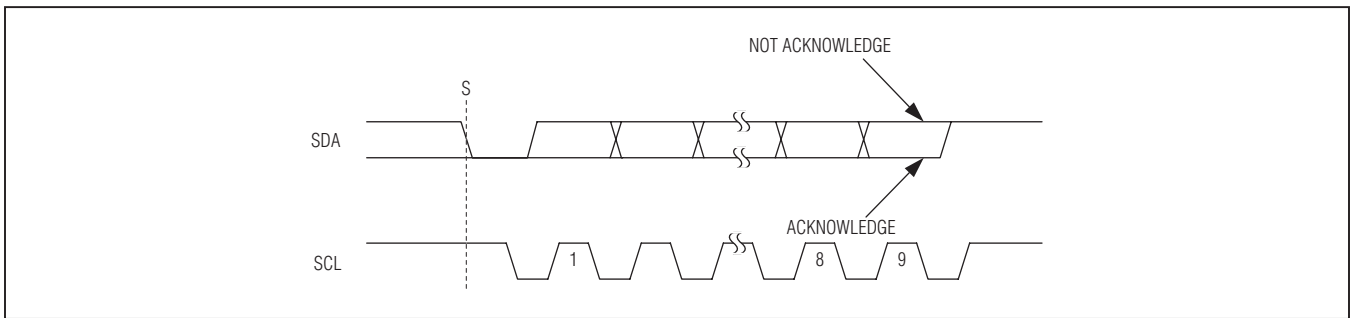


图5. 应答和非应答位

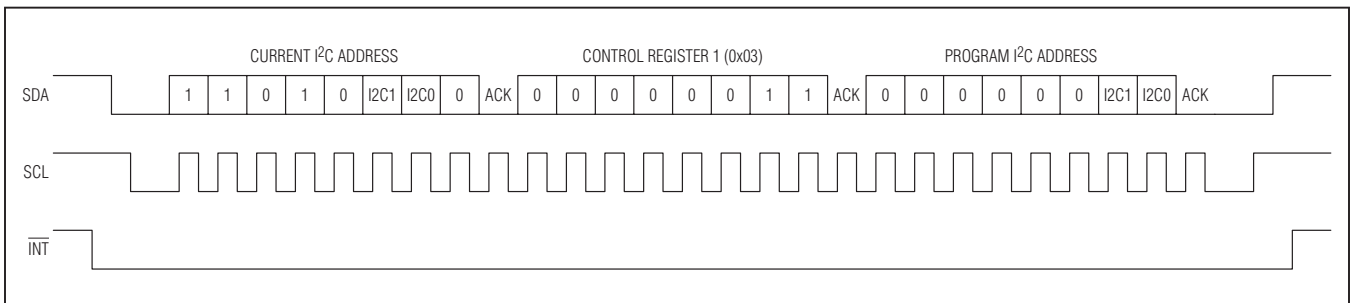


图6. I<sup>2</sup>C从地址设置

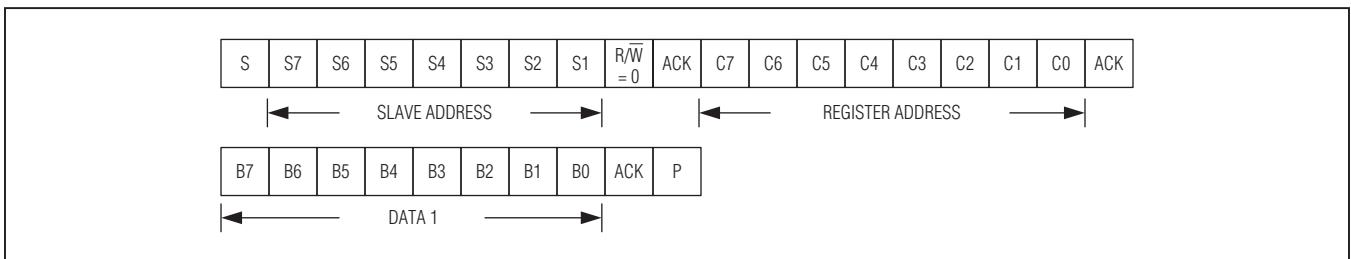


图7. 单字节写操作

# MAX13335E/MAX13336E

## 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

### 写操作突发模式

对于写操作突发模式，将从地址作为第一个字节发送，后边跟寄存器地址，然后是数据字节(图8)。

### 单字节读操作

对于单字节读操作，将从地址(设置为写位)作为第一个字节发送，随后是寄存器地址。然后发送重复START条件，后边跟从地址(设置为读位)，然后是数据字节(图9)。

后边跟从地址(设置为读位)。从机发送数据字节后，主机发送非应答，后边跟STOP条件(图9)。

### 读操作突发模式

对于读操作突发模式，将从地址(设置为写位)作为第一个字节发送，随后是寄存器地址。然后发送重复START条件，后边跟从地址(设置为读位)。从机发送数据字节，直到主机发送非应答条件(图10)。

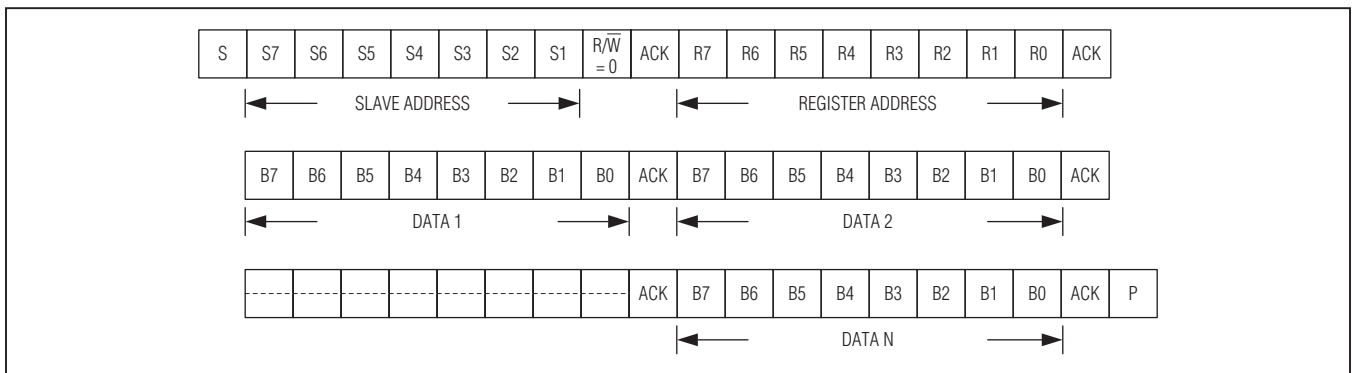


图8. 写操作突发模式

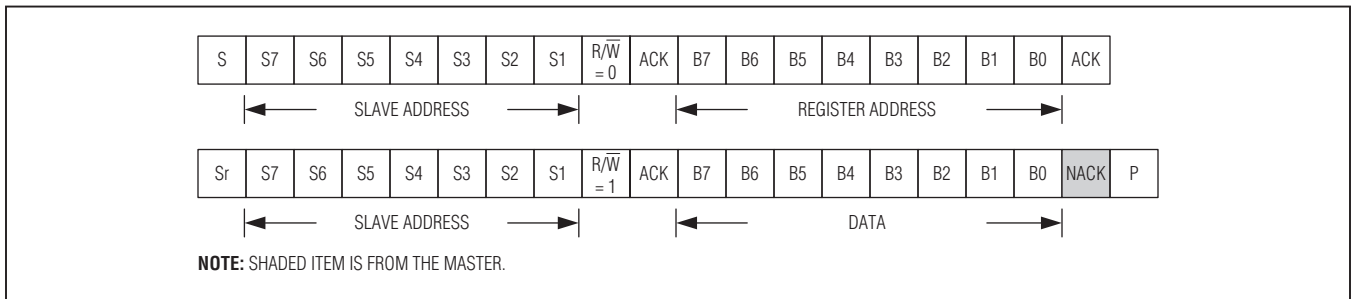


图9. 单字节读操作

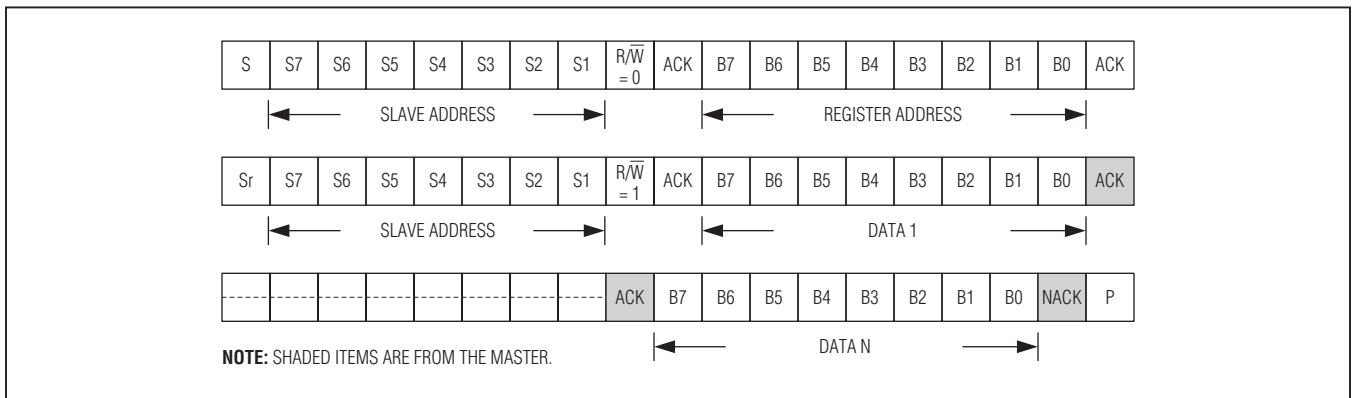


图10. 读操作突发模式

# MAX13335E/MAX13336E

## 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

### 寄存器映射

NAME	REG	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	R/W	POR SETTINGS
STAT0	00	DH3	DL3	DH2	DL2	DH1	DL1	DH0	DL0	R	0x00
STAT1	01	APD	CLD	JSD	TSD	—	ID2	ID1	ID0	R	0x00
CTRL0	02	API	CLI	JSI	—	—	ZEN	MUTE	SHDN	R/W	0x00
CTRL1	03	—	—	—	—	—	—	I2C1	I2C0	R/W	0x00
DIAG0	04	D1[3]	D1[2]	D1[1]	D1[0]	D0[3]	D0[2]	D0[1]	D0[0]	R/W	0x00
DIAG1	05	D3[3]	D3[2]	D3[1]	D3[0]	D2[3]	D2[2]	D2[1]	D2[0]	R/W	0x00
GAIN	06	GL3	GL2	GL1	GL0	GR3	GR2	GR1	GR0	R/W	0x00

### 状态寄存器0 (STAT0)

地址: 0x00									
模式: R									
位	7	6	5	4	3	2	1	0	
名称	DH3	DL3	DH2	DL2	DH1	DL1	DH0	DL0	
POR	0	0	0	0	0	0	0	0	

使能相应诊断I/O的电压检测功能时，状态寄存器0中的位更新可以反映出上限(DH\_)和下限(DL\_)比较器的门限状态。可利用DH\_和DL\_的组合解码I/O端口上的故障。

第7、5、3、1位：DH\_ (诊断上限比较器门限V<sub>IDH</sub>)

0 = 低于上限

1 = 高于上限

第6、4、2、0位：DL\_ (诊断下限比较器门限V<sub>IDL</sub>)

0 = 低于下限

1 = 高于下限

表1. 诊断状态位说明

DH_	DL_	状态
0	0	对地短路(或禁用)
0	1	无故障
1	0	无效(未使用)
1	1	如果禁用电流源(即D_[3:0] = 1110)，则为对电池短路
1	1	如果使能电流源(即D_[3:0] = 0001至1101)，则为负载开路

## MAX13335E/MAX13336E

### 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

状态寄存器1 (STAT1)

地址: 0x01 模式: R								
位	7	6	5	4	3	2	1	0
名称	APD	CLD	JSD	TSD	—	ID2	ID1	ID0
POR	0	0	0	0	0	—	—	—

#### 第7位: APD (音频检测状态位)

0 = 无音频。

1 = 检测到音频,  $\overline{\text{INT}}$ 变为低电平。

#### 第6位: CLD (削波检测状态位)

0 = 未检测到削波。

1 = 削波警告,  $\overline{\text{INT}}$ 变为低电平。

#### 第5位: JSD (插孔检测状态位)

0 = 插孔拔出,  $\overline{\text{INT}}$ 变为低电平。

1 = 插孔插入,  $\overline{\text{INT}}$ 变为低电平。

注: 只要插孔检测状态改变,  $\overline{\text{INT}}$ 即变为低电平。

#### 第4位: TSD (热关断状态位)

0 = 在安全工作范围之内。

1 = 检测到过热,  $\overline{\text{INT}}$ 引脚变为低电平。

#### 第3位: 无功能

#### 第2位至第0位: ID\_ (管芯ID)

001 = MAX13335E

010 = MAX13336E

注: 读取状态寄存器1 (REG = 0x01)释放 $\overline{\text{INT}}$ , 并将APD、CLD、JSD和TSD位复位至零。

# MAX13335E/MAX13336E

## 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

控制寄存器0 (CTRL0)

地址：0x02 模式：R/W								
位	7	6	5	4	3	2	1	0
名称	API	CLI	JSI	—	—	ZEN	MUTE	SHDN
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

### 第7位：API (音频出现中断使能位)

0 = 禁用

1 = 使能\*

\*检测到音频信号触发中断时，该位自动复位至0。

### 第6位：CLI (削波警告中断使能位)

0 = 禁用

1 = 使能\*

\*发生削波警告中断时，该位自动复位至0。

### 第5位：JSI (插孔检测中断使能位)

只有设置诊断寄存器0 (DIAG0)中的D1[3:0]和D0[3:0]后，才能设置JSI位。

0 = 禁用

1 = 使能\*

\*检测到插孔插入触发中断时，该位自动复位至0。

### 第4位和第3位：无功能(写操作时应写0)

### 第2位：ZEN (过零检测使能位)

如果使能过零检测功能，将在信号过零时加载新PGA增益设置，以避免噼噗噪声。

0 = 禁用

1 = 使能

### 第1位：MUTE (静音使能位)

0 = 播放模式

1 = 静音模式

### 第0位：SHDN (关断使能位)

0 = 常规模式

1 = 关断模式

# MAX13335E/MAX13336E

## 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

### 控制寄存器1 (CTRL1)

地址：0x03 模式：R/W								
位	7	6	5	4	3	2	1	0
名称	—	—	—	—	—	—	I2C1	I2C0
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

第7位至第2位：无功能(写操作时应写0)

第1位和第0位：I2C\_

I2C1和I2C0位决定器件的I<sup>2</sup>C从地址。在I<sup>2</sup>C写周期内拉低 $\overline{INT}$ 时(例如，由外部微控制器拉低)，通过写CTRL1更改I<sup>2</sup>C从地址。

表2. I<sup>2</sup>C地址

A7	A6	A5	A4	A3	A2 (I2C1)	A1 (I2C0)	A0 (R/W)	READ	WRITE
1	1	0	1	0	0	0	—	0xD1	0xD0
1	1	0	1	0	0	1	—	0xD3	0xD2
1	1	0	1	0	1	0	—	0xD5	0xD4
1	1	0	1	0	1	1	—	0xD7	0xD6

### 诊断寄存器0 (DIAG0)

地址：0x04 模式：R/W								
位	7	6	5	4	3	2	1	0
名称	D1[3]	D1[2]	D1[1]	D1[0]	D0[3]	D0[2]	D0[1]	D0[0]
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

# MAX13335E/MAX13336E

## 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

### 诊断寄存器1 (DIAG1)

地址：0x05 模式：R/W								
位	7	6	5	4	3	2	1	0
名称	D3[3]	D3[2]	D3[1]	D3[0]	D2[3]	D2[2]	D2[1]	D2[0]
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

诊断寄存器DIAG0和DIAG1设置四个诊断I/O端口D\_的状态。诊断端口可设置为工作在四种状态之一：

- 1) 设置D\_[3:0] = 0000，禁用相应的诊断I/O。
- 2) 设置D\_[3:0] = 0001至1101，使能内部电流源(40μA至705μA)和电压检测。电压检测使用窗比较器，上限为1.94V，下限为0.92V (参见[诊断配置](#)部分)。
- 3) 设置D\_[3:0] = 1110，仅使能电压检测。
- 4) 设置D\_[3:0] = 1111，使能内部对地二极管。

表3. 诊断I/O端口状态

D_[3:0]	功能
0000	禁用诊断输出。
0001	使能40μA电流源和电压检测。
0010	使能97μA电流源和电压检测。
0011	使能154μA电流源和电压检测。
0100	使能210μA电流源和电压检测。
0101	使能265μA电流源和电压检测。
0110	使能320μA电流源和电压检测。
0111	使能375μA电流源和电压检测。
1000	使能430μA电流源和电压检测。
1001	使能485μA电流源和电压检测。
1010	使能540μA电流源和电压检测。
1011	使能595μA电流源和电压检测。
1100	使能650μA电流源和电压检测。
1101	使能705μA电流源和电压检测。
1110	使能电压检测，禁用电流源。
1111	使能二极管，禁用电流源和电压检测。

# MAX13335E/MAX13336E

## 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

### 增益寄存器(GAIN)

地址: 0x06 模式: R/W								
位	7	6	5	4	3	2	1	0
名称	GL3	GL2	GL1	GL0	GR3	GR2	GR1	GR0
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

#### 第7位至第0位: G\_

增益寄存器设置内部左声道(GL[3:0])和右声道(GR[3:0])可编程增益放大器(A<sub>V</sub>)的增益。可编程增益放大器(A<sub>V</sub>)的增益由以下传递函数决定:

$$\text{Gain}(A_V) = -14\text{dB} + (G_{[3:0]} \times 2)\text{dB} \text{ (对于MAX13335E)}$$

$$\text{Gain}(A_V) = -22\text{dB} + (G_{[3:0]} \times 2)\text{dB} \text{ (对于MAX13336E)}$$

#### 诊断配置

器件的诊断功能可配置为本地插孔检测、远端插孔检测和差分驱动连接(参见[典型应用电路](#))。诊断寄存器DIAG0和DIAG1将诊断I/O口D\_配置为电流源输出(使能电压检测)、电压检测输入或连接至GND的二极管。使能电压检测时,内部窗比较器的当前状态更新至状态寄存器STAT0。由于D\_引脚上外部电容负载的充电/放电需要稳定时间,所以,从配置诊断到读取状态寄存器之间,有效地读出STAT0寄存器可能需要一定的延时(由微控制器插入延时)。

#### 本地插孔检测

插孔位于相同模块时,器件配置为插孔检测功能。这种应用中,诊断I/O D1配置为97μA电流源输出,D0配置为电

压检测。无插头插入时,插孔的内部弹簧触点将D1短路至D0。来自D1的97μA电流源将D0拉至V<sub>DD</sub>,使DH0 = 1。插入插头时,插孔的内部弹簧触点强制开路并将D1从D0断开,使D0变为低电平,从而使DH0 = 0。

#### 远端插孔检测

插孔位于远端时,器件可用于连接线束的更多故障检测,参见[典型应用电路](#)。

#### 差分连接

对于全差分应用,器件可配置为检测线束故障,如[典型应用电路](#)所示。

表4. 本地插孔检测诊断配置

配置	功能	比较器输出	状态
D1[3:0] = 0010 D0[3:0] = 1110	源出97μA 电流源关闭	DH0 = H	器件未插入
D1[3:0] = 0010 D0[3:0] = 1110	源出97μA 电流源关闭	DH0 = L	器件插入

# MAX13335E/MAX13336E

双通道、汽车应用音频差分接收器，  
提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

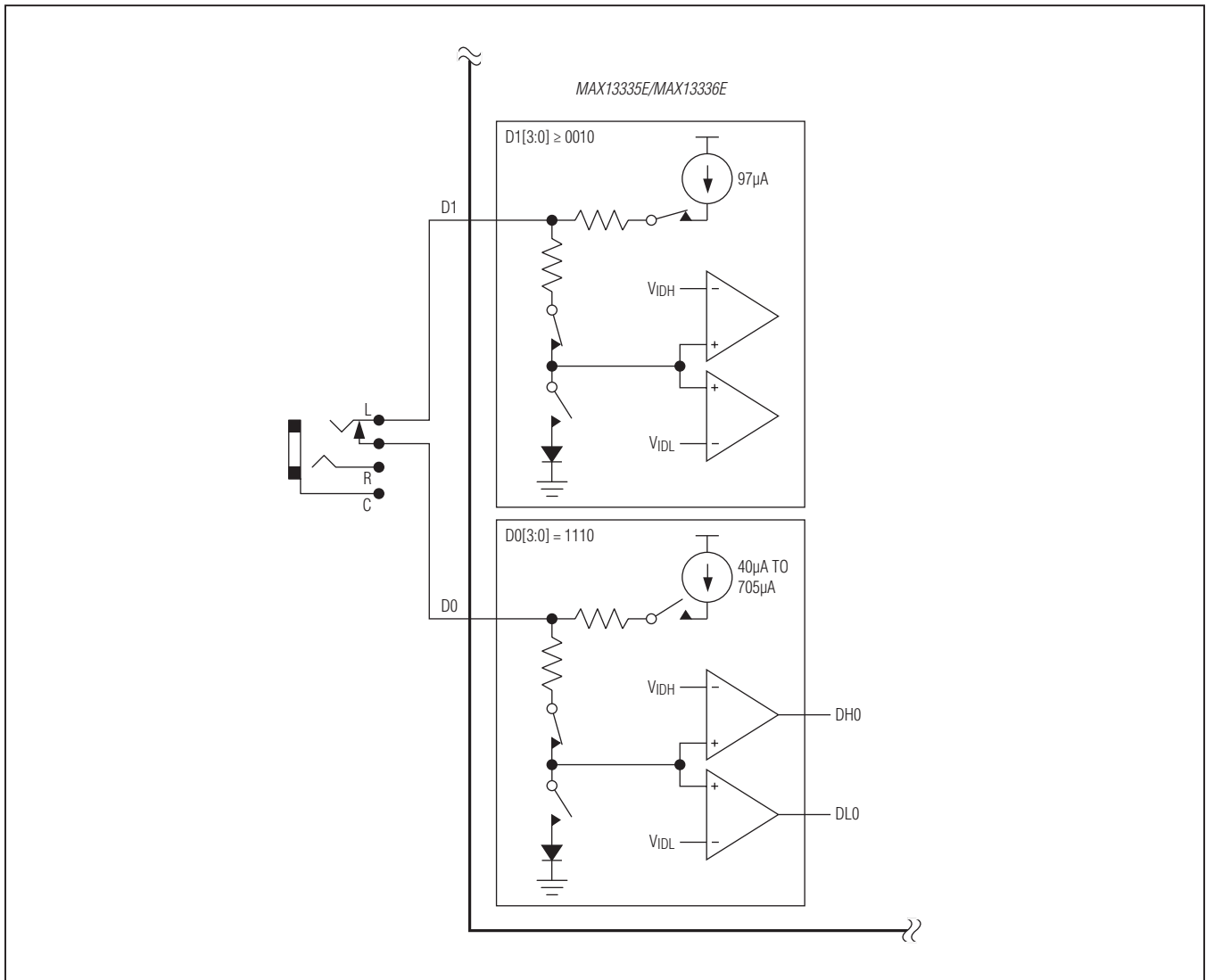


图11. 本地插孔检测的诊断设置

## 音频信号检测

器件用于辅助输入放大器时，可检测输入是否存在音频信号，后端DSP无需连续地将模拟信号转换为数字信号，以监测音频流的出现。由于辅助输入可与另一路音频流复用，节省了两路ADC输入。按照以下步骤实现：

- 1) 根据超出APD门限所需的输入音频信号电平，在GAIN寄存器中设置增益。门限设置为 $200\text{mV}_{\text{RMS}}/G_{[3:0]}$ 。
- 2) 置位CTRL0寄存器中的API位，使能APD中断。  
输入音频电平超过 $200\text{mV}_{\text{RMS}}/G_{[3:0]}$ 时，触发 $\overline{\text{INT}}$ 有效。微控制器可读回STAT0寄存器，检查是否 $\text{APD} = 1$ 。

# MAX13335E/MAX13336E

双通道、汽车应用音频差分接收器，  
提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

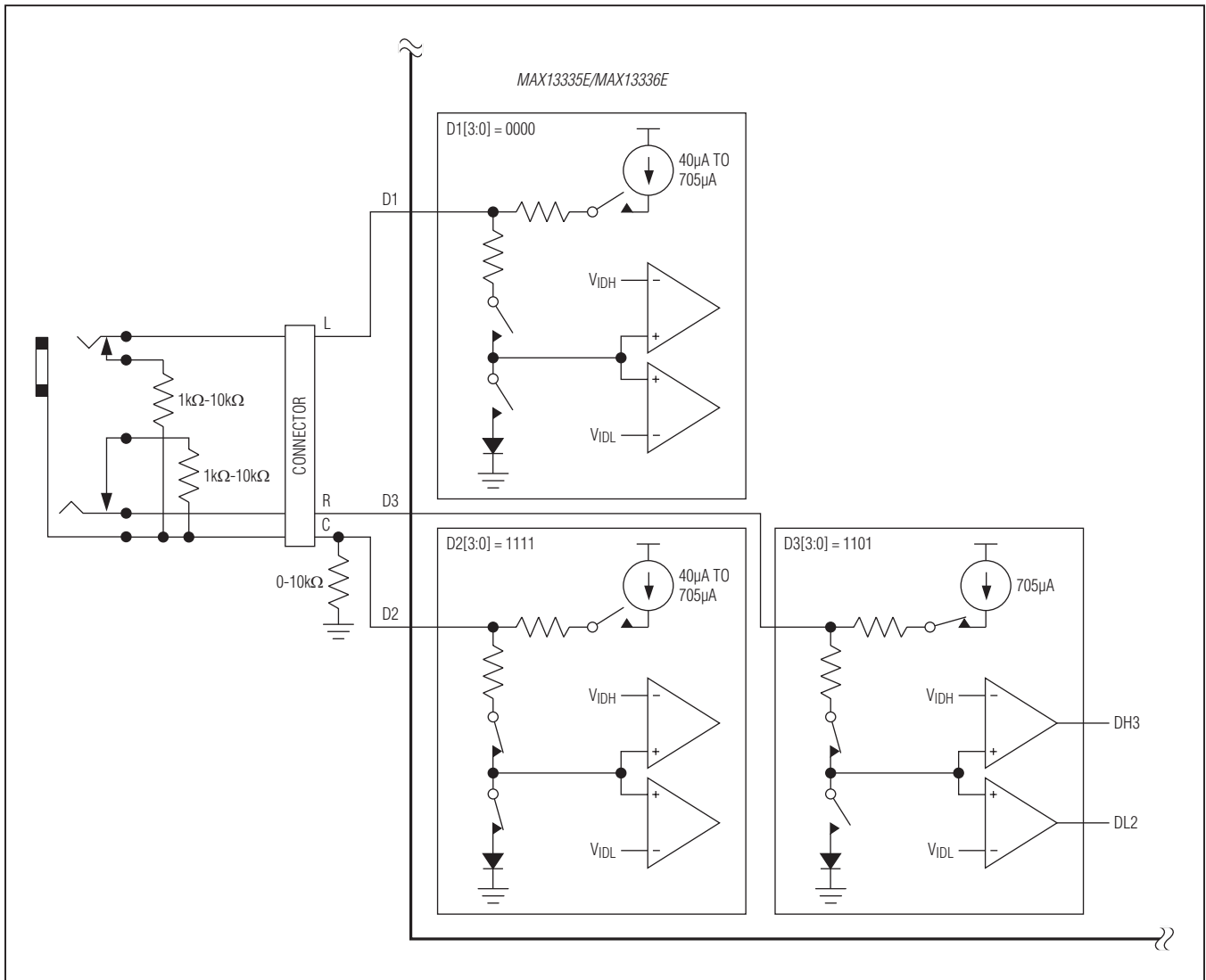


图12. 远端插孔检测的诊断设置

## 使能插孔检测功能的低功耗待机模式

器件用作辅助放大器时，可选择将器件置于低功耗待机模式，同时等待插孔中插入插头。按照以下步骤实现：

- 1) 将D0连接至插孔的R（或L）。
- 2) 将插孔的R<sub>SENSE</sub>（或L<sub>SENSE</sub>）利用50Ω电阻连接至地。
- 3) 将CTRL0寄存器中的SHDN位置1，关断放大器。
- 4) 设置D0[3:0] = 0001，从D0引脚源出40µA电流。
- 5) 使能CTRL0寄存器中的JS1位。

插头插入时，DH0比较器触发，随后使 $\overline{INT}$ 引脚变为有效。微控制器可读回STAT0寄存器，检查是否DH0 = 1，然后将SHDN设置为0。

待机状态下，典型耗流降低至290µA。

# MAX13335E/MAX13336E

## 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

### ESD保护

为承受最高的IEC 61000-4-2和ISO 10605 ESD脉冲，建议在每个诊断D\_引脚的输入交流耦合电容之前安装1kΩ或更大电阻。此外，必须在隔直流陶瓷电容和地之间连接合

适的ESD二极管。ESD二极管可连接在隔直电容的任意一侧；然而，根据具体应用要求的不同，IC侧可能允许较低的箝位电压，使ESD器件更小。如果输入源直流偏置保持在V<sub>BAT</sub>/2，那么在隔直电容的输入侧箝位可使用单向ESD器件，参见图13。

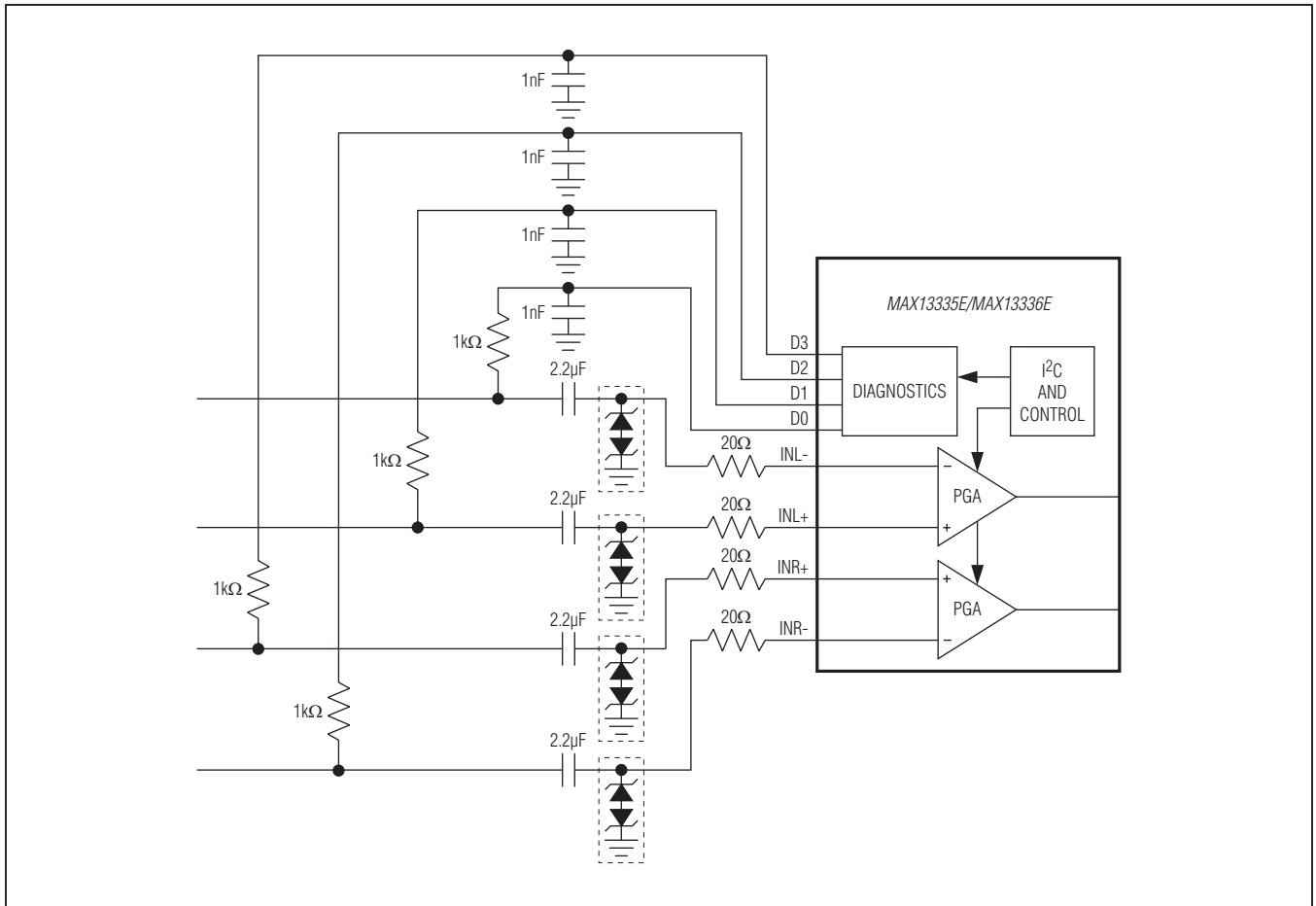
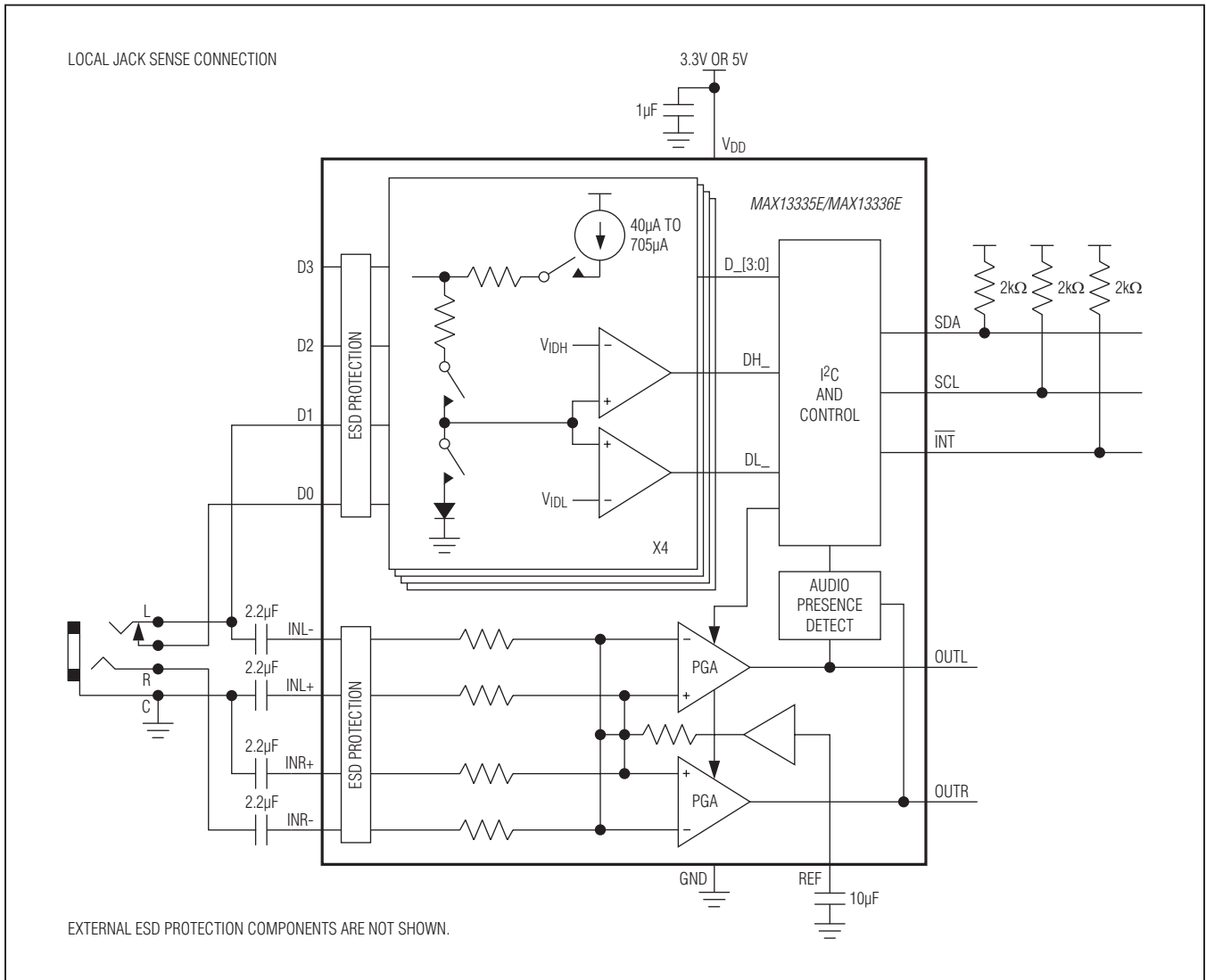


图13. IEC 61000-4-2和ISO 10605 ESD保护技术

# MAX13335E/MAX13336E

双通道、汽车应用音频差分接收器，  
提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

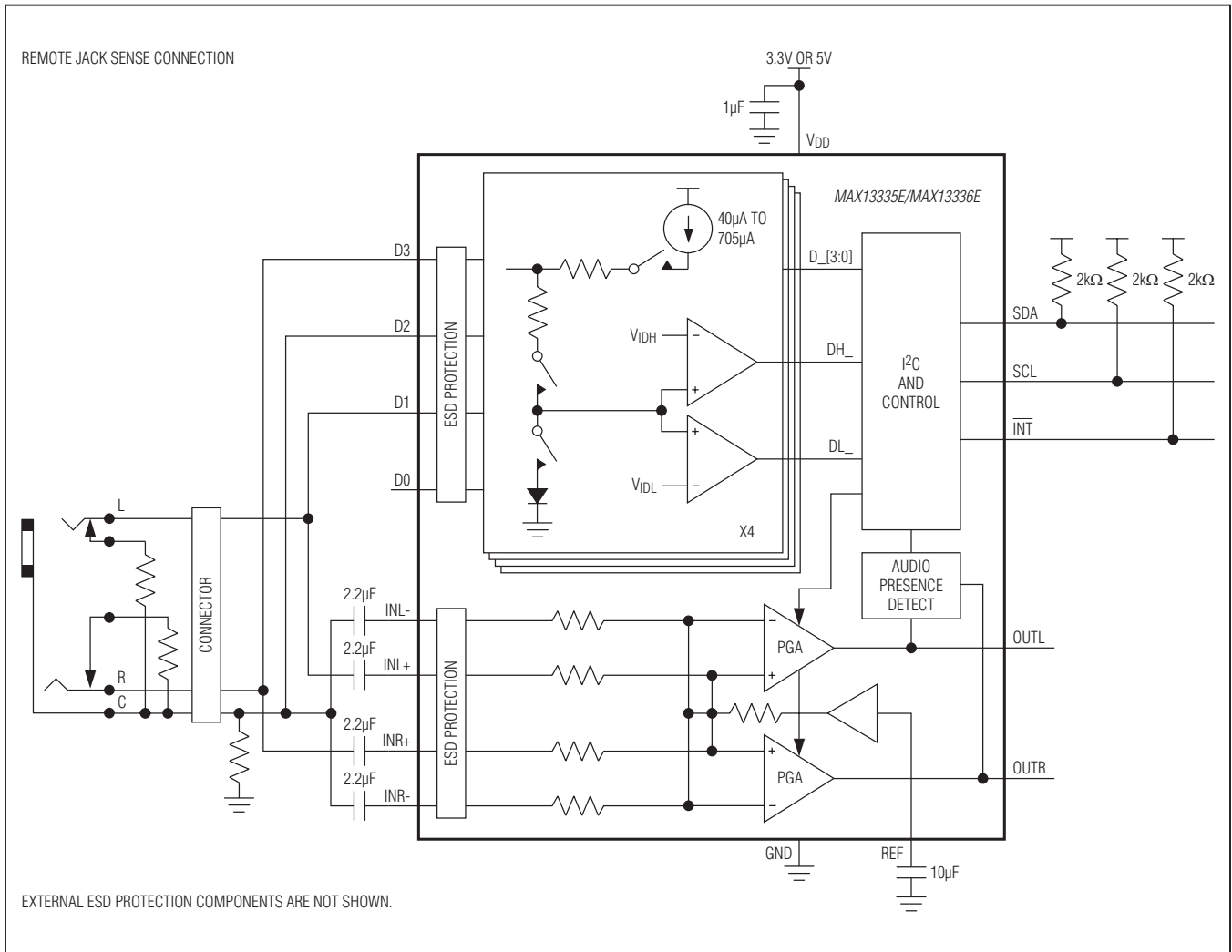
典型应用电路(续)



# MAX13335E/MAX13336E

双通道、汽车应用音频差分接收器，  
提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

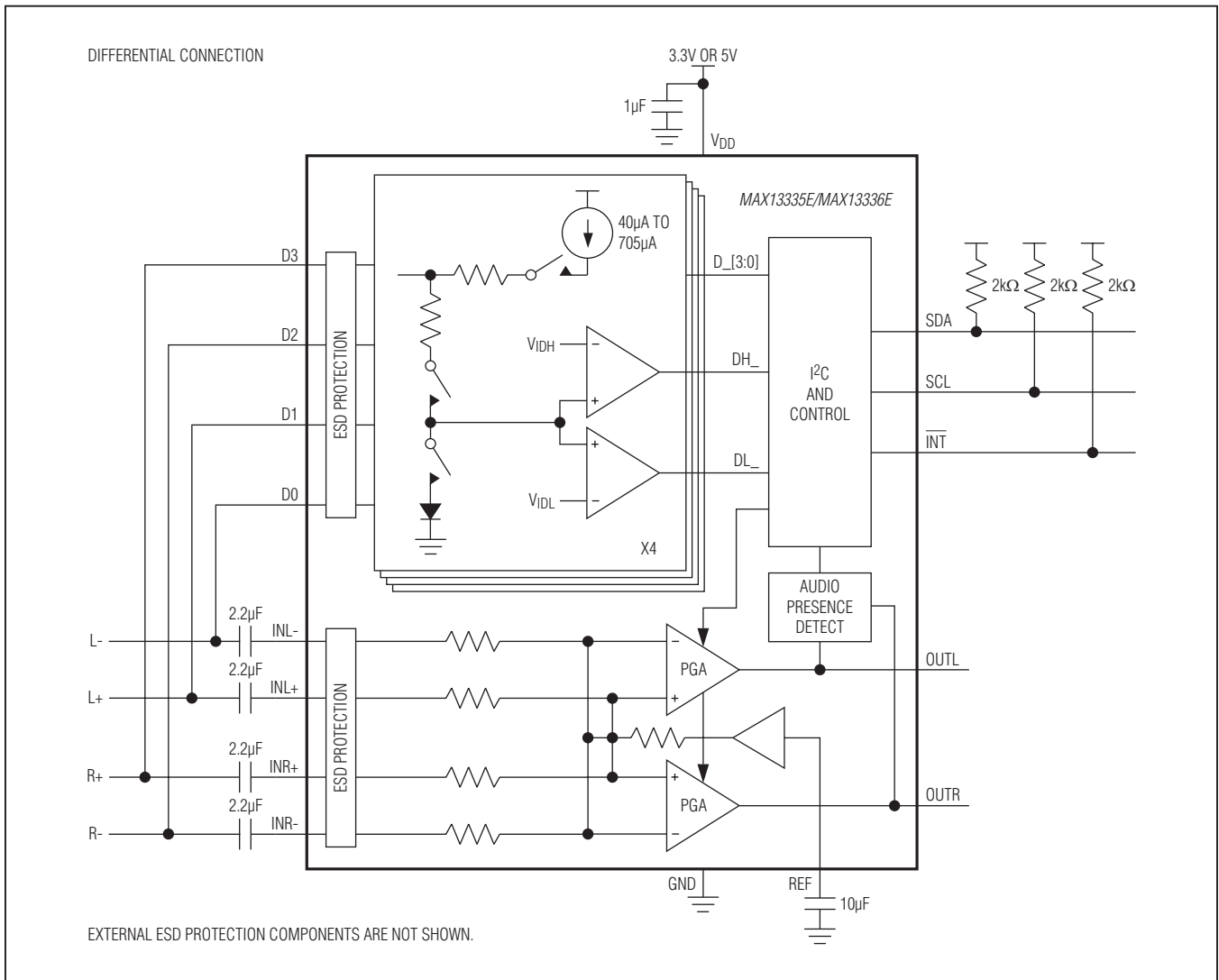
典型应用电路(续)



# MAX13335E/MAX13336E

双通道、汽车应用音频差分接收器，  
提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

典型应用电路(续)



# MAX13335E/MAX13336E

双通道、汽车应用音频差分接收器，  
提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

订购信息

PART	TEMP RANGE	GAIN RANGE (dB)	OPTIONS	PIN-PACKAGE
MAX13335EGEE/V+	-40°C to +105°C	-14 to +16	Differential $V_{IN}$ up to $4V_{RMS}$ ; quasi-differential $V_{IN}$ up to $2V_{RMS}$	16 QSOP
MAX13336EGEE/V+	-40°C to +105°C	-22 to +8	Differential $V_{IN}$ up to $7V_{RMS}$ ; quasi-differential $V_{IN}$ up to $3.5V_{RMS}$	16 QSOP

N表示汽车级器件。

+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

## 芯片信息

## 封装信息

PROCESS: BCD

如需最近的封装外形信息和焊盘布局(占位面积)，请查询[china.maxim-ic.com/packages](http://china.maxim-ic.com/packages)。请注意，封装编码中的“+”、“#”或“-”仅表示RoHS状态。封装图中可能包含不同的尾缀字符，但封装图只与封装有关，与RoHS状态无关。

封装类型	封装编码	外形编号	焊盘布局编号
16 QSOP	E16+1	<a href="#">21-0055</a>	<a href="#">90-0167</a>

# MAX13335E/MAX13336E

## 双通道、汽车应用音频差分接收器， 提供I<sup>2</sup>C控制和诊断功能

### 修订历史

修订号	修订日期	说明	修改页
0	1/12	最初版本。	—
1	7/12	更正了单字节读操作和读操作突发模式部分的读操作流程。	14

### Maxim北京办事处

北京8328信箱 邮政编码100083

免费电话：800 810 0310

电话：010-6211 5199

传真：010-6211 5299

Maxim不对Maxim产品以外的任何电路使用负责，也不提供其专利许可。Maxim保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改产品资料和规格的权利。电气特性表中列出的参数值(最小值和最大值)均经过设计验证，数据资料其它章节引用的参数值供设计人员参考。

**Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600** \_\_\_\_\_ **28**