

MAX44009

功耗最低的环境光传感器， 内置ADC

概述

MAX44009环境光传感器提供I²C数字输出，可理想用于智能手机、笔记本电脑、工业传感器等便携产品。器件工作电流小于1μA，是业内功耗最低的环境光传感器，具有22位超宽动态范围(0.045流明至188,000流明)。

由于能够检测极其微弱的光线，可理想工作在深色玻璃环境下。

片上光电二极管的光谱响应针对人眼对环境光的响应进行优化，集成红外及紫外线屏蔽。自适应增益电路可自动选择正确的流明范围优化测试(计数值/流明)。

IC设计工作在1.7V至3.6V供电电压范围，满负荷工作时仅消耗0.65μA电流。器件采用小尺寸2mm x 2mm x 0.6mm UTDFN-Opto封装。

特性

- ◆ 0.045流明至188,000流明宽检测范围
- ◆ 小尺寸、2mm x 2mm x 0.6mm UTDFN-Opto封装
- ◆ V_{CC} = 1.7V至3.6V
- ◆ 工作电流I_{CC} = 0.65μA
- ◆ -40°C至+85°C工作温度范围
- ◆ 器件可选地址
1001 010x和1001 011x

应用

平板PC/笔记本电脑
TV/投影仪/显示器
数字照明管理
便携式设备
蜂窝电话/智能电话
安全系统

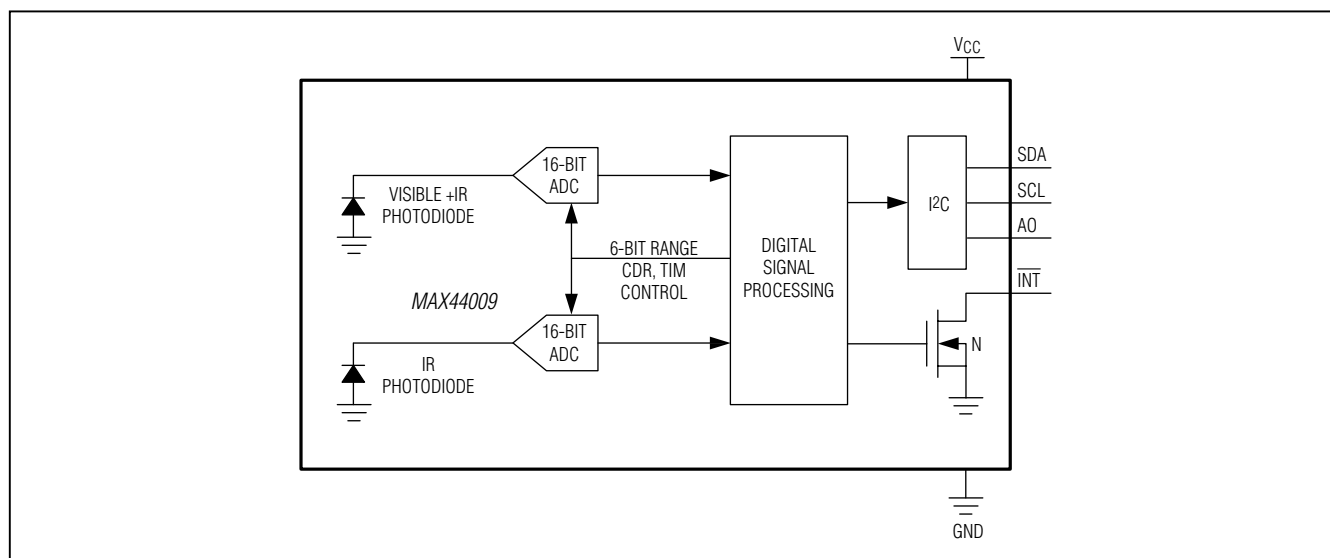
订购信息

PART	PIN-PACKAGE	TEMP RANGE
MAX44009EDT+	6 UTDFN-Opto-EP*	-40°C to +85°C

+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

*EP = 裸焊盘

方框图



本文是英文数据资料的译文，文中可能存在翻译上的不准确或错误。如需进一步确认，请在您的设计中参考英文资料。
有关价格、供货及订购信息，请联络Maxim亚洲销售中心：10800 852 1249 (北中国区)，10800 152 1249 (南中国区)，
或访问Maxim的中文网站：china.maximintegrated.com。

MAX44009

功耗最低的环境光传感器， 内置ADC

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

$\overline{\text{INT}}$ to GND..... -0.3V to ($V_{CC} + 0.3V$)
 All Other Pins to GND -0.3V to +4V
 $\overline{\text{INT}}$ Short-Circuit Current Duration 10s
 All Other Pins Short-Circuit Current Duration..... Continuous

Continuous Input Current into Any Terminal $\pm 20\text{mA}$
 Continuous Power Dissipation
 6 UTDFN-Opto (derate 11.9mW/°C above +70°C)..... 953mW
 Operating Temperature Range -40°C to +85°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

($V_{CC} = 1.8V$, T_{MIN} to $T_{MAX} = -40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$, unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
OPTICAL CHARACTERISTICS						
Maximum Lux Sensitivity		Fluorescent light	0.045			Lux/LSB
Saturation Ambient Lux Level		Sunlight	188,000			Lux
Total Error	TE	Green LED 538nm response, T _A = +25°C (Note 2)	15			%
Light Source Matching		Fluorescent/incandescent light	10			%
Infrared Transmittance at 940nm	IRR	T _A = +25°C (Note 3)	0	0.5		%
Ultraviolet Transmittance at 363nm	UVR	T _A = +25°C (Note 3)	1.2			%
Dark Level Count	0LUX	0 lux, T _A = +25°C, 800ms range	0	0.045		Lux
Maximum Signal Integration Time		Has 50/60Hz rejection	800			ms
Minimum Signal Integration Time		Automatic mode, has 50/60Hz rejection	100			ms
		Manual mode only	6.25			
ADC Conversion Time	ACT	100ms range, T _A = +25°C	99.6	100	100.4	ms
		100ms range	97	103	107	
POWER SUPPLY						
Power-Supply Voltage	V _{CC}	Guaranteed by TE test	1.7		3.6	V
Power-Supply Current	I _{CC}	T _A = +25°C, 90 lux, I ² C inputs inactive	0.65		1.2	µA
		T _A = -40°C to +85°C			1.6	
DIGITAL I/O CHARACTERISTICS						
Output Low Voltage SDA, INT	V _{OL}	I _{SINK} = 6mA		0.06	0.4	V
INT Leakage Current		T _A = +25°C		0.01	20	nA
SCL, SDA, A0 Input Current	I _{IH} , I _{IL}	T _A = +25°C		0.01	20	nA
I ² C Input Low Voltage	V _{IL_I2C}	SDA, SCL			0.3 x V _{CC}	V
I ² C Input High Voltage	V _{IH_I2C}	SDA, SCL	0.7 x V _{CC}			V
Address Input Low Voltage	V _{IL_A0}	A0			0.3	V
Address Input High Voltage	V _{IH_A0}	A0	V _{CC} - 0.3V			V
Input Capacitance			3			pF

功耗最低的环境光传感器, 内置ADC

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(VCC = 1.8V, TMIN to TMAX = -40°C to +85°C, unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
I²C TIMING						
Serial-Clock Frequency	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
Low Period of the SCL Clock	t _{LOW}		1.3			μs
High Period of the SCL Clock	t _{HIGH}		0.6			μs
Setup Time for a Repeated START Condition	t _{SU,STA}		0.6			μs
Data Hold Time	t _{HD,DAT}	(Note 4)	0		0.9	μs
Data Setup Time	t _{SU,DAT}		100			ns
Fall Time of SDA Transmitting	t _F	I _{SINK} ≤ 6mA, t _R and t _F are measured between 0.3 × V _{DD} and 0.7 × V _{DD}		100		ns
Setup Time for STOP Condition	t _{SU,STO}		0.6			μs
Pulse Width of Spike Suppressed	t _{SP}	Input filters on the SDA and SCL inputs suppress noise spikes	0		50	ns

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

Note 2: Green 538nm LED chosen for production is such that the IC responds to 100 lux fluorescent light with 100 lux.

Note 3: With respect to green LED 538nm response.

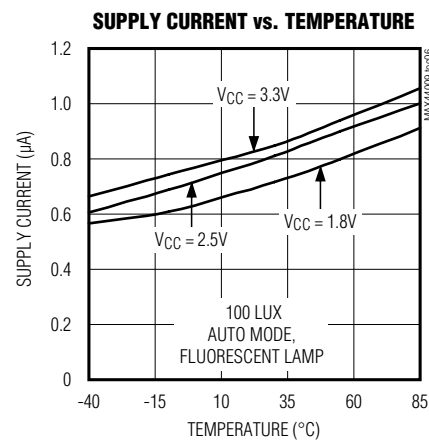
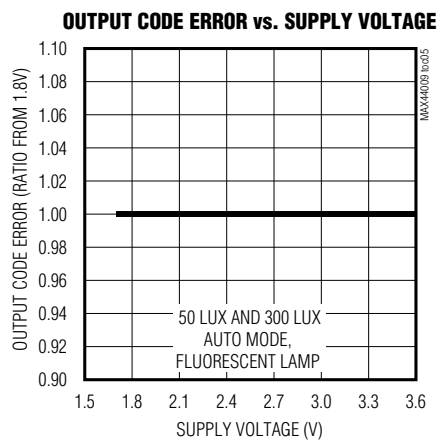
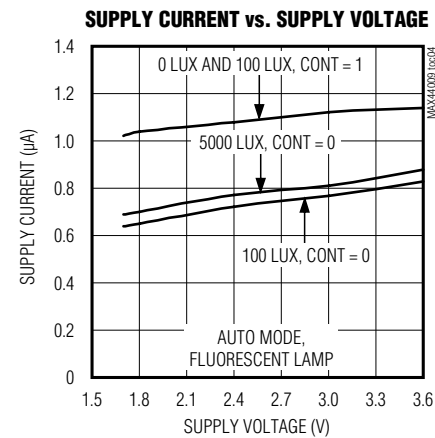
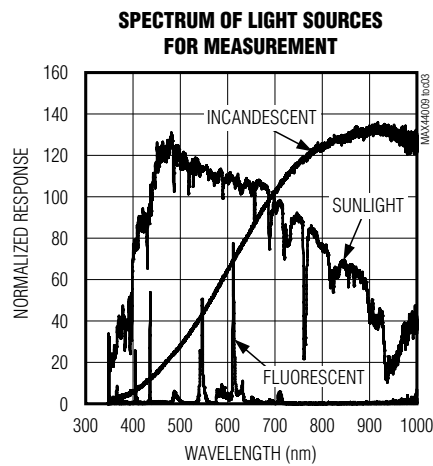
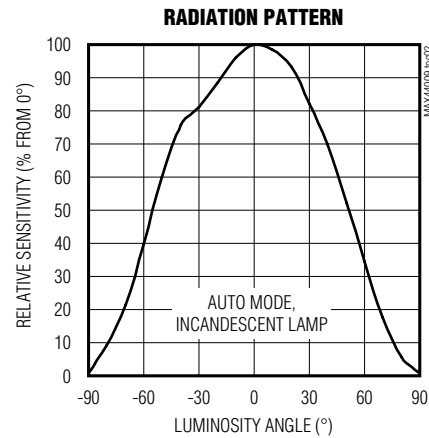
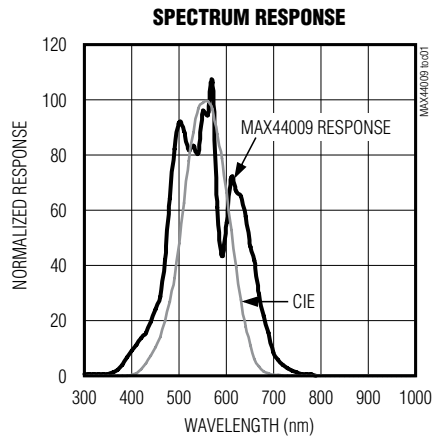
Note 4: A master device must provide a hold time of at least 300ns for the SDA signal (referred to V_{IL} of the SCL signal) to bridge the undefined region of SCL's falling edge.

MAX44009

功耗最低的环境光传感器, 内置ADC

典型工作特性

(VCC = 1.8V, default power-up setting, unless otherwise noted.)

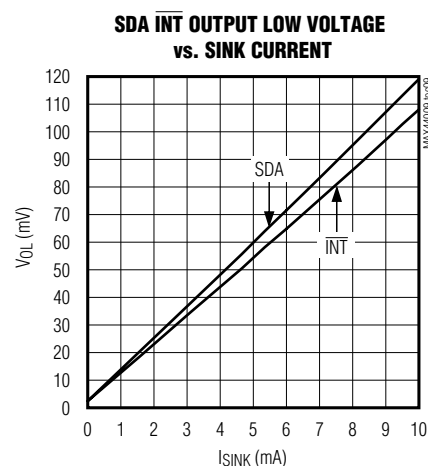
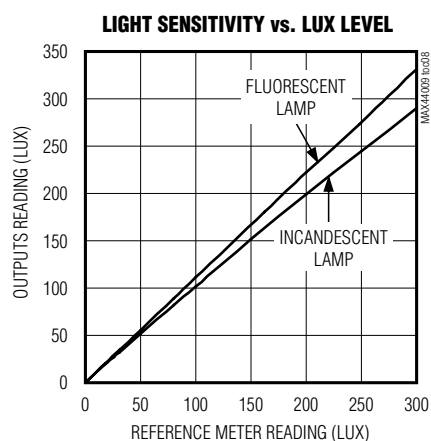
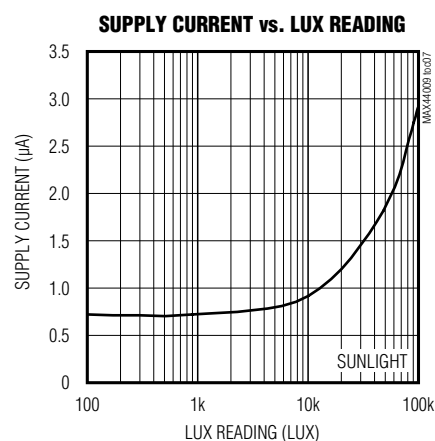


MAX44009

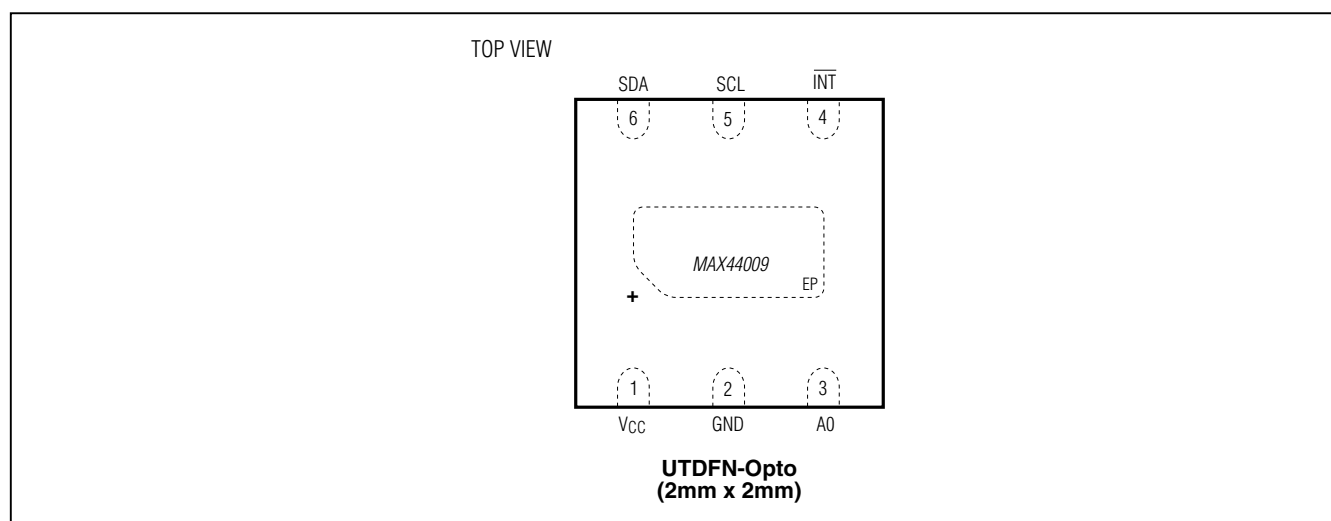
功耗最低的环境光传感器， 内置ADC

典型工作特性(续)

(VCC = 1.8V, default power-up setting; unless otherwise noted.)



引脚配置



引脚说明

引脚	名称	功能
1	VCC	电源。
2	GND	地。
3	AO	地址选择，高电平时选择地址1001 011x，低电平时选择地址1001 010x。
4	INT	中断输出，使用一个外部上拉电阻。
5	SCL	I ² C时钟总线。
6	SDA	I ² C数据总线。
—	EP	裸焊盘，将EP连接至地。

MAX44009

功耗最低的环境光传感器， 内置ADC

详细说明

MAX44009是一款集成了光电二极管和ADC的环境光传感器，提供I²C数字接口。为了测量环境光，管芯置于光线透明(UTDFN-Opto)的封装内。IC内部的光电二极管将光强转换为电流，然后通过低功耗电路处理为数字比特流。该比特流经数字处理并保存在输出寄存器内，通过I²C接口读取。片上可编程中断功能无需对器件进行连续的轮询数据查询，大大节省了功耗。

片上滤光器可防止紫外线和红外光进入光电二极管，光学响应设计与人眼的光谱响应相匹配。第二个光电二极管阵列主要对红外光谱敏感，用于匹配荧光灯和白炽灯的光信号响应。

IC模拟设计的两个关键特性是超低电流损耗(典型值为0.65μA)和极宽的光动态范围，从0.045流明至188,000流明一范围超过了4,000,000:1。片内自动量程调整机制无需用户干涉增益范围的设置。

IC可以定制，对于那些需要工作在较暗环境的应用，可定制器件增强工作灵敏度。

ADC的默认积分时间为100ms，具备固有的通用照明电源的50Hz和60Hz纹波抑制。

人眼CIE曲线和不同光源

IC检测亮度的方式与人眼相同。为了达到这一目的，传感器的光谱灵敏度需要与人眼接近。图1所示为IC和人眼的光谱灵敏度(CIE)曲线。

从图中可以看出，人眼对555nm (绿色)光线最灵敏，而对蓝光(约470nm)和红光(约630nm)的敏感度要低得多。另外，人眼看不到红外(> 700nm)和紫外(< 400nm)线辐射。

光源可以具备同等的视觉亮度(流明)，但其IR辐射成分不同(因为人眼看不到)。光谱差异会影响亮度测量，因为硅光电二极管能够检测到部分红外辐射。例如，具有较高IR分量的光源(如：白炽灯或太阳光)，测量到的光强要比人眼感觉到的光强亮得多。其它光源(如：荧光灯和LED系统)，红外成分则很低。该款IC具有较强的IR抑制，并且内部IR补偿机制能够把红外光的影响降至最小，提供精确的流明响应。

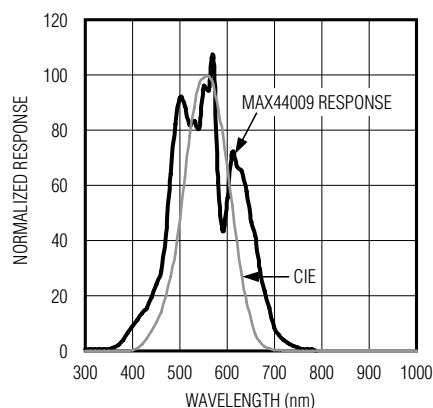


图1. MAX44009和人眼的光谱灵敏度

功耗最低的环境光传感器， 内置ADC

寄存器 and 位说明

表1. 寄存器

REGISTER	BIT								REGISTER ADDRESS	POWER-ON RESET STATE	R/W
	7	6	5	4	3	2	1	0			
STATUS											
Interrupt Status	—	—	—	—	—	—	—	INTS	0x00	0x00	R
Interrupt Enable	—	—	—	—	—	—	—	INTE	0x01	0x00	R/W
CONFIGURATION											
Configuration	CONT	MANUAL	—	—	CDR	TIM[2:0]			0x02	0x03	R/W
LUX READING											
Lux High Byte	E3	E2	E1	E0	M7	M6	M5	M4	0x03	0x00	R
Lux Low Byte	—	—	—	—	M3	M2	M1	M0	0x04	0x00	R
THRESHOLD SET											
Upper Threshold High Byte	UE3	UE2	UE1	UE0	UM7	UM6	UM5	UM4	0x05	0xFF	R/W
Lower Threshold High Byte	LE3	LE2	LE1	LE0	LM7	LM6	LM5	LM4	0x06	0x00	R/W
Threshold Timer	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0	0x07	0xFF	R/W

中断状态 0x00

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	REGISTER ADDRESS
—	—	—	—	—	—	—	INTE	0x00

如果INTE位置1，当光强超出上限或下限(分别由寄存器0x05和0x06设置)的时间长于门限定定时器寄存器(0x07)定义的周期时，INTS状态位置位。主机读取该寄存器后，该位复位为0，请参考表2。

该位状态还反映在 $\overline{\text{INT}}$ 引脚。INTS置位时， $\overline{\text{INT}}$ 引脚变为低电平；INTS置0时， $\overline{\text{INT}}$ 引脚通过外部电阻上拉至高电平。

一旦该位置位，可通过读取中断状态寄存器0x00或向中断使能寄存器0x01写0将其清除。

表2. 中断状态寄存器

BIT 0	OPERATION
0	No interrupt trigger event has occurred.
1	Ambient light intensity is outside the threshold window range for a longer than specified time.

中断使能 0x01

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	REGISTER ADDRESS
—	—	—	—	—	—	—	INTE	0x01

MAX44009

功耗最低的环境光传感器， 内置ADC

中断事件只有在INTE位置1时才能够置位INTS (寄存器0x00, 第0位)并触发 $\overline{\text{INT}}$ 引脚。如果INTE置位(使能中断)且触发了中断条件， $\overline{\text{INT}}$ 引脚将拉至低电平(触发报警)，中断状态寄存器的INTS位置1，请参考表3。

表3. 中断使能寄存器

BIT 0	OPERATION
0	The $\overline{\text{INT}}$ pin and the INTS bit are not asserted even if an interrupt event has occurred.
1	Detection of an interrupt event triggers a hardware interrupt ($\overline{\text{INT}}$ pin is pulled low) and sets the INTS bit (register 0x00, bit 0).

配置0x02

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	REGISTER ADDRESS
CONT	MANUAL	—	—	CDR	TIM[2:0]			0x02

连续模式

表4. 连续模式寄存器

BIT 7	OPERATION
0	Default mode. The IC measures lux intensity only once every 800ms regardless of integration time. This mode allows the part to operate at its lowest possible supply current.
1	Continuous mode. The IC continuously measures lux intensity. That is, as soon as one reading is finished, a new one begins. If integration time is 6.25ms, readings are taken every 6.25ms. If integration time is 800ms, readings are taken every 800ms. In this mode, the part consumes slightly higher power than in the default mode.

注: 连续模式独立于手动配置模式的设置。

手动配置模式

自动模式(MANUAL = 0)下，TIM[2:0]和CDR位的读数是内部定时寄存器自动产生的数值，并且为只读。手动模式(MANUAL = 1)下，用户可通过I²C总线修改TIM[2:0]和CDR位的内容。

表5. 手动配置寄存器

BIT 6	OPERATION
0	Default mode of configuration is used for the IC. In this mode, CDR, TIM[2:0] bits are automatically determined by the internal autoranging circuitry of the IC.
1	Manual mode of configuration is used for the IC. In this mode, CDR, and TIM[2:0] bits can be programmed by the user.

分流比(CDR)

CDR位控制分流比，按照表6所示对光电二极管的电流进行分流。

表6. 分流比寄存器

BIT 3	OPERATION
0	Current not divided. All of the photodiode current goes to the ADC.
1	Current divided by 8. Only 1/8 of the photodiode current goes to the ADC. This mode is used in high-brightness situations.

功耗最低的环境光传感器， 内置ADC

积分定时器位(TIM[2:0])

TIM[2:0]位可用于设置信号积分时间。

自动模式(MANUAL = 0)下，积分时间按照内置算法自动选择为100ms/200ms/400ms/800ms之一。手动模式下，用户可在6.25ms至800ms范围内设置积分时间，请参考表7。

表7. 积分时间

TIM[2:0]	INTEGRATION TIME (ms)	COMMENTS
000	800	This is a preferred mode for boosting low-light sensitivity.
001	400	—
010	200	—
011	100	This is a preferred mode for high-brightness applications.
100	50	Manual mode only.
101	25	Manual mode only.
110	12.5	Manual mode only.
111	6.25	Manual mode only.

高字节流明寄存器0x03

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	REGISTER ADDRESS
E3	E2	E1	E0	M7	M6	M5	M4	0x03

高字节流明寄存器0x03包括4位指数位E3:E0和尾数字节的4个最高有效位M7:M4，表示环境光强的流明数。尾数字节的其余4位M3:M0位于低字节流明寄存器0x04，增强IC的流明读数分辨率。

指数(E[3:0]): 流明读数的指数位(0000至1110)，**注：**读数1111表示超量程条件。

尾数(M[7:4]): 流明读数尾数字节的4个最高有效位(0000至1111)。

流明值 = $2^{(\text{指数})} \times \text{尾数} \times 0.72$

指数 = $8 \times E3 + 4 \times E2 + 2 \times E1 + E0$

尾数 = $8 \times M7 + 4 \times M6 + 2 \times M5 + M4$

编码0000 0001对应于0.72流明。

编码1110 1111对应于176,947流明。

编码1110 1110对应于165,151流明。

I²C读操作期间，内部禁用该寄存器的内容更新，确保内部ADC和I²C寄存器之间正确传输数据。主机发送STOP命令时，恢复I²C寄存器更新。

如果用户希望读取高字节流明寄存器0x03和低字节流明寄存器0x04，主机不应在读取两个寄存器之间发送STOP命令，而应使用REPEATED START命令，确保从I²C寄存器获得准确数据(在读取期间禁用内部更新)。

MAX44009

功耗最低的环境光传感器， 内置ADC

低字节流明寄存器0x04

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	REGISTER ADDRESS
—	—	—	—	M3	M2	M1	M0	0x04

低字节流明寄存器0x04包含表示环境光强的流明读数尾数字节的4个最低有效位。与高字节流明寄存器0x03配合使用，扩展IC流明测量的分辨率和动态范围。

E3至E0：流明读数的指数位。

M7至M0：流明读数的尾数字节。

流明值 = $2^{(\text{指数})} \times \text{尾数} \times 0.045$

指数 = $8 \times E3 + 4 \times E2 + 2 \times E1 + E0$

尾数 = $128 \times M7 + 64 \times M6 + 32 \times M5 + 16 \times M4 + 8 \times M3 + 4 \times M2 + 2 \times M1 + M0$

寄存器0x03和0x04的组合内容：

编码0000 0000 0001对应于0.045流明。

编码0000 0001 0000对应于0.72流明。

编码0001 0001 0001对应于0.765流明。

编码1110 1111 1111对应于188,006流明。

编码1110 1111 1110对应于187,269流明。

当主机发出有效地址传输时，内部禁用高字节流明寄存器0x03和低字节流明寄存器0x04的更新。在下一个有效的STOP条件重新启动更新，从而确保不会在读寄存器0x03和0x04之间发生更新而造成读数错误。

I²C读操作期间，内部禁用该寄存器的内容更新，确保内部ADC和I²C寄存器之间正确传输数据。主机发送STOP命令时，恢复I²C寄存器更新。

如果用户希望读取高字节流明寄存器0x03和低字节流明寄存器0x04，主机不应在读取两个寄存器之间发送STOP命令，而应使用REPEATED START命令，确保从I²C寄存器获得准确数据(在读取期间禁用内部更新)。

高字节上限寄存器0x05

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	REGISTER ADDRESS
UE3	UE2	UE1	UE0	UM7	UM6	UM5	UM4	0x05

高字节上限寄存器包含指数位和尾数字节的4个最高有效位，用于设置产生中断的上限电平。只有中断使能寄存器的INTE置位时，该上限检测才有效。如果流明值高于亮度上限的时间超出门限时器寄存器设置的时间，中断状态寄存器的INTS被置位，拉低INT引脚。

尾数(UM[7:4])：上限尾数的4个最高有效位

指数(UE[3:0])：上限指数位

流明上限 = $2^{(\text{指数})} \times \text{尾数} \times 0.045$

指数 = $8 \times UE3 + 4 \times UE2 + 2 \times UE1 + UE0$

尾数 = $128 \times UM7 + 64 \times UM6 + 32 \times UM5 + 16 \times UM4 + 15$

功耗最低的环境光传感器， 内置ADC

高字节下限寄存器0x06

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	REGISTER ADDRESS
LE3	LE2	LE1	LE0	LM7	LM6	LM5	LM4	0x06

高字节下限寄存器包含指数位和尾数字节的4个最高有效位，用于设置产生中断的下限电平。只有中断使能寄存器的INTE置位时，该下限检测才有效。如果流明值低于亮度下限的时间超出了门限定时器寄存器设置的时间，中断状态寄存器的INTS被置位，拉低INT引脚。

尾数(LM[7:4]): 下限尾数的4个最高有效位。

指数(LE[3:0]): 下限指数位。

流明下限 = $2^{(\text{指数})} \times \text{尾数} \times 0.045$

指数 = $8 \times \text{LE3} + 4 \times \text{LE2} + 2 \times \text{LE1} + \text{LE0}$

尾数 = $128 \times \text{LM7} + 64 \times \text{LM6} + 32 \times \text{LM5} + 16 \times \text{LM4}$

门限定时器寄存器0x07

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	REGISTER ADDRESS
T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0	0x07

如果INTE位 = 1，环境光强超过任何门限的时间大于门限定时器寄存器设置的时间时，INTS位置1，拉低INT引脚。

该寄存器的数值用于设置控制延迟的时间。寄存器数值为0x00 (中断使能寄存器中INTE位 = 1)时，配置IC在光强超过任何门限时立即触发中断。时间延迟 = $(128 \times \text{T7} + 64 \times \text{T6} + 32 \times \text{T5} + 16 \times \text{T4} + 8 \times \text{T3} + 4 \times \text{T2} + 2 \times \text{T1} + \text{T0}) \times 100\text{ms}$ 。

应用信息

自动和手动模式

自动模式配置(默认设置)下，CDR和TIM位由内部产生。自动量程调整电路采用两种方法改变其灵敏度。光强超过700流明时，分流器通过除以系数8来降低光电二极管的电流。默认设置下，如上所述，分流比为1，电流直接送入I至F转换器。当光强降低时，自动量程调整电路将积分时间从100ms提高到200ms、400ms或800ms。分流器和不同积分时间相组合，可使A/D转换范围比其16位标称范围提高8倍，或降低8倍。从而获得22位或略高于4,000,000:1的动态范围。

手动模式下，用户可以控制4位(CDR和TIM[2:0])数值以屏蔽自动量程调整电路，这些会影响A/D转换的积分时间和分流比。关于手动配置模式(0x02，第6位)的详细信息，请参考寄存器说明。

流明读数的数据格式

IC提供用户易于接受的数字输出格式。它由4位指数和随后的8位尾数组成。在最高灵敏度模式下，1个计数值表示0.045流明。尾数最大值为255，指数最大值为14。所以，最大量程为： $255 \times 2^{14} = 4,177,920$ 。在0.045流明/LSB下，最大流明读数为188,000流明，大于该值的任何读数(比如指数 = 15)均被认为是过载，不需要双二极管环境光传感器中的转换公式计算。

IC输出结果(寄存器0x03和0x04)为12位数据，代表以流明为单位的环境光强。

流明值计算如下：

流明值 = $(2^{(\text{指数})} \times \text{尾数}) \times 0.045$

指数为0000至1110 (0至14)的4位数字。

尾数为0000 0000至1111 1111 (0至255)的8位数字。

MAX44009

功耗最低的环境光传感器， 内置ADC

计数值乘以0.045，为最低有效位。

由于IC内部自动量程调整电路的对数特性，环境光强的流明数分辨率将随着绝对环境光强的测量值进行调整，表8列出了IC的流明分辨率和量程。

中断设置

将寄存器0x01的第0位置1使能中断(参见表1)。 $\overline{\text{INT}}$ 为开漏输出，发生中断(流明读数超过门限的时间大于定时寄存器设置的时间)时该引脚被拉低。读取寄存器0x00或禁用中断(INTE = 0)时，中断状态位自动清除。

门限寄存器数据格式

IC中断电路要求按照特定格式给出上限和下限门限，以便正确解析数据。寄存器0x05和0x06中的上限和下限数值必须与高字节流明格式相匹配，由4位指数和尾数的4个最高有效位组成(E3 E2 E1 E0 M7 M6 M5 M4)。

这种情况下，下式成立：

$$\text{流明下限} = (2^{(\text{指数})} \times \text{尾数}) \times 0.045$$

指数为0000至1110 (0至14)的4位数字。

尾数为0000 0000至1111 0000 (0至240)的8位数字。

$$\text{流明上限} = (2^{(\text{指数})} \times \text{尾数}) \times 0.045$$

指数为0000至1110 (0至14)的4位数字。

尾数为0000 1111至1111 1111 (15至255)的8位数字。

自动量程调整模式(MANUAL = 0)下，上限和下限字节的格式必须与高字节流明寄存器0x03的格式相匹配。只需遵守两个规则：

- 对于非常低的流明等级(低于11.5流明的光强)，将指数设置为0，编码仅为：0000 MMMM，其中4个0为指数，MMMM表示尾数的4个最高有效位。
- 对于其它所有情况(高于11.5流明的光强)，指数不为0，格式为：EEEE 1MMM。请注意，M7位(最高有效位)必须始终为1，其它位为无关项。EEEE最大值限制为1110，最大可用设置的编码为1110 1111。

手动模式(MANUAL = 1)下，表9给出了TIM[2:0]和CDR位每种设置的指数范围(E3 E2 E1 E0)。

表8. 自动模式下每个LSB代表的流明值

LUX (MIN)	LUX (MAX)	LUX PER LSB IN AUTOMATIC MODE	COUNTS (MIN)	COUNTS (MAX)
0	11.5	0.045	0	256
11.5	23.0	0.09	256	512
23.0	46.1	0.18	512	1024
46.1	92.2	0.36	1024	2048
92.2	184.3	0.72	2048	4096
184.3	368.6	1.44	4096	8192
368.6	737.3	2.88	8192	16,384
737.3	1474.6	5.76	16,384	32,768
1474.6	2949.1	11.52	32,768	65,536
2949.1	5898.2	23.04	65,536	131,072
5898.2	11,796.5	46.08	131,072	262,144
11,796.5	23,593.0	92.16	262,144	524,288
23,593.0	47,185.9	184.32	524,288	1,048,576
47,185.9	94,371.8	368.64	1,048,576	2,097,152
94,371.8	188,006.4	737.28	2,097,152	4,177,920

功耗最低的环境光传感器， 内置ADC

表9. 配置寄存器(0x02)和门限寄存器(0x05、0x06)的手动模式设置

APPLICATION CONDITIONS				RECOMMENDED SETTINGS FOR CONFIGURATION REGISTER (0x03)		RANGE OF EXPONENTS FOR UPPER AND LOWER REGISTERS (0x05 AND 0x06)	
LUX LSB (MIN)	LUX (MAX)	LUX LSB (MAX)	INTEGRATION TIME (ms)	TIM	CDR	EXPONENT (MIN)	EXPONENT (MAX)
0.045	2938	11.52	800	000	0	0000	1000
0.09	5875	23.04	400	001	0	0001	1001
0.18	11,750	46.08	200	010	0	0010	1010
0.36	23,501	92.16	100	011	0	0011	1011
			800	000	1		
0.72	47,002	184.32	50	100	0	0100	1100
			400	001	1		
1.44	94,003	368.64	25	101	0	0101	1101
			200	010	1		
2.88	188,006	737.28	12.5	110	0	0110	1110
			100	011	1		
5.76	188,006	737.28	6.25	111	0	0111	1110
			50	100	1		
11.52	188,006	737.28	25	101	1	1000	1110
23.04	188,006	737.28	12.5	110	1	1001	1110
46.08	188,006	737.28	6.25	111	1	1010	1110

注：手动模式下，超过流明值上限(最大值)会产生过载故障(指数 = 1111)。

典型工作过程

为了在终端产品中充分利用IC超低功耗的优势，器件提供了一个中断引脚避免系统连续轮询器件。由于I²C传输每个时钟和数据位会消耗高达1mA的电流(假设通过1.8kΩ电阻上拉至1.8V电源)，尽可能减少数据总线的I²C传输次数能够大大降低系统功耗。此外，避免轮询器件也减轻了主机的工作负荷，改善总体系统性能。

IC通信的典型过程如下：

1) 主机从寄存器0x03和0x04读取流明读数。

- 2) 主机在寄存器0x05和0x06中设置流明上限和流明下限，从而将用户可编程窗口定义在当前流明读数附近。
- 3) 主机在寄存器0x07中设置适当的门限定定时器数据。
- 4) 主机可以处理其它工作，直到INT引脚变低产生报警信号。这是主机花费较多时间的操作。
- 5) INT引脚变低产生报警时，主机读取中断状态寄存器0x00，确认中断源为IC。主机采取相应措施。
- 6) 重复步骤1。

MAX44009

功耗最低的环境光传感器，
内置ADC

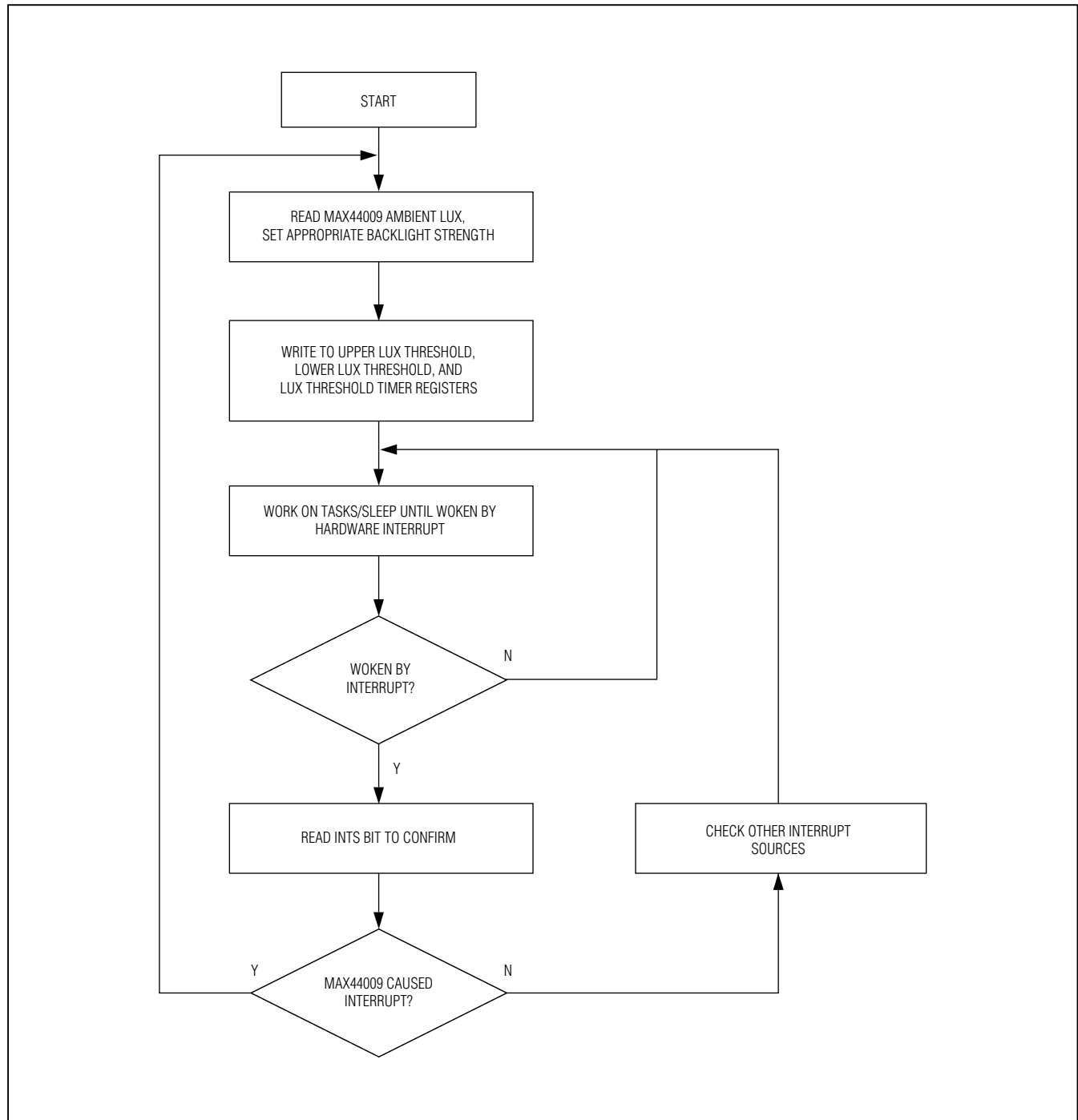


图2. 典型工作过程

功耗最低的环境光传感器， 内置ADC

I²C串行接口

位传输

IC采用I²C/SMBus™兼容的2线串行接口，包括一根串行数据线(SDA)和一根串行时钟线(SCL)。SDA和SCL的时钟速率高达400kHz，方便了IC与主机之间的通信。图3所示为2线接口时序图。主机在总线上产生SCL并启动数据传输。主机发送相应的从地址，随后为寄存器地址，紧接着发送数据字，向IC写入数据。每个传输序列都由START (S)或REPEATED START (Sr)条件和STOP (P)条件打包成帧。发送到IC的每个字长为8位，其后是应答时钟脉冲。主机从IC读取数据时，发送相应的从地址，随后为9个SCL脉冲。IC通过SDA发送数据，与主机产生的SCL脉冲同步。主机在接收到每个字节数据后对其进行应答。每个读序列由START或REPEATED START条件、非应答和STOP条件打包成帧。SDA既是输入又是开漏输出，SDA总线需要一个上拉电阻，通常大于500Ω。SCL仅作为输入。如果总线上有多个主机，或者单主机系统中的主机具有开漏SCL输出，SCL则需要一个上拉电阻，通常大于500Ω。SDA和SCL线上的串联电阻可选，串联电阻有助于保护IC的数字输入免受总线上高压毛刺的损坏，并最大程度地降低总线信号的串扰和下冲。

每个SCL周期传输一个数据位。在SCL脉冲的高电平期间，SDA上的数据必须保持稳定。当SCL为高电平时，SDA上的变化代表控制信号(请参见START和STOP条件部分)。I²C总线空闲时，SDA和SCL的空闲状态为高电平。

START和STOP条件

总线空闲时，SDA和SCL的空闲状态为高电平。主机通过发送START条件启动通信，START条件是SCL为高电平时，SDA由高到低的跳变。STOP条件是SCL为高电平时，SDA由低到高的跳变(图4)。来自于主机的START条件通知IC开始传输。主机通过发送STOP条件终止传输并释放总线。如果产生的是REPEATED START条件而不是STOP条件，则总线保持有效。

提前STOP条件

IC在数据传输期间可随时识别STOP条件，除非STOP条件与START条件出现在同一高电平脉冲。为了正常工作，请勿在与START条件相同的SCL高电平脉冲期间发送STOP条件。

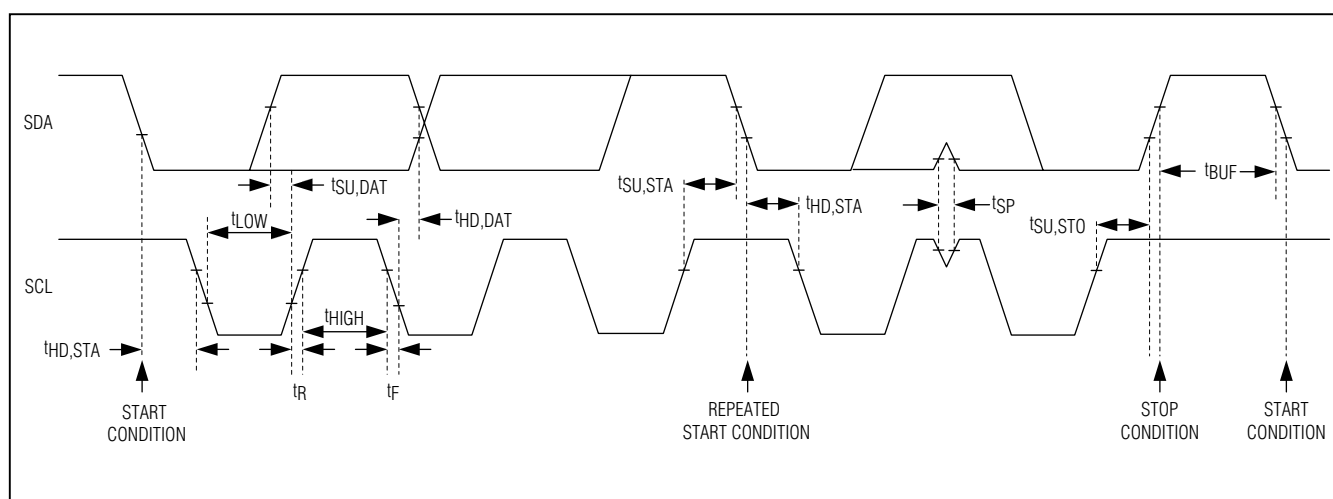


图3. 2线接口时序图

SMBus是Intel Corp.的商标。

MAX44009

功耗最低的环境光传感器， 内置ADC

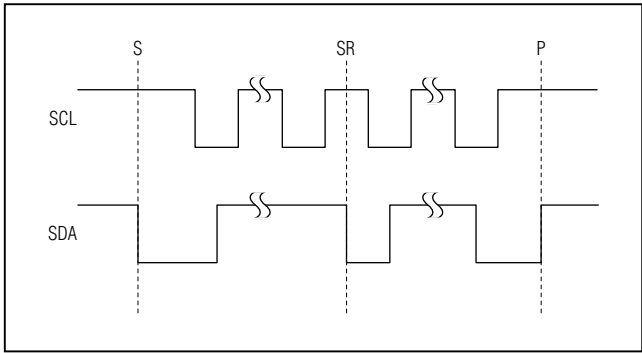


图4. START、STOP和REPEATED START条件

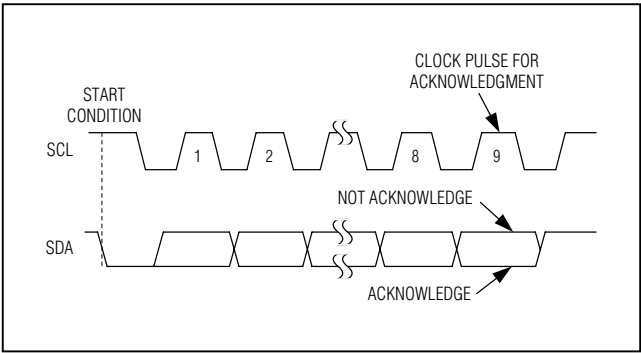


图5. 应答

从地址

从地址由A0引脚控制。将A0连接至地或V_{CC}来设置地址，表10列出了所提供的两个IC地址。

应答

写操作模式下，应答位(ACK)是第9个时钟位，是IC对其接收的每个数据字节的握手信号(见图5)。如果成功接收了之前的字节，IC在主机产生的第9个时钟脉冲期间拉低SDA。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，则会出现失败的数据传输。若数据传输失败，总线主机会重试通信。当IC处于读模式时，在第9个时钟脉冲期间，主机拉低SDA来应答接收到的数据。每次读取字节后，主机均发送应答信号，使数据继续传输。当主机从IC读取数据的最后字节时，发送非应答，随后是STOP条件。

写数据格式

IC写操作包括START条件、从地址和R/ \overline{W} 位(置0)、用来配置内部寄存器地址指针的一个数据字节、1个或多个数据字节和STOP条件。图6所示为向IC写入1个字节数据时的正确帧格式。

表10. 从地址

A0	SLAVE ADDRESS FOR WRITING	SLAVE ADDRESS FOR READING
GND	1001 0100	1001 0101
V _{CC}	1001 0110	1001 0111

R/ \overline{W} 位设置为0的从地址表示主次要向IC写数据。IC在主机产生的第9个SCL脉冲期间应答接收到的地址字节。

主机发送的第二个字节配置IC的内部寄存器地址指针，指针通知IC写入下一个数据字节的位置。接收到地址指针数据后，IC发送一个应答脉冲。

发送到IC的第三个字节为写入指定寄存器的数据。主机通过发送STOP条件，终止传输。

读数据格式

为了读取数据字节，必须首先通过写操作设置寄存器指针(图7)。发送从地址，并将R/ \overline{W} 位置0，随后是需要读取的寄存器地址。在REPEATED START条件后，通过发送从地址，并将R/ \overline{W} 位置1，启动读操作。然后，IC发送一个应答脉冲，随后发出需要读取的寄存器内容。发送数据在主机产生的串行时钟(SCL)的上升沿有效。

图8所示为连续读取两个寄存器并且在读取期间没有发出STOP条件的帧格式。仅在连续读取流明数据寄存器0x03和0x04时使用。

传感器位置

IC的光敏区域为0.37mm x 0.37mm，远远小于器件本身。将器件置于光导后方时，只有光敏区域的亮度才被纳入光强计算数据，图9所示为封装内光敏区域的位置和尺寸。

功耗最低的环境光传感器， 内置ADC

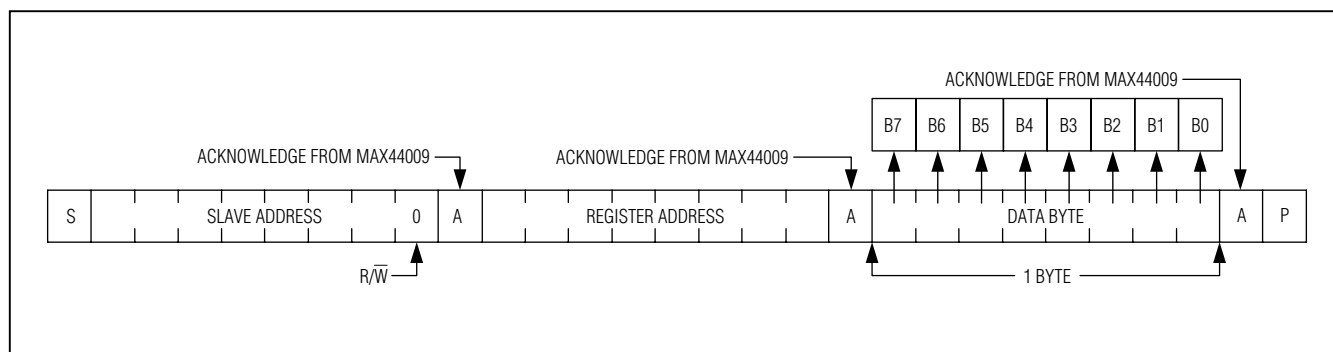


图6. 向IC写入1个数据字节

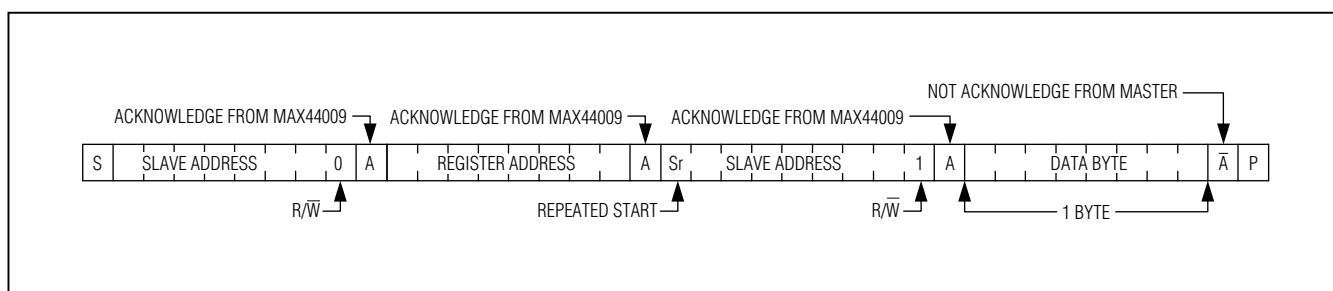


图7. 从IC读取1个字节的数据

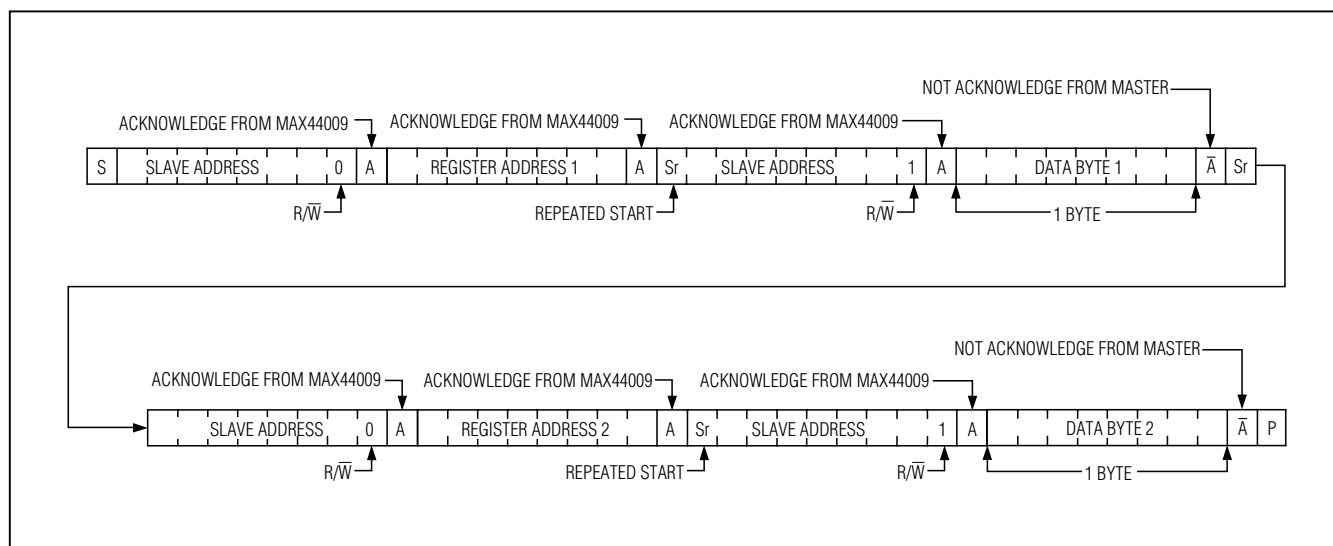


图8. 连续读取两个寄存器，在读取期间没有发送STOP条件

MAX44009

功耗最低的环境光传感器，
内置ADC

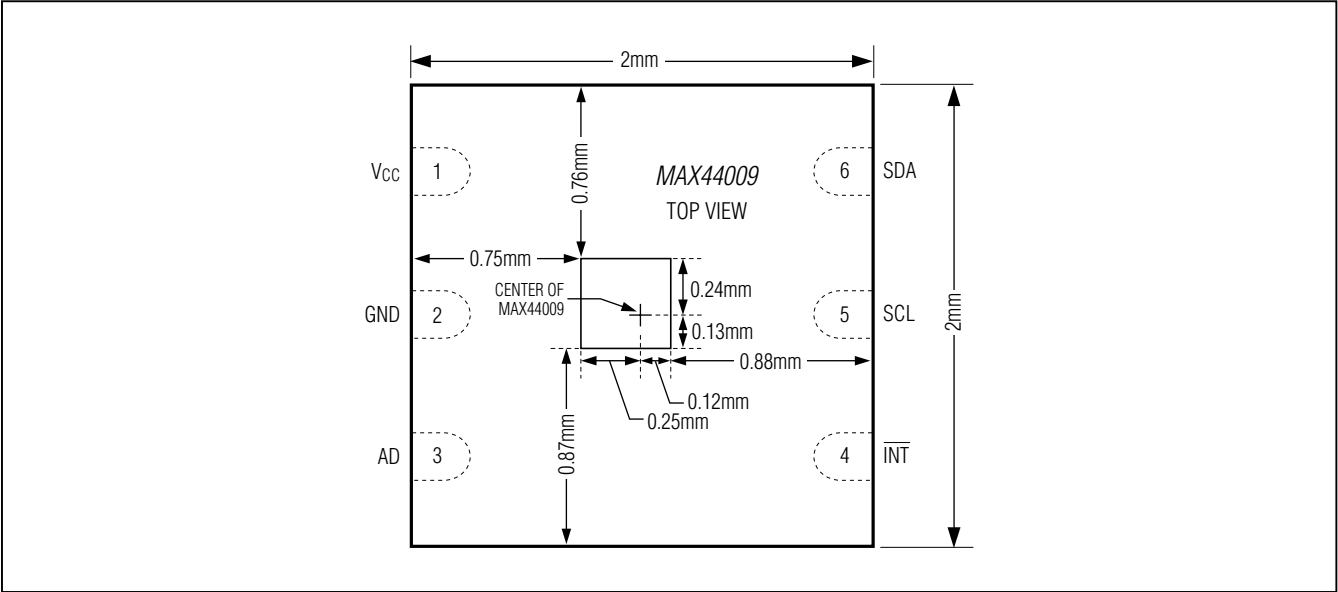
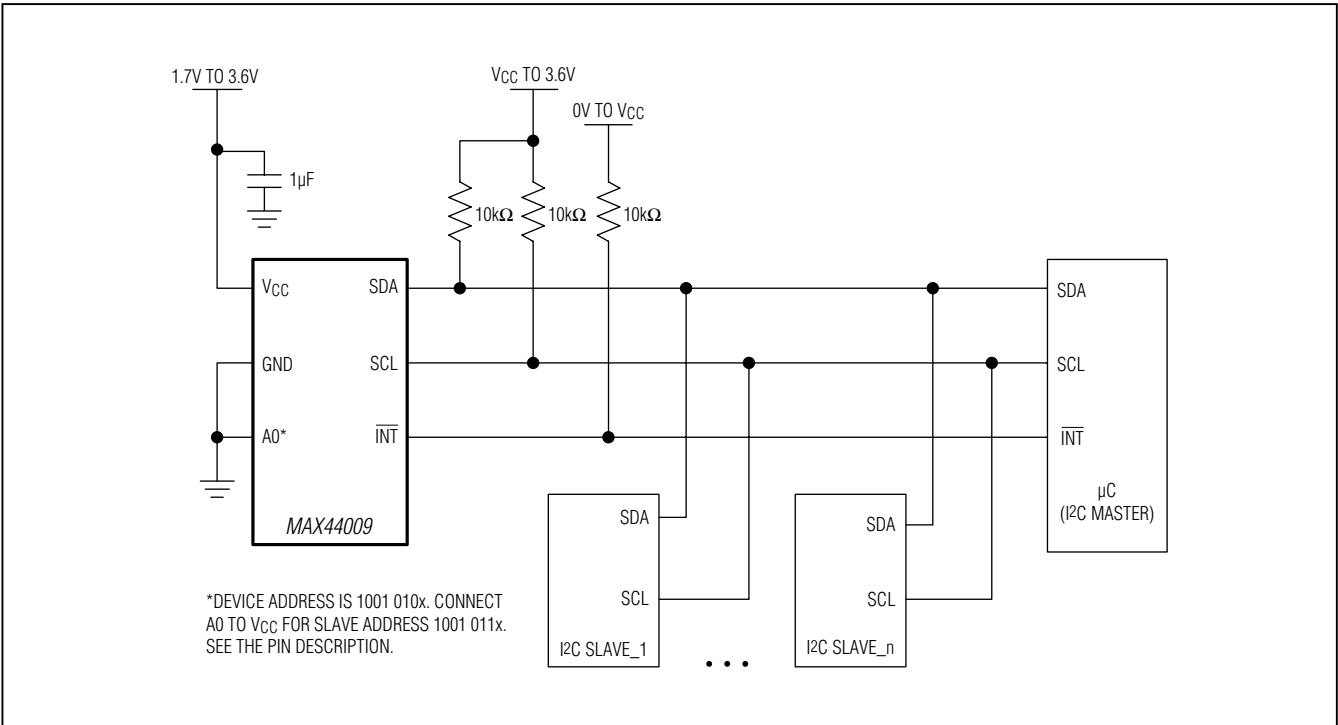


图9. 传感器位置

典型应用电路



芯片信息

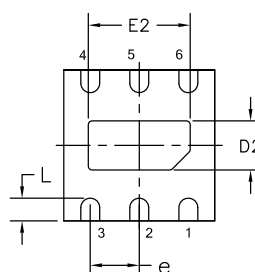
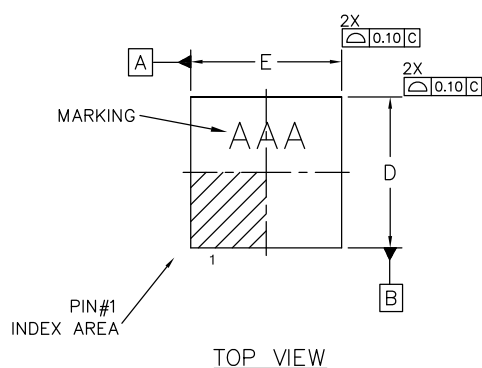
PROCESS: BiCMOS

功耗最低的环境光传感器， 内置ADC

封装信息

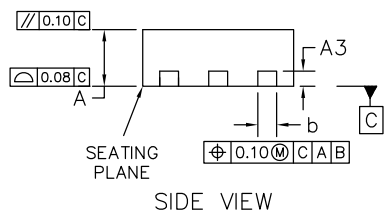
如需最近的封装外形信息和焊盘布局，请查询china.maxim-integrated.com/packages。请注意，封装编码中的“+”、“#”或“-”仅表示RoHS状态。封装图中可能包含不同的尾缀字符，但封装图只与封装有关，与RoHS状态无关。

封装类型	封装编码	外形编号	焊盘布局编号
6 UTDFN-Opto	D622+1	21-0490	90-0344



DIMENSION	COMMON DIMENSIONS		
	MIN.	NOM.	MAX.
A3	0.195	0.203	0.211
b	0.20	0.25	0.30
D	1.925	2.000	2.075
E	1.925	2.000	2.075
e	0.65 BSC		
L	0.25	0.30	0.35

DIMENSION	DIMENSION VARIATIONS		
	MIN.	NOM.	MAX.
A	0.55	0.60	0.65
E2	1.25	1.35	1.45
D2	0.55	0.65	0.75



NOTES:

1. DIMENSION & TOLERANCING CONFORM TO ASME Y14.5M-1994.
2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
3. DIMENSION b APPLIES TO METALLIZED TERMINAL AND IS MEASURED BETWEEN 0.20mm AND 0.30mm FROM TERMINAL TIP.
4. MARKING SHOWN IS FOR PACKAGE ORIENTATION PURPOSE ONLY.
5. ALL DIMENSIONS APPLY TO PbFREE (+) PKGCODES ONLY.

—DRAWING NOT TO SCALE—

TITLE:			
PACKAGE OUTLINE, 6L, 2x2 OPTO TDFN PKG. NiPd PLATING			
APPROVAL	DOCUMENT CONTROL NO.	REV.	1/1
	21-0490	C	

MAX44009

功耗最低的环境光传感器， 内置ADC

修订历史

修订号	修订日期	说明	修改页
0	1/11	最初版本。	—

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。