

業界最小電力、ADC内蔵、
環境光センサー

概要

環境光センサーのMAX44009はI²Cデジタル出力を備えているため、スマートフォン、ノートブック、産業用センサーなど、多数のポータブルアプリケーションに最適です。動作電流1μA以下という業界で最も低電力の環境光センサーで、0.045lux～188,000luxに対応する22ビットの超広ダイナミックレンジを備えています。

低照度で動作するため、暗色ガラスアプリケーションでの動作が容易です。

チップに内蔵されたフォトダイオードのスペクトル応答は、環境光に対する人間の目の知覚を模倣するように最適化され、IRとUVを遮断する能力を備えています。適応型の利得ブロックが適切な照度範囲を自動的に選択して、ルクス当りのカウント数を最適化します。

このICは1.7V～3.6Vの電源電圧範囲で動作するように設計されており、完全動作時の消費電流はわずか0.65μAです。小型、2mm x 2mm x 0.6mmのUTDFN-Optoパッケージで提供されます。

アプリケーション

タブレットPC/ノートブックコンピュータ

TV/プロジェクタ/ディスプレイ

デジタル照明管理

ポータブル機器

携帯電話/スマートフォン

セキュリティシステム

特長

- ◆ 広い照度範囲：0.045lux～188,000lux
- ◆ 小型、2mm x 2mm x 0.6mm UTDFN-Optoパッケージ
- ◆ V_{CC} = 1.7V～3.6V
- ◆ 動作電流：I_{CC} = 0.65μA
- ◆ 温度範囲：-40℃～+85℃
- ◆ 選択可能なデバイスアドレス：
1001 010xおよび1001 011x

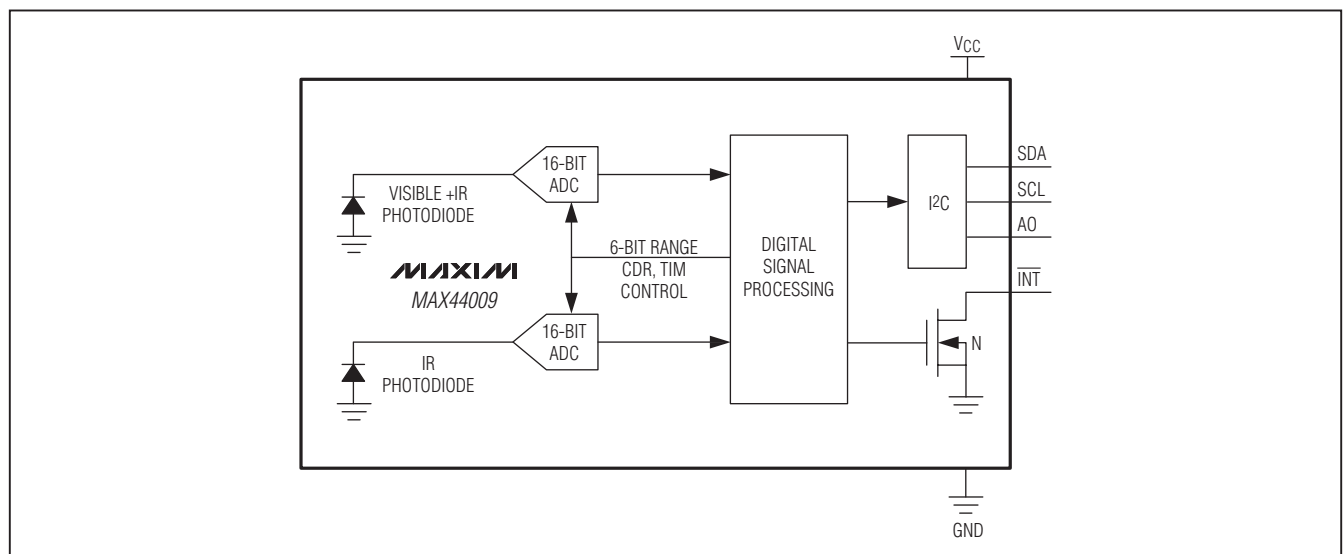
型番

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

+は鉛(Pb)フリー/RoHS準拠パッケージを表します。

*EP = エキスポーズドパッド

ブロック図



業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

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, $\overline{\text{INT}}$	V _{OL}	I _{SINK} = 6mA	0.06	0.4		V
$\overline{\text{INT}}$ 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

業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

MAX44009

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	fSCL				400	kHz
Bus Free Time Between a STOP and a START Condition	tBUF		1.3			μs
Hold Time (Repeated) START Condition	tHD,STA		0.6			μs
Low Period of the SCL Clock	tLOW		1.3			μs
High Period of the SCL Clock	tHIGH		0.6			μs
Setup Time for a Repeated START Condition	tSU,STA		0.6			μs
Data Hold Time	tHD,DAT	(Note 4)	0		0.9	μs
Data Setup Time	tSU,DAT		100			ns
Fall Time of SDA Transmitting	tF	ISINK ≤ 6mA, tR and tF are measured between 0.3 x VDD and 0.7 x VDD		100		ns
Setup Time for STOP Condition	tSU,STO		0.6			μs
Pulse Width of Spike Suppressed	tSP	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.

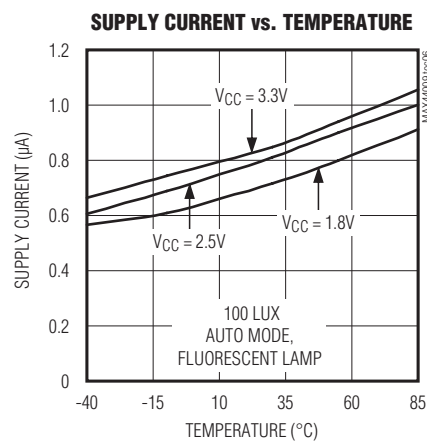
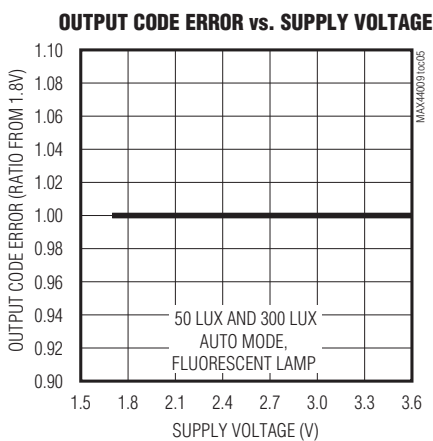
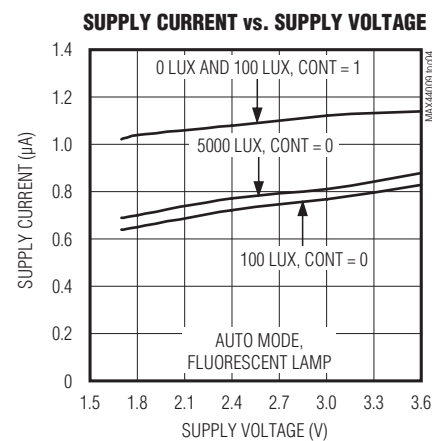
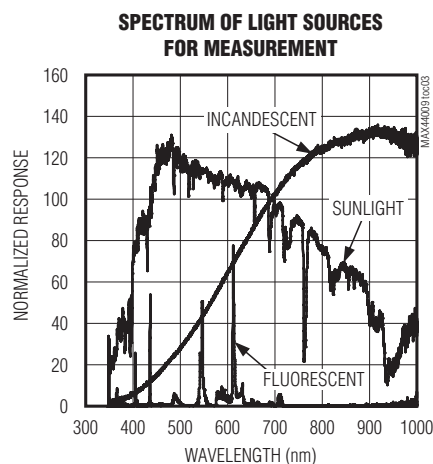
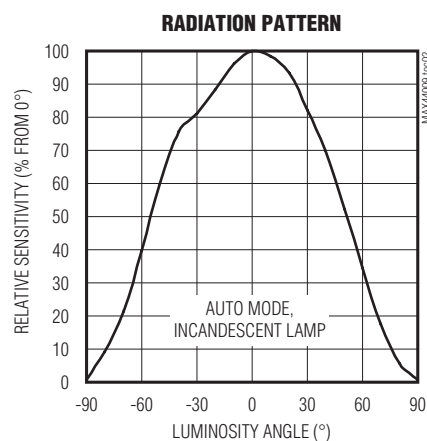
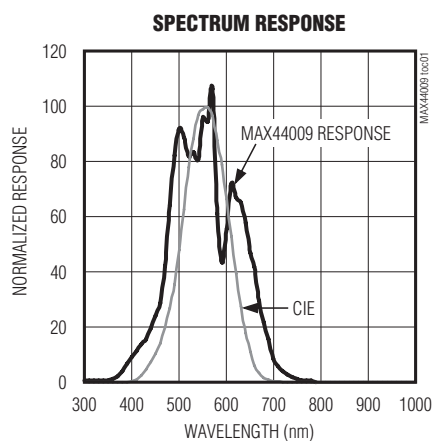
Note 3: With respect to green LED 538nm response.

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

業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

標準動作特性

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

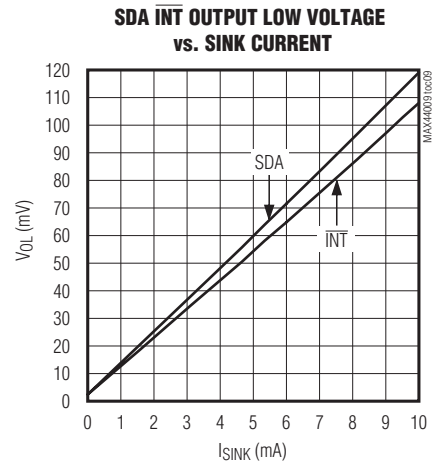
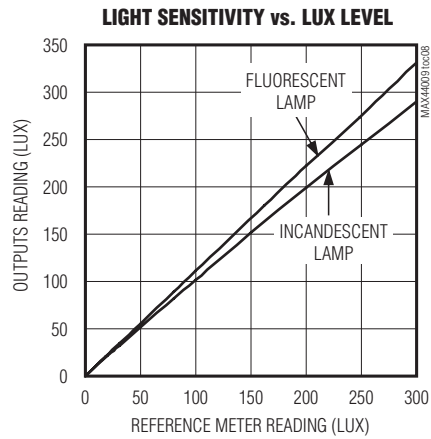
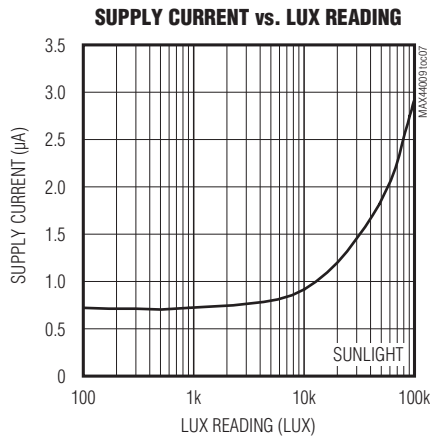


業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

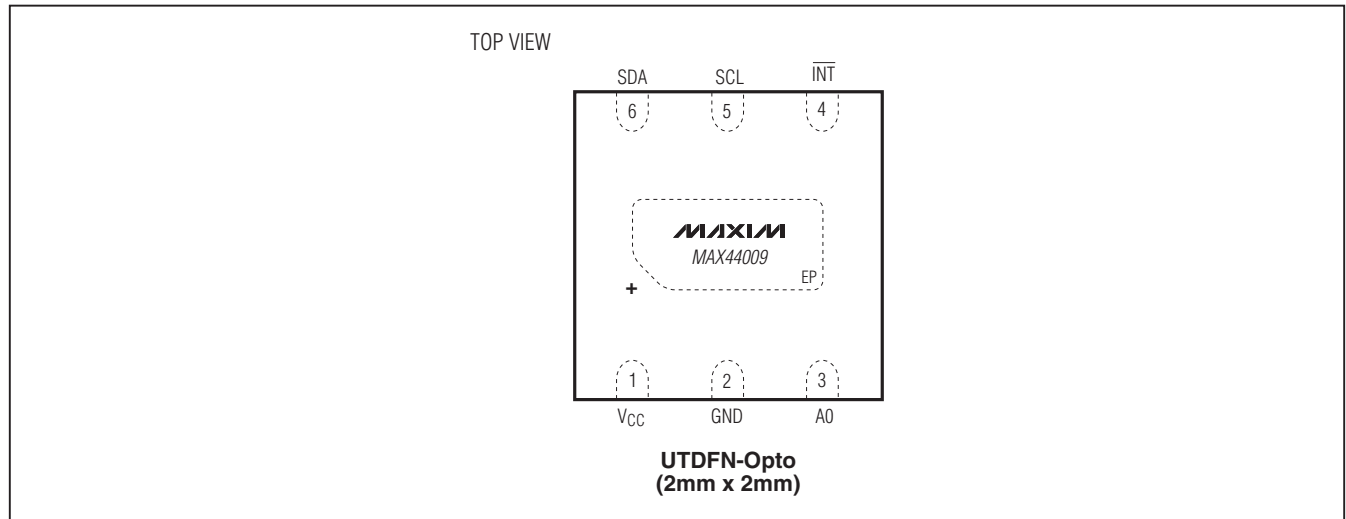
MAX44009

標準動作特性(続き)

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



ピン配置



端子説明

端子	名称	端子説明
1	VCC	電源
2	GND	グランド
3	A0	アドレス選択。ハイに駆動してアドレス1001 011xを選択するか、ローに駆動してアドレス1001 010xを選択してください。
4	INT	割込み出力。外付けのプルアップ抵抗を使用してください。
5	SCL	I ² Cクロックバス
6	SDA	I ² Cデータバス
—	EP	エクスポーズドパッド。EPをグランドに接続してください。

業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

詳細

MAX44009は、フォトダイオードとADCを内蔵し、I²Cデジタルインタフェースを備えた環境光センサーです。環境光を測定するために、ダイは光学的透過性を備えた(UTDFN-Opto)パッケージ内に封止されています。IC内のフォトダイオードによって光が電流に変換され、低電力回路によって処理されてデジタルビットストリームになります。これがデジタル処理されて出力レジスタに格納され、I²Cインタフェースによって読み取られます。設定可能な割込み機能を備えているため、データのためにデバイスを連続的に監視する必要がなくなり、大幅な省電力化につながります。

パッケージレベルの光学フィルタによって、紫外線と赤外線がフォトダイオードに到達するのを防止します。その光応答も、人間の目のスペクトル応答と一致するように設計されています。その上で、主として赤外線スペクトルに対する感受性を備えた第2のフォトダイオードアレイを使用して、蛍光灯や白熱灯に対するデバイスの応答を整合させています。

このICのアナログ設計の大きな特長として、その超低電流消費(0.65μA typ)と、0.045lux～188,000luxという4,000,000:1を上回る極めて広い照度ダイナミックレンジの2つがあります。利得範囲の設定にユーザーの介入を必要としないオートレンジ方式を内蔵しています。

このICは、暗色ガラスの背後での動作が必要なアプリケーションにおいて向上された感度で動作するようにカスタマイズすることが可能です。

ADCのデフォルトの積分時間は100msであるため、商用電源による特定の光源に共通する50Hzと60Hzのリップルに対する本質的な除去能力を備えています。

人間の目のCIE曲線と様々な光源による違い

このICは、人間の目と同様に明るさを検出するように設計されています。これを達成するためには、センサーが人間の目に近いスペクトル感度を備える必要があります。図1に、このICと人間の目(CIE曲線)のスペクトル感度を示します。

図から分かるように、人間の目は555nm (緑)にピーク感度があるのに対して、青(≈470nm)と赤(≈630nm)の感度は大幅に低くなっています。また、人間の目は赤外線(700nm以上)と紫外線(400nm以下)の放射を見ることはできません。

光源によって、可視光照度(ルクス)が同程度でも、IR放射光の含有量が異なる場合があります(人間の目では見ることができないため)。この赤外線放射光の一部がシリコンフォトダイオードによって捕捉されるため、光スペクトルの差が照度の測定に影響します。たとえば、白熱灯や太陽光などIR含有量の多い光源は、人間の目で見た場合より大幅に明るい環境を示唆する結果になります。蛍光灯やLEDベースのシステムのように、赤外線含有量が非常に少ない光源もあります。このICは、良好なIR除去と内部IR補正方式によって、これらの影響を最小限に抑えた正確なルクス応答を提供します。

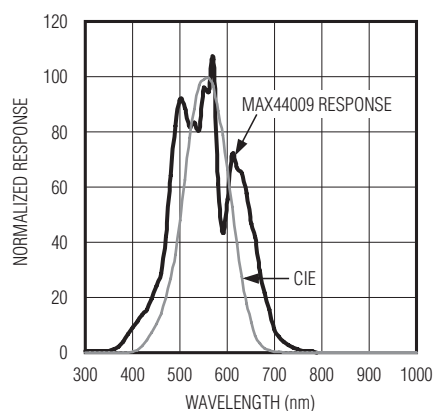


図1. MAX44009と人間の目のスペクトル感度

業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

MAX44009

レジスタおよびビットの説明

表1. レジスタマップ

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

Interrupt Status (0x00)

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

INTEビットに1がセットされていて、Threshold Timerレジスタ(0x07)で定義された時間より長時間にわたって光の強さが上限または下限のスレッシュホールド値(それぞれレジスタ0x05および0x06で指定)を超えた場合、INTSステータスビットがアサートされます。このビットは、ホストがこのレジスタを読み取った後で0にリセットされます。表2を参照してください。

このビットは $\overline{\text{INT}}$ 端子にも反映されます。INTSビットがセットされた場合、 $\overline{\text{INT}}$ 端子がローにアサートされ、INTSビットに0がセットされた場合、外付け抵抗によって $\overline{\text{INT}}$ 端子がハイにプルアップされます。

このビットがセットされた後、Interrupt Statusレジスタ(0x00)を読み取るか、またはInterrupt Enableレジスタ(0x01)に0を書き込むことによって、このビットをクリアすることができます。

表2. Interrupt Statusレジスタ

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.

Interrupt Enable (0x01)

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

業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

INTEビットに1がセットされている場合のみ、割込みイベントによってINTSビット(レジスタ0x00、ビット0)およびINT端子がセットされます。INTEビットがセット(割込みがイネーブル)され、割込み条件がトリガされた場合、INT端子がローに駆動(アサート)されて、Interrupt StatusレジスタのINTSビットに1がセットされます。表3を参照してください。

表3. Interrupt Enableレジスタ

BIT 0	OPERATION
0	The 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 (INT pin is pulled low) and sets the INTS bit (register 0x00, bit 0).

Configuration (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

連続モード

表4. Continuous Modeレジスタ

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：連続モードは、マニュアル設定モードの設定とは無関係です。

マニュアル設定モード

オートモード(MANUAL = 0)の場合、TIM[2:0]およびCDRビットの内容の読み取り時には、自動的に生成された内部タイミングレジスタの値が反映され、読み取り専用となります。マニュアルモード(MANUAL = 1)の場合、ユーザーがI²Cバスを通してTIM[2:0]およびCDRビットの内容を変更することができます。

表5. Manual Configurationレジスタ

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.

電流分流比(Current Division Ratio、CDR)

CDRビットは、電流の分流比を制御します。フォトダイオードの電流が、表6に示すように分流されます。

表6. Current Division Ratioレジスタ

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.

業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

MAX44009

積分時間ビット(TIM[2:0])

TIM[2:0]ビットを使用して、信号の積分時間を設定することができます。

オートモード(MANUAL = 0)の場合、積分時間はチップ内蔵のアルゴリズムによって自動的に選択され、100ms/200ms/400ms/800msのいずれかになります。マニュアルモードの場合、ユーザーが積分時間を6.25ms～800msの範囲で任意に変更することができます。表7を参照してください。

表7. 積分時間

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.

Lux High-Byteレジスタ(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

Lux High-Byteレジスタ(0x03)のビットは、4ビットの指数E3:E0と、仮数バイトの上位4ビットM7:M4で構成され、環境光のルクス読み値を表します。仮数バイトの残りの4ビットM3:M0はLux Low-Byteレジスタ(0x04)に含まれ、ICのルクス読み値の分解能を強化します。

指数(E[3:0]): ルクス読み値の指数ビット(0000～1110)。注: 読み値が1111の場合、オーバレンジの状態を示します。

仮数(M[7:4]): ルクス読み値の仮数バイトの上位4ビット(0000～1111)。

ルクス = $2^{(\text{指数})} \times \text{仮数} \times 0.72$

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

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

コードが0000 0001の場合、計算結果は0.72luxになります。

コードが1110 1111の場合、計算結果は176,947luxになります。

コードが1110 1110の場合、計算結果は165,151luxになります。

内蔵ADCとI²Cレジスタの間の正しいデータ転送を保証するため、I²Cの読取り動作の間は、このレジスタの内容の更新が内部でディセーブルされます。マスターがSTOPコマンドを送信した時点で、I²Cレジスタの更新が再開されます。

Lux High-Byteレジスタ(0x03)とLux Low-Byteレジスタ(0x04)の両方の読取りを行う場合は、2つのレジスタの読取りの間でマスターからSTOPコマンドを送信しないでください。代わりに、REPEATED STARTコマンドを使用してください。これによって、(読取りプロセス中の内部的な更新がディセーブルされるため) I²Cレジスタからの正確なデータの取得が保証されます。

業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

Lux Low-Byteレジスタ(0x04)

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

Lux Low-Byteレジスタ(0x04)のビットは、環境光のルクス読み値を表す仮数バイトの下位4ビットを提供します。Lux High-Byteレジスタ(0x03)との組合せで、ICのルクス測定値の分解能とダイナミックレンジを強化します。

E3～E0：ルクス読み値の指数ビット

M7～M0：ルクス読み値の仮数バイト

ルクス = $2^{(\text{指数})} \times \text{仮数} \times 0.045$

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

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

レジスタ0x03と0x04の内容の組合せ：

コードが0000 0000 0001の場合、計算結果は0.045luxになります。

コードが0000 0001 0000の場合、計算結果は0.72luxになります。

コードが0001 0001 0001の場合、計算結果は0.765luxになります。

コードが1110 1111 1111の場合、計算結果は188,006luxになります。

コードが1110 1111 1110の場合、計算結果は187,269luxになります。

マスターからの有効なアドレス転送の開始時に、Lux High-Byteレジスタ(0x03)およびLux Low-Byteレジスタ(0x04)の更新が内部でディセーブルされます。次の有効なSTOP条件の時点で、再び更新が開始されます。これによって、レジスタ0x03と0x04の読取りの間に更新が発生した場合に誤った読み値となることが防止されます。

内蔵ADCとI²Cレジスタの間の正しいデータ転送を保証するため、I²Cの読取り動作の間は、このレジスタの内容の更新が内部でディセーブルされます。マスターがSTOPコマンドを送信した時点で、I²Cレジスタの更新が再開されます。

Lux High-Byteレジスタ(0x03)とLux Low-Byteレジスタ(0x04)の両方の読取りを行う場合は、2つのレジスタの読取りの間でマスターからSTOPコマンドを送信しないでください。代わりに、REPEATED STARTコマンドを使用してください。これによって、(読取りプロセス中の内部的な更新がディセーブルされるため) I²Cレジスタからの正確なデータの取得が保証されます。

Upper Threshold High-Byteレジスタ(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

Upper Threshold High-Byteレジスタの指数および仮数の上位4ビットで、割込み機能の上限トリップレベルを設定します。この上限値は、Interrupt EnableレジスタのINTEビットがセットされている場合のみ意味を持ちます。Threshold Timerレジスタで指定された時間より長時間にわたってルクスレベルがこの照度レベルを上回った場合、Interrupt StatusレジスタのINTSビットがセットされて、INT端子がローにプルダウンされます。

仮数(UM[7:4])：上限スレッショルドの仮数の上位4ビット

指数(UE[3:0])：上限スレッショルドの指数ビット

ルクス上限スレッショルド = $2^{(\text{指数})} \times \text{仮数} \times 0.045$

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

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

業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

MAX44009

Lower Threshold High-Byteレジスタ(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

Lower Threshold High-Byteレジスタの指数および仮数の上位4ビットで、割込み機能の下限トリップレベルを設定します。この下限値は、Interrupt EnableレジスタのINTEビットがセットされている場合のみ意味を持ちます。Threshold Timerレジスタで指定された時間より長時間にわたってルクスレベルがこの照度レベルを下回った場合、Interrupt StatusレジスタのINTSビットがセットされて、INT端子がローにプルダウンされます。

仮数(LM[7:4])：下限スレッショルドの仮数の上位4ビット

指数(LE[3:0])：下限スレッショルドの指数ビット

ルクス下限スレッショルド = $2^{(\text{指数})} \times \text{仮数} \times 0.045$

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

仮数 = $LM7 \times 128 + LM6 \times 64 + LM5 \times 32 + LM4 \times 16$

Threshold Timerレジスタ(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

INTEビット = 1で、Threshold Timerレジスタで指定された時間より長時間にわたって環境光レベルがいずれかのスレッショルド値を超えた場合、INTSビットに1がセットされて、INT端子がローにプルダウンされます。

このレジスタの値によって、このディレイの制御に使用される時間が設定されます。このレジスタの値を0x00とした場合、(Interrupt EnableレジスタのINTEビット = 1であるとして)照度レベルがいずれかのスレッショルドを超えた時点で直ちに割込み端子がアサートされるようにICが設定されます。ディレイ時間 = $(T7 \times 128 + T6 \times 64 + T5 \times 32 + T4 \times 16 + T3 \times 8 + T2 \times 4 + T1 \times 2 + T0) \times 100\text{ms}$ です。

アプリケーション情報

オートモードとマニュアルモード

オートモード設定(デフォルトの設定)の場合、CDRおよびTIMビットは内部的に生成されます。オートレンジ回路は、2種類の手法を使用して感度の変更を行います。光の強さが700luxを超える場合、電流分流器によってフォトダイオードの電流が8分の1に低減されます。前記の例のように、デフォルトは1分の1であり、電流が直接I-Fコンバータに送られます。光の強さが低下するとともに、オートレンジ回路は積分時間を100msから200ms、400ms、または800msに増大させます。電流分流器と異なる積分時間の組み合わせによって、A/Dは公称の16ビットよりも上方に8倍高く、下方にも8倍低い範囲を備えることになります。これによって、22ビットあるいは4,000,000:1を若干上回るダイナミックレンジが提供されます。

マニュアルモードの場合、ユーザーが4つのビット(CDRおよびTIM[2:0])にアクセスしてオートレンジ回路をオーバーライドすることができます。これらは、A/Dの積分時間と電流分流比に影響を与えます。マニュアル設定モード(0x02、ビット6)のレジスタの説明を参照してください。

ルクス読み値のデータ形式

このICは、使いやすいデジタル出力形式を使用しています。4ビットの指数と、その後に続く8ビットの仮数で構成されます。最も感度が高いモードでは、1カウントが0.045luxを表します。仮数の最大値は255で、指数の最大値は14です。これによって、最大の範囲は $255 \times 2^{14} = 4,177,920$ となります。0.045lux/LSBの場合、最大のルクス読み値は188,000luxです。それより大きな読み値(すなわち指数 = 15)は、すべてオーバーロードと考えられます。デュアルダイオード環境光センサーの場合のよう変換公式は不要です。

このICの出力(レジスタ0x03および0x04)は、ルクスを単位として環境光を表す12ビットの結果で構成されます。

ルクスの計算は、以下のように行われます。

ルクス = $(2^{(\text{指数})} \times \text{仮数}) \times 0.045$

指数は4ビットの数値で、範囲は0000~1110 (0~14)です。

仮数は8ビットの数値で、範囲は0000 0000~1111 1111 (0~255)です。

業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

カウントに、LSBである0.045が乗算されます。

このICに実装されているオートレンジ回路は対数的な性質を備えているため、環境ルクス読み値の分解能は測定値の絶対的な大きさに伴って変化します。表8に、このICから得られるルクス分解能とルクス範囲を示します。

割込みの設定

割込みは、レジスタ0x01のビット0に1をセットすることによってイネーブルされます(表1を参照)。割込み条件が発生した場合(ルクス読み値がThreshold Timerレジスタで設定された時間より長時間にわたってスレッショルド値を超えた場合)、オープンドレイン出力のINTがローにプルダウンされます。レジスタ0x00の読み取りが行われるか、または割込みがディセーブルされた場合(INTE = 0)、割込みステータスビットは自動的にクリアされます。

Thresholdレジスタのデータ形式

このICの割込み回路では、上限および下限のスレッショルドの適切な解釈を行うために、それらが特定の形式であることが要求されます。レジスタ0x05および0x06の上限値と下限値が、ルクスの上位バイト形式に合致している必要があります。これは、4ビットの指数と、仮数の上位4ビットで構成されます(E3 E2 E1 E0 M7 M6 M5 M4)。

この場合、以下の式のようになります。

$$\text{ルクス下限スレッショルド} = (2^{\text{(指数)}} \times \text{仮数}) \times 0.045$$

指数は4ビットの数値で、範囲は0000～1110 (0～14)です。

仮数は8ビットの数値で、範囲は0000 0000～1111 0000 (0～240)です。

$$\text{ルクス上限スレッショルド} = (2^{\text{(指数)}} \times \text{仮数}) \times 0.045$$

指数は4ビットの数値で、範囲は0000～1110 (0～14)です。

仮数は8ビットの数値で、範囲は0000 1111～1111 1111 (15～255)です。

オートレンジモード(MANUAL = 0)の場合、上限スレッショルドおよび下限スレッショルドバイトが、レジスタ0x03で使用されている形式(ルクス上位バイト)と一致した形式である必要があります。従うべきルールは2つのみです。

- ・ルクスレベルが非常に低い場合(照度レベルが11.5lux以下の場合)、指数に0を設定してください。コードは単に0000 MMMMとなり、4つの0が指数で、MMMMが仮数の上位4ビットを表します。
- ・それ以外のすべての条件(照度レベルが11.5lux以上の場合)では、指数が0ではなく、EEEE 1MMMという形式になります。ビットM7 (最上位ビット)は常に1である必要があることに注意してください。その他のビットは任意です。EEEEの最大値は1110に制限されます。使用可能な最大の設定は、1110 1111というコードになります。

マニュアルモード(MANUAL = 1)の場合、個々のTIM[2:0]およびCDRビットの設定に対して使用可能な指数(E3 E2 E1 E0)の範囲を表9に示します。

表8. オートモードでのLSB当りのルクス値

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

業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

MAX44009

表9. Configurationレジスタ(0x02)およびThresholdレジスタ(0x05、0x06)に対して推奨されるマニュアルモードの設定

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：マニュアルモードでは、lux (max)の値を超えた場合オーバーロードエラー(指数 = 1111)が発生します。

標準動作シーケンス

このICの超低消費電力をエンドアプリケーションで利用するために、システムによる継続的なデバイスのポーリングを不要にする割込み端子が提供されています。I²C上で送信される個々のクロックおよびデータビットごとに最大1mA (1.8kΩのプルアップ抵抗で1.8Vのレールに接続されている場合)が消費される可能性があるため、データバス上でのI²Cトランザクションの数を最小限に抑えることが、大幅な省電力につながります。さらに、デバイスのポーリングが不要になることで、マスターの処理リソースに余裕ができ、全体的なシステム性能が向上します。

このICとの標準的な通信シーケンスは、以下の通りです。

1) マスターがレジスタ0x03および0x04からルクス読み値を読み取ります。

- 2) 現在のルクス読み値を中心とするユーザー設定ウィンドウが定義されるように、マスターがレジスタ0x05および0x06にルクス上限スレッショルドおよびルクス下限スレッショルドを設定します。
- 3) マスターがレジスタ0x07に適切なスレッショルドタイマーデータを設定します。
- 4) INT端子がローになることでアラートが発生するまで、マスターは他の作業を行います。マスターは、大部分の時間をここで消費します。
- 5) INT端子がローになることでアラートが発生した時点で、マスターはInterrupt Statusレジスタ(0x00)の読み取りを行って、割込みソースがこのICだったことを確認します。マスターは適切な処理を行います。
- 6) ステップ1から繰り返します。

業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

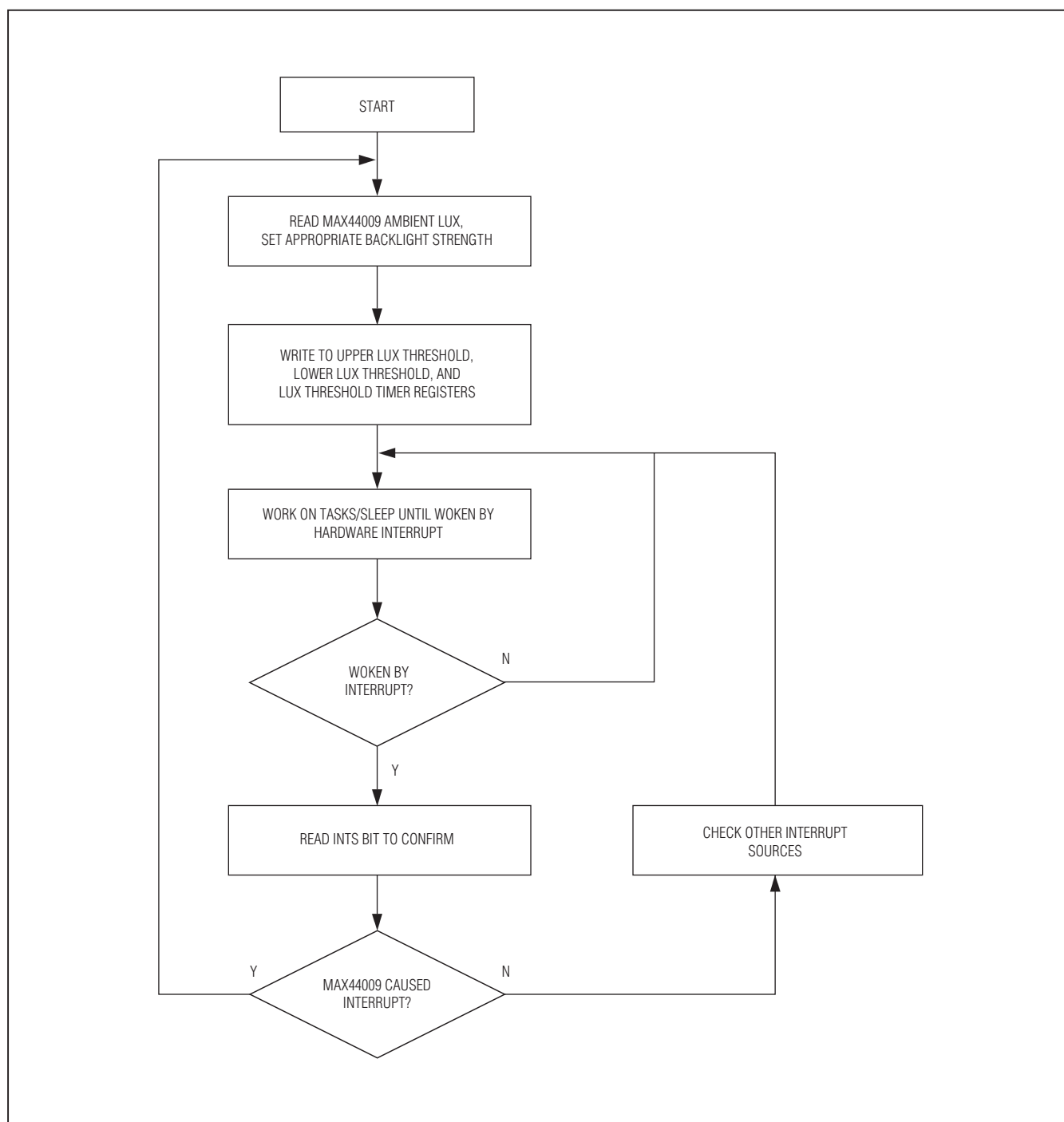


図2. 標準動作シーケンス

業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

I²Cシリアルインタフェース

このIC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)で構成されるI²C/SMBus™対応の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、このICとマスターの間で最高400kHzのクロック速度の通信を容易に行うことができます。図3に、2線式インタフェースのタイミング図を示します。マスターがSCLを生成してバス上のデータ転送を開始します。マスターデバイスは、適切なスレーブアドレスの後に続けてレジスタアドレスを送信して、さらにデータワードを送信することによって、このICへのデータ書込みを行います。個々の送信シーケンスは、START (S)またはREPEATED START (Sr)条件およびSTOP (P)条件によって区切られます。このICに送信される個々のワードは8ビット長であり、その後にアクノリッジクロックパルスが続きます。マスターがこのICからデータを読み取る場合は、適切なスレーブアドレスの後に続けて9個のSCLパルスを送信します。ICは、マスターが生成するSCLパルスに同期してSDA上でデータを送信します。マスターはデータの各バイトについて受信のアクノリッジを行います。個々の読取りシーケンスは、STARTまたはREPEATED START条件、非アクノリッジ、およびSTOP条件で区切られます。SDAは、入力およびオープンドレイン出力の両方として動作します。SDAバスにはプルアップ抵抗(通常は500Ω以上)が必要です。SCLは、入力としてのみ動作します。バス上に複数のマスターが存在する場合、またはシングルマスターシステムでマスターのSCL出力がオープンドレインの場合は、SCLにプルアップ抵抗(通常は500Ω以上)が必要になります。必要に応じて、SDAおよびSCLと直列に抵抗を挿入することもできます。直列抵

抗によって、バスライン上の高電圧スパイクからICのデジタル入力が保護されるとともに、バス信号のクロストークとアンダーシュートが最小限に抑えられます。

ビット転送

各SCLサイクル内で1ビットのデータが転送されます。SDA上のデータは、SCLパルスがハイの期間にわたって安定している必要があります。SCLがハイの間にSDAが変化した場合は、制御信号になります(「STARTおよびSTOP条件」の項を参照)。I²Cバスがビジーでない場合、SDAおよびSCLはアイドル状態を示すハイになります。

STARTおよびSTOP条件

バスが使用されていない場合、SDAおよびSCLはアイドル状態を示すハイになります。マスターは、START条件を発行することによって通信を開始します。START条件とは、SCLがハイの状態ですDAがハイからローに遷移することです。STOP条件とは、SCLがハイの状態ですDAがローからハイに遷移することです(図4)。マスターからのSTART条件によって、ICに対して転送の開始が通知されます。マスターは、STOP条件を発行することによって転送を終了して、バスを解放します。STOP条件の代わりにREPEATED START条件が生成された場合、バスはアクティブのままになります。

早期STOP条件

このICはデータ転送中の任意の時点でSTOP条件を認識しますが、例外として、START条件と同じハイのパルス内でSTOP条件が発生した場合は認識しません。正常に動作させるためには、START条件と同じSCLのハイのパルス内でSTOP条件を送信しないでください。

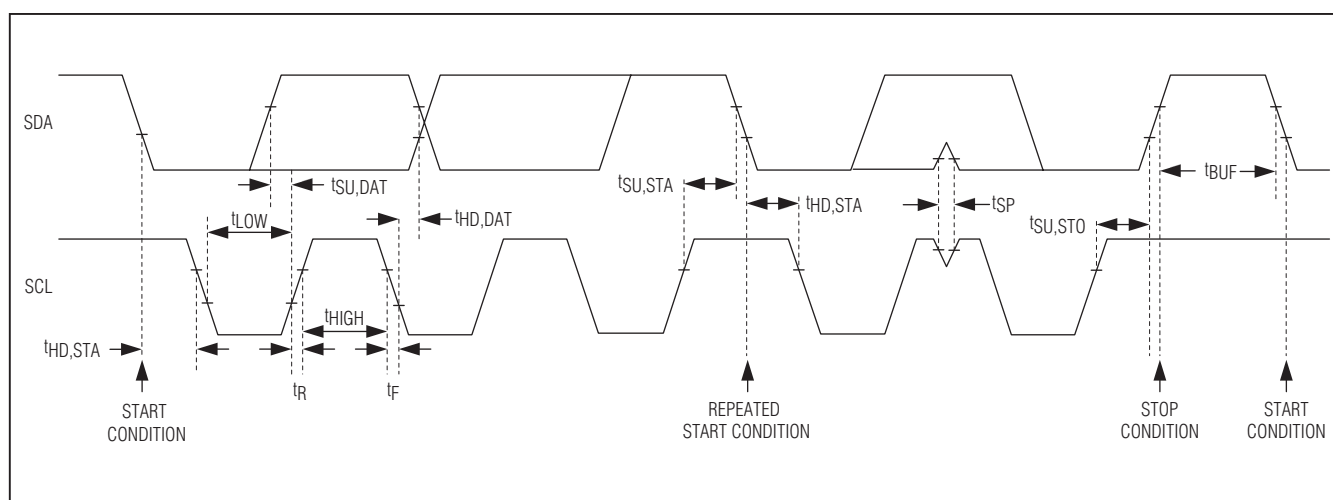


図3. 2線式インタフェースのタイミング図

SMBusはIntel Corp.の商標です。

業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

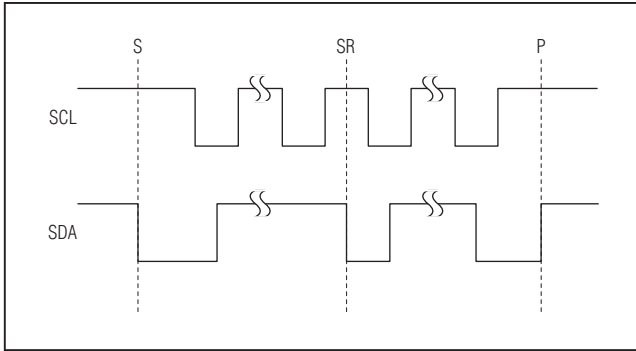


図4. START、STOP、およびREPEATED START条件

スレーブアドレス

スレーブアドレスは、A0端子によって制御されます。A0をグランドまたはV_{CC}のいずれかに接続してアドレスを設定してください。このICで選択可能な2つのアドレスを表10に示します。

アクノリッジ

アクノリッジビット(ACK)はクロックの9番目のビットであり、このICが書き込みモードの場合、データの各バイトの受信をハンドシェイクするために使用します(図5を参照)。直前のバイトの受信に成功した場合、このICはマスターが生成する9番目のクロックパルス全体にわたってSDAをプルダウンします。ACKを監視することによって、データ転送の失敗を検出することができます。データ転送の失敗は、受信側デバイスがビジーであるか、またはシステム障害の発生によって起こります。データ転送に失敗した場合、バスマスターは通信を再試行することができます。このICが読み取りモードの場合は、マスターが9番目のクロックサイクルの間SDAをプルダウンして、データの受信をアクノリッジします。個々のバイトの読み取り後に、マスターによってアクノリッジが送信され、データ転送の続行が可能になります。マスターがこのICからのデータの最後のバイトを読み取った場合には非アクノリッジが送信され、その後にSTOP条件が続きます。

データ書き込み形式

このICへの書き込みには、START条件、R/ $\bar{W}$ ビットに0をセットしたスレーブアドレス、内部レジスタアドレスポインタを設定するための1バイトのデータ、1バイト以上のデータ、およびSTOP条件の送信が含まれます。1バイトのデータをこのICに書き込むための適切なフレーム形式を図6に示します。

表10. スレーブアドレス

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

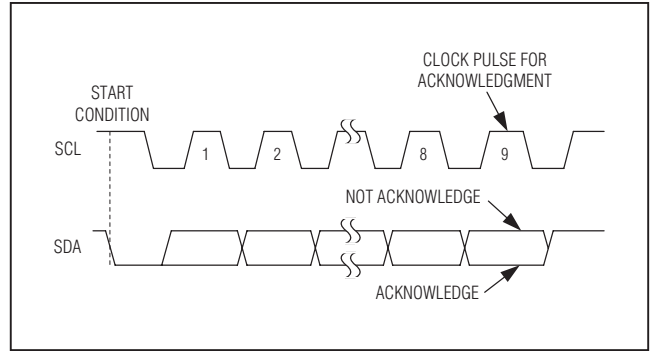


図5. アクノリッジ

スレーブアドレスのR/ $\bar{W}$ ビットに0がセットされている場合、マスターがこのICにデータを書き込もうとしていることを示します。このICは、マスターが生成する9番目のSCLパルスの間にアドレスバイトの受信をアクノリッジします。

マスターから送信される第2のバイトによって、ICの内部レジスタアドレスポインタが設定されます。このポインタは、次の1バイトのデータを書き込む位置をICに指示します。アドレスポインタデータを受信したICは、アクノリッジパルスを送信します。

このICに送信される第3のバイトに、選択されたレジスタに書き込むデータが格納されています。マスターはSTOP条件を発行することによって送信の終了を通知します。

データ読み取り形式

1バイトのデータを読み取るには、最初に書き込み操作を通してレジスタポインタを設定する必要があります(図7)。R/ $\bar{W}$ に0をセットしたスレーブアドレスの後に続けて、読み取りが必要なレジスタのアドレスを送信してください。REPEATED START条件の後に、R/ $\bar{W}$ ビットに1をセットしたスレーブアドレスを送信して、読み取り操作を開始します。その後、ICによってアクノリッジパルスが送信され、読み取り先のレジスタの内容がそれに続きます。送信データは、マスターが生成するシリアルクロック(SCL)の立上りエッジで有効になります。

読み取りの間にSTOP条件を挟まずに2つのレジスタを連続して読み取るためのフレーム形式を図8に示します。これは、Lux Dataレジスタ0x03および0x04を連続して読み取る場合にのみ該当します。

センサーの位置

このICの感光性領域は0.37mm x 0.37mmで、デバイス自体よりもはるかに小さな面積です。部品をライトガイドの後ろに配置する際に考慮する必要があるのは、この感光性領域のみです。図9に、パッケージ内の感光性領域の位置とサイズを示します。

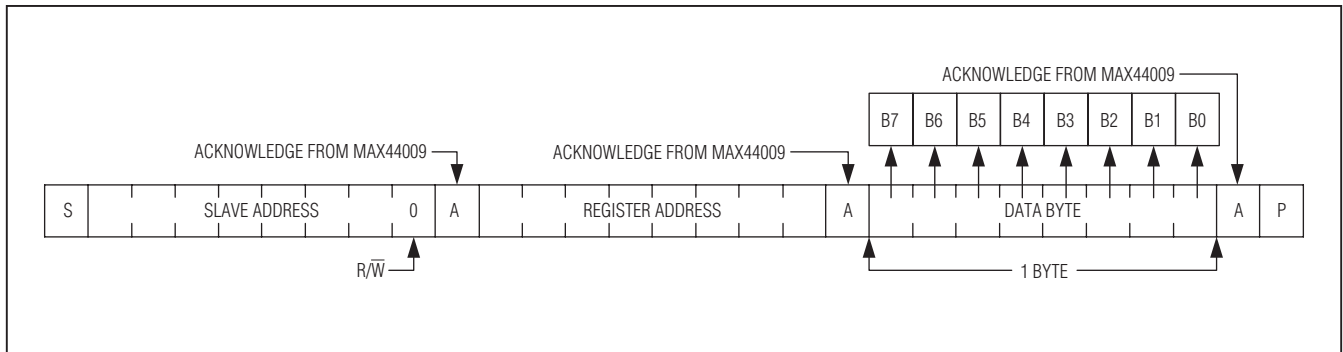


図6. ICへの1バイトのデータの書き込み

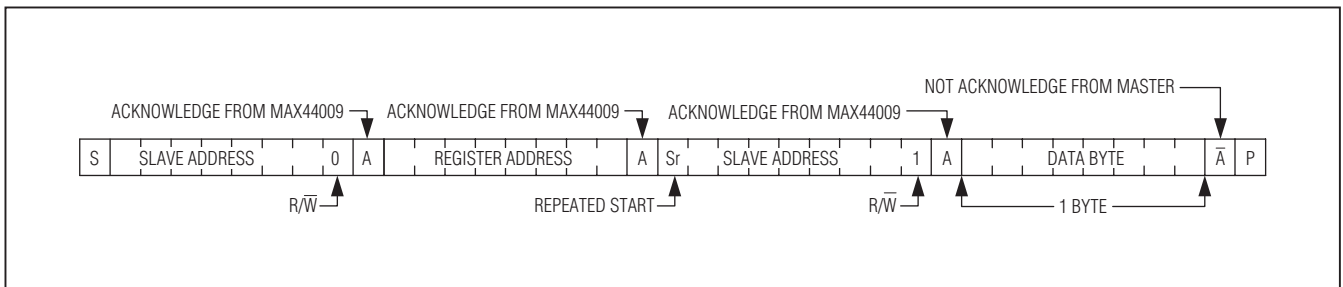


図7. ICからの1バイトのインデックス指定データの読取り

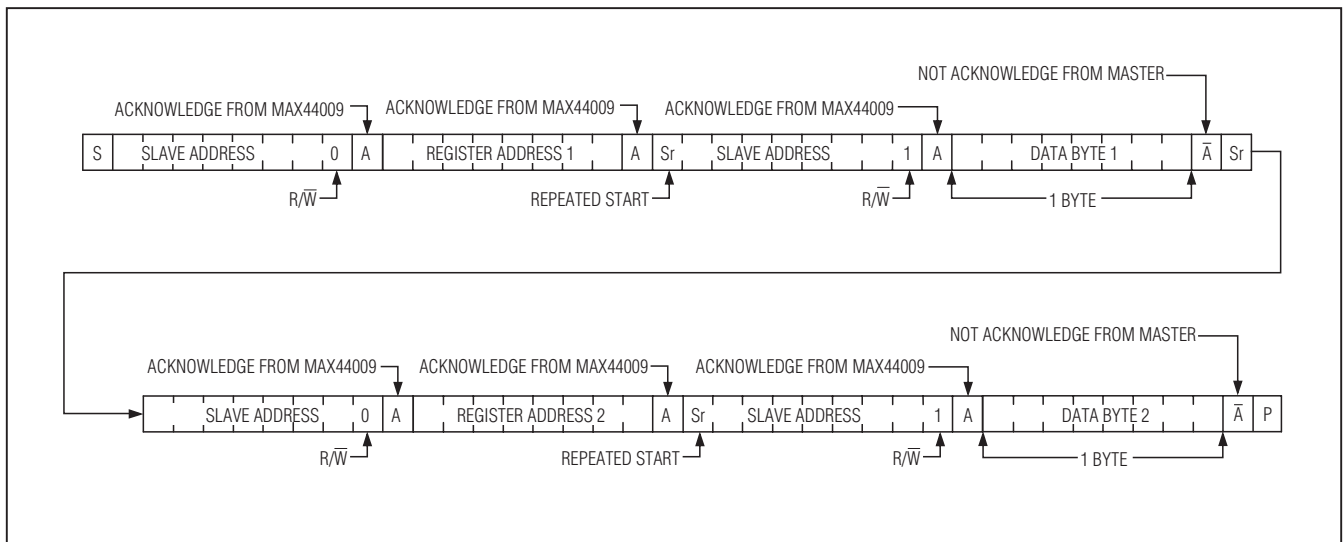


図8. 読取り間にSTOP条件を挟まない2つのレジスタの連続した読取り

業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

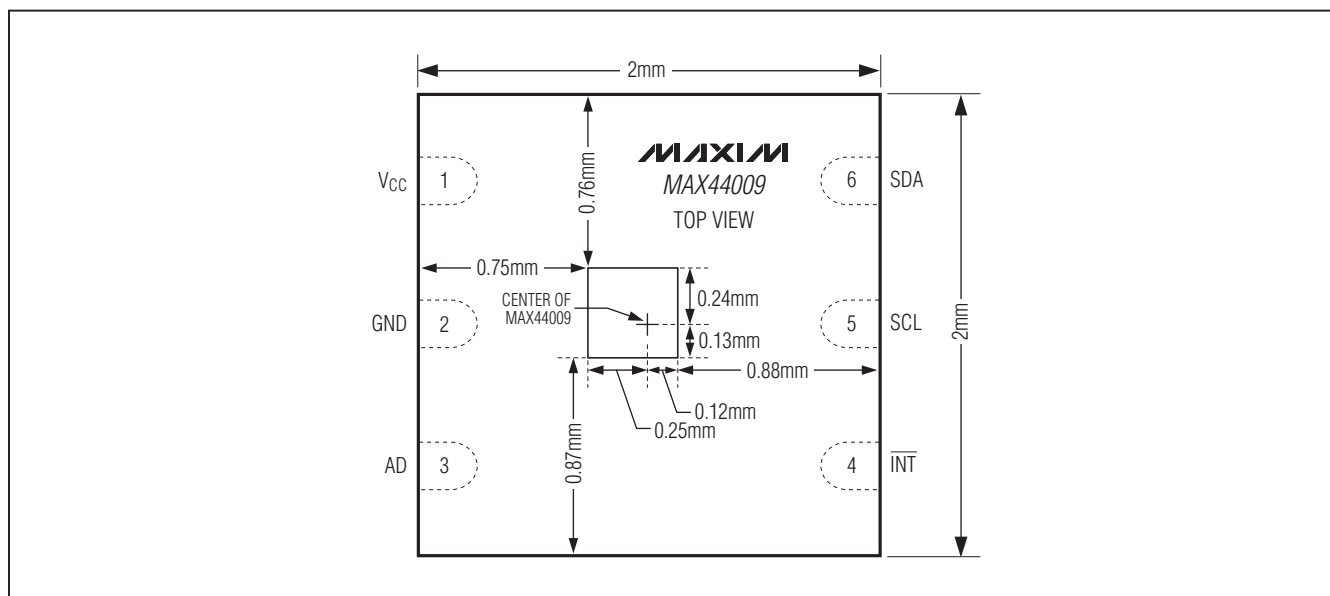
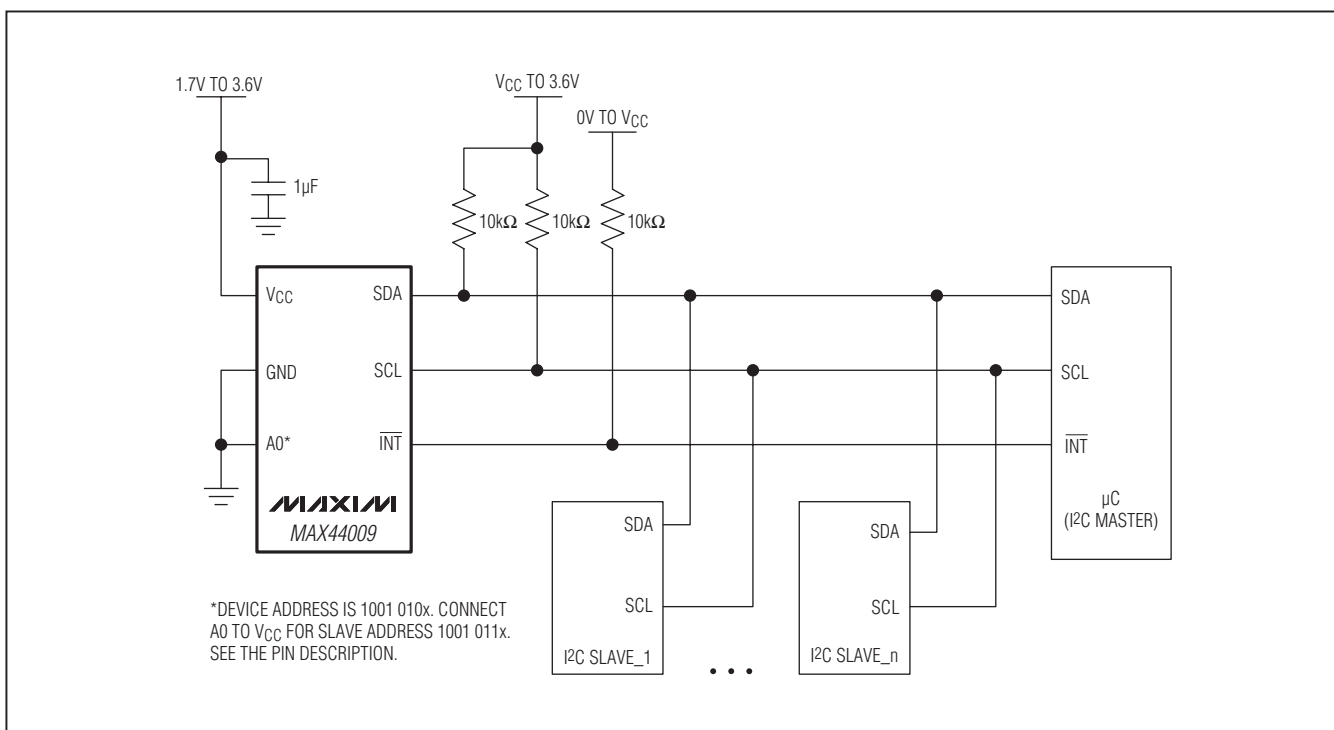


図9. センサーの位置

標準アプリケーション回路



チップ情報

PROCESS: BiCMOS

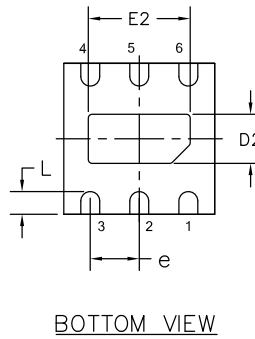
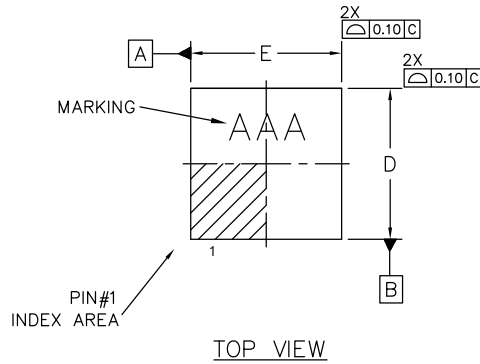
業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

MAX44009

パッケージ

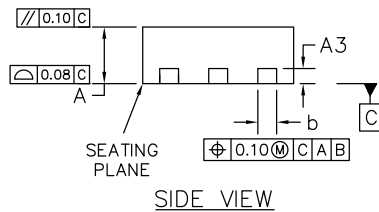
最新のパッケージ図面情報およびランドパターンはjapan.maxim-ic.com/packagesを参照してください。なお、パッケージコードに含まれる「+」、「#」、または「-」はRoHS対応状況を表したものでしかありません。パッケージ図面はパッケージそのものに関するものでRoHS対応状況とは関係がなく、図面によってパッケージコードが異なることがある点に注意してください。

パッケージタイプ	パッケージコード	外形図No.	ランドパターンNo.
6 UTDFN-Opto	D622+1	21-0490	90-0344



DIM.	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
PKGCODES: D622N+1; D622N+2			

DIM.	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—

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

業界最小電力、ADC内蔵、 環境光センサー

改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	1/11	初版	—

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

Maximは完全にMaxim製品に組込まれた回路以外の回路の使用について一切責任を負いかねます。回路特許ライセンスは明言されていません。Maximは随時予告なく回路及び仕様を変更する権利を留保します。

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

© 2011 Maxim Integrated Products

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