



業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

MAX9635

概要

環境光センサーのMAX9635は、スマートフォン、ノートブック、および産業用センサーなどの多数のポータブルアプリケーションに最適なI²Cデジタル出力を備えています。1μA以下の動作電流では、このデバイスは業界最低電力の環境光センサーで、0.045 lux～188,000 luxの超ワイドな22ビットダイナミックレンジを備えています。

低光動作によって、ダークガラスアプリケーションでの容易な動作が可能です。

内蔵の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およびUVブロッキング機能を備えています。適応型ゲインブロックは、正しいルクス(照度)範囲を自動的に選択し、ルクス当りのカウントを最適化します。

このICは、1.7V～3.6Vの電源電圧で動作するように設計され、フル動作時の消費電流はわずか0.65μAとなります。このICは、2mm x 2mm x 0.6mmの小型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：0.045 lux～188,000 lux
- ◆ 2mm x 2mm x 0.6mmの小型 UTDFN-Optoパッケージ
- ◆ V_{CC}：1.7V～3.6V
- ◆ I_{CC}動作電流：0.65μA
- ◆ 温度範囲：-40℃～+85℃

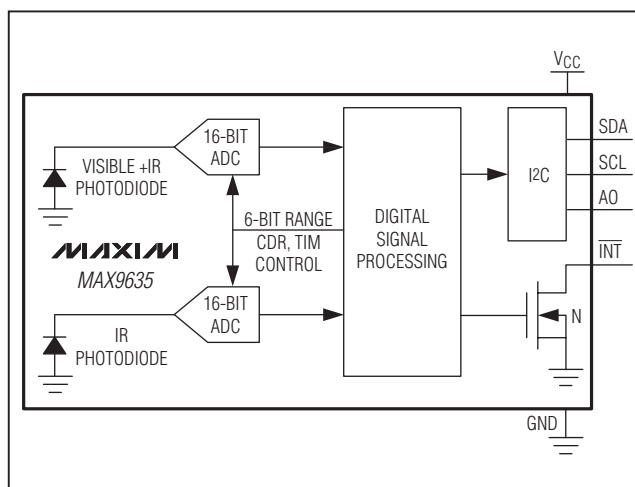
型番

PART	PIN-PACKAGE	TEMP RANGE
MAX9635EDT+	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 = エクスポーズドパッド

ブロック図



業界最低電力、 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 850nm	IRR	T _A = +25°C (Note 3)	0	0.5		%
Ultraviolet Transmittance at 363nm	UVR	T _A = +25°C (Note 3)	1.2	3		%
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, 100 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

業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

MAX9635

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = 1.8V, T_{MIN} to T_{MAX} = -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 T_A = +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.

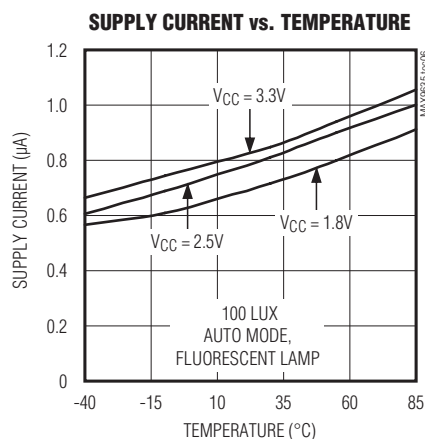
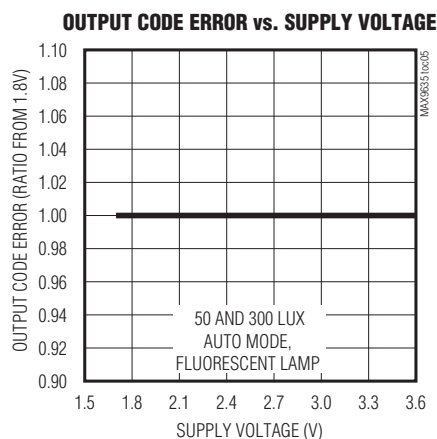
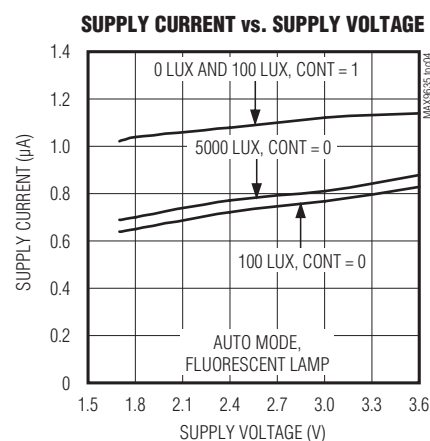
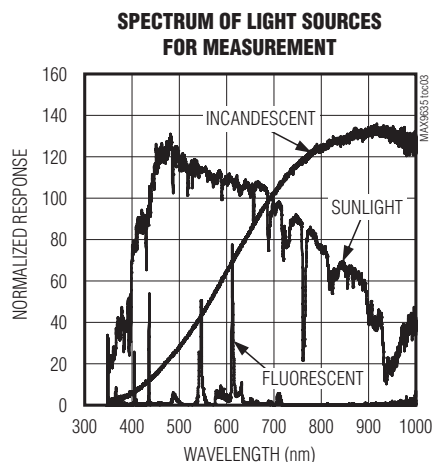
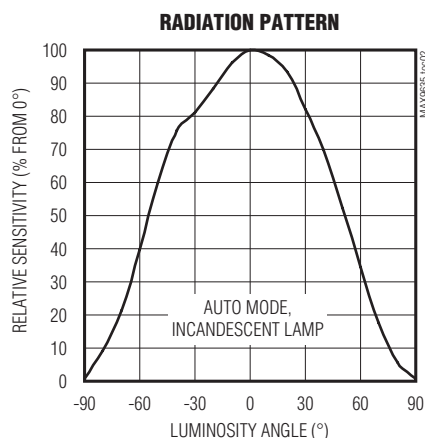
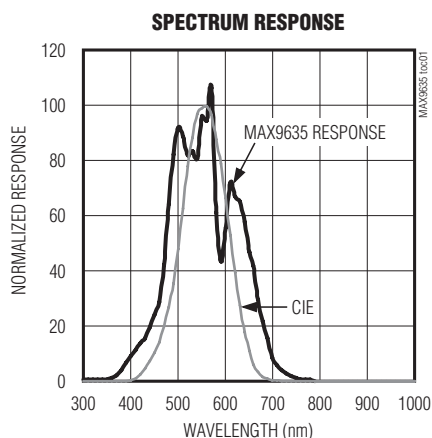
Note 3: With respect to green LED 538nm response.

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.

業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

標準動作特性

(VCC = 1.8V, default power upsetting; unless otherwise noted.)

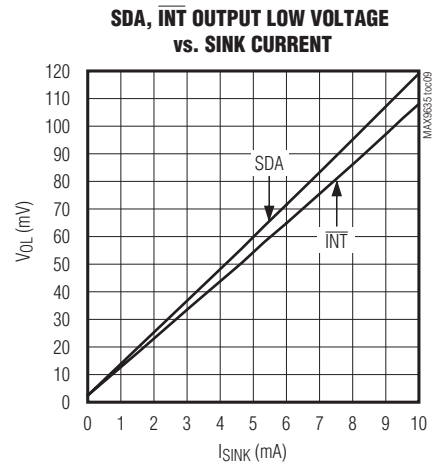
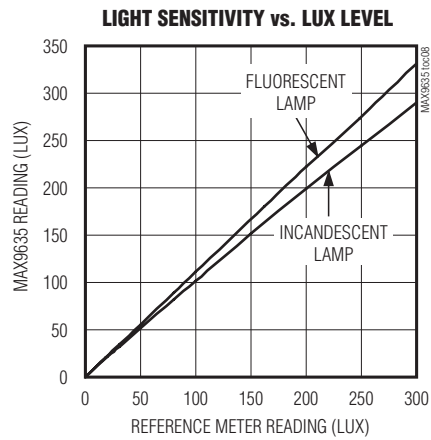
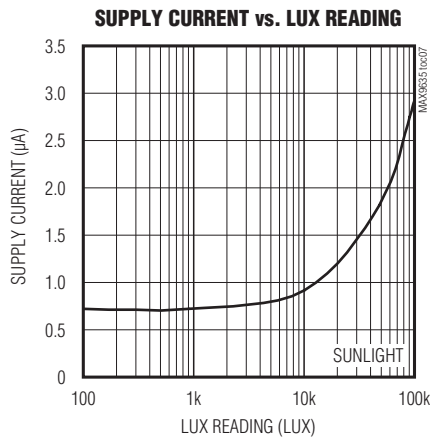


業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

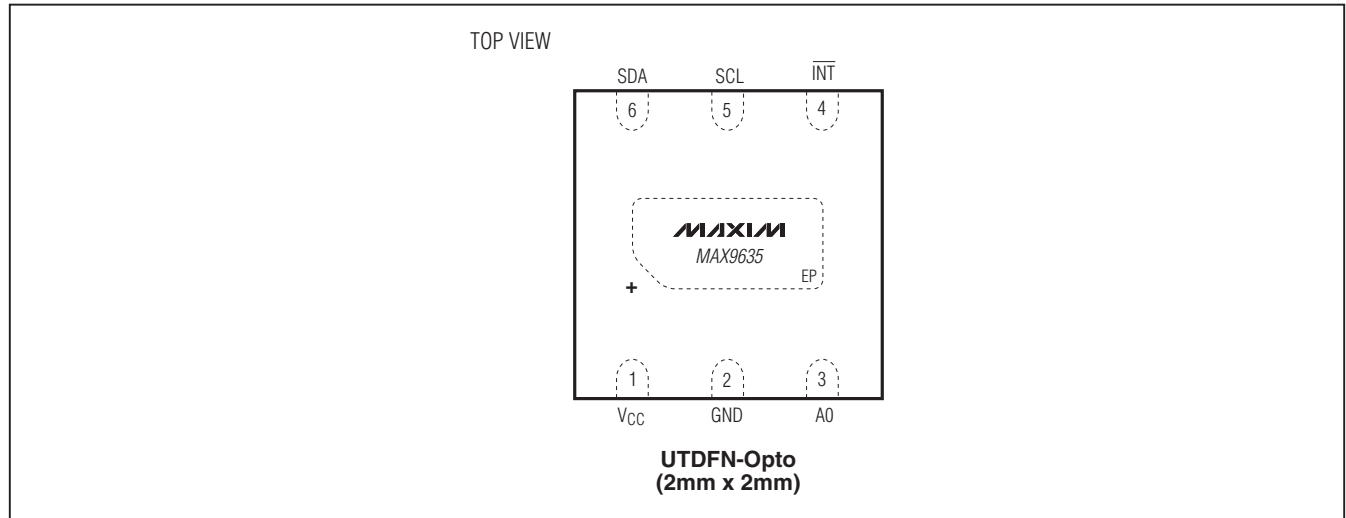
MAX9635

標準動作特性(続き)

(VCC = 1.8V, default power upsetting; unless otherwise noted.)



ピン配置



端子説明

端子	名称	機能
1	VCC	電源
2	GND	グラウンド
3	A0	アドレス選択。アドレス0x96を選択するにはハイにプルし、アドレス0x94を選択するにはローにプルします。
4	$\overline{\text{INT}}$	割込み出力。外付けのプルアップ抵抗を使用します。
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をグラウンドに接続します。

業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

詳細

MAX9635は、フォトダイオードとADC内蔵の環境光センサーで、 I^2C デジタルインタフェースを備えています。環境光を測定するために、ダイは光透過性(UTDFN-Opto)パッケージ内に封入されています。IC内部のフォトダイオードによって、光は電流に変換され、その後、低電力回路によってデジタルビットストリームに処理されます。これは、デジタル的に処理され、 I^2C インタフェースによって読み取られる出力レジスタに格納されます。内蔵のプログラム可能な割込み機能によって、データのための連続的なデバイスへのポーリングが不要になるため、大幅な省電力となります。

パッケージレベルの光フィルタは、紫外線と赤外線がフォトダイオードに達するのを防止します。その光応答は、人間の目のスペクトル応答にも整合するように設計されています。2番目のフォトダイオードアレイは、主として赤外線スペクトルに応答し、部品からの蛍光と白熱光応答を整合するために使用されます。

このICのアナログ設計の2つの主な機能は、その超低電流消費(標準で $0.65\mu A$)と、 $0.045 \text{ lux} \sim 188,000 \text{ lux}$ ($4,000,000 \sim 1$ 以上の範囲)の超ワイドな照度のダイナミックレンジです。内蔵のオートレンジ方式によって、ゲイン範囲設定にはユーザーの介入が不要です。

このICは、ダークガラスの背後で動作する必要があるアプリケーションにおいて高感度で動作するようにカスタマイズすることができます。

ADCのデフォルト積分時間は 100ms で、特定のライン駆動光源において一般的な 50Hz と 60Hz リップルに対してその固有の除去を提供します。

人間の目のCIE曲線と各種光源

このICは、人間の目の働きと同じように明るさを検出するように設計されています。これを実現するには、センサーは人間の目と同じようなスペクトル感度を備えている必要があります。図1は、このICと人間の目のスペクトル感度(CIE曲線)を示しています。

見てわかるように、人間の目のピーク感度は 555nm (緑)ですが、青($\sim 470\text{nm}$)、赤($\sim 630\text{nm}$)はずっと低くなります。人間の目には、赤外線(700nm 以上)と紫外線(400nm 以下)の放射が見えません。

各光源は、同じ可視光の明るさ(ルクス)を備えていても、さまざまなIR放射含有量を備えている可能性があります(人間の目には見えないため)。この赤外線放射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、光スペクトルの差異は明るさの測定に影響します。たとえば、白熱電球または日光などのIR含有量が高い光源は、人間の目が感知する明るさよりもずっと明るい環境であることを示唆しています。蛍光やLEDベースシステムなどのその他の光源は、赤外線の含有量が非常にわずかです。このICは、優れたIR除去と内部IR補償方式を示しており、これらの影響を最小限に抑え、正確なルクス応答を提供します。

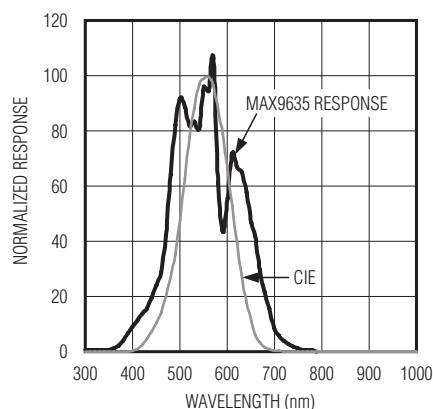


図1. MAX9635と人間の目のスペクトル感度

業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

MAX9635

レジスタとビットの説明

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ビットが1に設定された場合、INTSステータスビットは、光強度がThreshold Timerレジスタ(0x07)で定義された期間よりも長く、上限または下限スレッショルド(それぞれレジスタ0x05と0x06で指定)を超えるとアサートされます。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 $\overline{\text{INT}}$ ピン上も反映されます。INTSビットが設定された場合、 $\overline{\text{INT}}$ ピンはローにアサートされます。INTSビットが0に設定された場合、 $\overline{\text{INT}}$ ピンは外付け抵抗によってハイにプルされます。

設定された後、このビットは、Interrupt Statusレジスタ0x00を読み取るかInterrupt Enableレジスタ0x01に0を書き込むことによって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

業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

割込みイベントは、INTEビットが1に設定されている場合にのみ、INTSビット(レジスタ0x00、ビット0)および $\overline{\text{INT}}$ ピンを設定します。INTEビットが設定(割込みがイネーブル)されて、割込み状態がトリガされた場合、 $\overline{\text{INT}}$ ピンはローにプル(アサート)され、Interrupt StatusレジスタのINTSビットは1に設定されます。表3を参照してください。

表3. Interrupt Enableレジスタ

BIT 0	OPERATION
0	The $\overline{\text{INT}}$ 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).

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

Continuous Mode

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：Continuous Modeは、Manual Configuration Mode設定から独立しています。

Manual Configuration Mode

オートモード(MANUAL = 0)では、TIM[2:0]およびCDRビットの内容を読み取ると、内部タイミングレジスタから自動生成された値が反映され、読取り専用となります。マニュアルモード(MANUAL = 1)では、TIM[2:0]およびCDRビットの内容はユーザーによってI²Cバスを通じて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 and 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.

Current Division Ratio (CDR)

CDRビットは電流分流比を制御します。フォトダイオード電流は表6のように分割されます。

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.

業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

MAX9635

Integration Timerビット(TIM[2:0])

TIM[2:0]ビットは、信号積分時間をプログラムするために使用することができます。

オートモード(MANUAL = 0)では、積分時間は内部アルゴリズムによって100ms/200ms/400ms/800msのいずれかを自動的に選択されます。マニュアルモード(MANUAL = 1)では、積分時間はユーザーによって6.25ms~800msの幅広い範囲が可能です。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内のビットは、4ビットの指数E3:E0、および仮数バイトの最上位4ビットM7:M4を提供し、環境光のルクス読取りを表します。仮数バイトの残り4ビットM3:M0は、Lux Low-Byteレジスタ0x04にあり、ICからのルクス読取りの分解能を向上させます。

指数(E[3:0])：ルクス読取りの指数ビット(0000~1110)。注：1111の読取りはオーバーレンジ状態を表します。

仮数(M[7:4])：ルクス読取りの仮数バイトの最上位4ビット(0000~1111)。

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

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

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

0000 0001の符号は0.72 luxに解釈されます。

1110 1111の符号は176,947 luxに解釈されます。

1110 1110の符号は165,151 luxに解釈されます。

I²C読取り動作時、このレジスタの内容の更新は、ADCレジスタとI²Cレジスタ間で適切なデータ転送を確保するために、内部でディセーブルされます。I²Cレジスタの更新は、マスターがSTOPコマンドを送出したときに再開されます。

ユーザーがLux High-Byteレジスタ0x03とLux Low-Byteレジスタ0x04の両方を読み取りたい場合、マスターは2つのレジスタの読取りの間にSTOPコマンドを送出することはできません。代わりに、REPEATED STARTコマンドが使用される必要があります。これによって、(読取り処理時に内部更新をディセーブルすることによって)正確なデータをI²Cレジスタから取得することが確保されます。

業界最低電力、 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内のビットは、環境光のルクス読み取りを表す仮数バイトの最下位4ビットを提供します。Lux High-Byteレジスタ0x03との組合せで、これは、このICのルクス測定の分解能とダイナミックレンジを拡大します。

E3～E0：ルクス読取りの指数ビット

M7～M0：ルクス読取りの仮数バイト

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

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

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

レジスタ0x03および0x04の内容の組合せ：

0000 0000 0001の符号は0.045 luxに解釈されます。

0000 0001 0000の符号は0.72 luxに解釈されます。

0001 0001 0001の符号は0.765 luxに解釈されます。

1110 1111 1111の符号は188,006 luxに解釈されます。

1110 1111 1110の符号は187,269 luxに解釈されます。

Lux High-Byte 0x03およびLux Low-Byte 0x04レジスタの更新は、マスターからの有効アドレス送信の開始時に内部でディセーブルされます。次の有効なSTOP条件で更新が再開されます。これによって、レジスタ0x03と0x04の読取りの間で更新が発生した場合に、間違った読取りが防止されます。

I²C読取り動作時、このレジスタの内容の更新は、ADCレジスタとI²Cレジスタ間で適切なデータ転送を確保するために、内部でディセーブルされます。I²Cレジスタの更新は、マスターがSTOPコマンドを送出したときに再開されます。

ユーザーがLux High-Byteレジスタ0x03とLux Low-Byteレジスタ0x04の両方を読み取りたい場合、マスターは2つのレジスタの各読取りの間にSTOPコマンドを送出することはできません。代わりに、REPEATED STARTコマンドが使用される必要があります。これによって、(読取り処理時に内部更新をディセーブルすることによって)正確なデータをI²Cレジスタから取得することが確保されます。

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レジスタの指数、および仮数の最上位4ビットは、割込み機能の上限トリップレベルを設定します。この上限は、Interrupt Enableレジスタ内のINTEビットが設定されている場合にのみ関与します。ルクスレベルがThreshold Timerレジスタに指定された時間よりも長くこの光レベルを超えた場合、Interrupt StatusレジスタのINTSビットが設定され、INTピンがローにプルされます。

仮数(UM[7:4])：仮数上限スレッショルドの最上位4ビット

指数(UE[3:0])：指数ビット上限スレッショルド

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

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

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

業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

MAX9635

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レジスタの指数、および仮数の最上位4ビットは、割込み機能の下限トリップレベルを設定します。この下限は、Interrupt EnableレジスタのINTEビットが設定された場合にのみ関与します。ルクスレベルがThreshold Timerレジスタに指定された時間よりも長く、この光レベルより低下した場合、Interrupt StatusレジスタのINTSビットが設定され、INTピンがローにプルされます。

仮数(LM[7:4])：仮数下限スレッショルドの最上位4ビット

指数(LE[3:0])：指数ビット下限スレッショルド

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

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

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

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で環境光レベルがThreshold Timerレジスタに指定された時間よりも長く、いずれかのスレッショルド制限を超えた場合、INTSビットが1に設定され、INTピンがローにプルされます。

このレジスタの値は、この遅延の制御に使用される時間を設定します。このレジスタの値が0x00 (かつInterrupt EnableレジスタのINTEビットが1)の場合、このICは、光レベルがいずれかのスレッショルドを超えると直ちに割込みピンをアサートするように設定されます。

時間遅延 = $(128 \times \text{T7} + 64 \times \text{T6} + 32 \times \text{T5} + 16 \times \text{T4} + 8 \times \text{T3} + 4 \times \text{T2} + 2 \times \text{T1} + \text{T0}) \times 100\text{ms}$

アプリケーション情報

オートおよびマニュアルモード

オートモード構成(デフォルト設定)では、CDRおよびTIMビットは内部で生成されます。オートレンジ回路は、感度の変更に2つの異なる方法を使用します。光強度が700 luxを超える場合、電流分流器がフォトダイオードの電流を8の係数で低減します。デフォルトは、前の例のように、1の分割です。すなわち、電流はFコンバータに直接入ります。光強度が低減すると、オートレンジ回路は積分時間を100msから200ms/400ms/800msまで増加させます。電流分流器とさまざまな積分時間を組み合わせることによって、A/Dは、公称16ビット範囲よりも8倍の高い範囲および1/8の低い範囲が得られます。これによって、22ビット、または4,000,000~1強のダイナミックレンジが得られます。

マニュアルモードでは、ユーザーは、4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します。マニュアル構成モード(0x02、ビット6)のレジスタの説明を参照してください。

ルクス読取りのデータ形式

このICは、ユーザーフレンドリなデジタル出力形式を備えています。これは、4ビットの指数とその後続く8ビットの仮数で構成されます。その最高感度モードでは、1カウントは0.045 lux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、最大範囲 $255 \times 2^{14} = 4,177,920$ が得られます。LSB当り0.045 luxの場合、最大ルクス読取りは188,000 luxとなります。これ(つまり、指数 = 15)を超える読取りは、オーバーロードとみなされます。デュアルダイオード環境光センサーの場合のような変換式は不要です。

このICの出力(レジスタ0x03および0x04)には、ルクス単位(lux)で示した環境光を表す12ビットの結果が含まれます。

ルクスの計算方法は次のようになります。

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

指数は、0000~1110 (ゼロ~14)の範囲の4ビット数値です。

仮数は、0000 0000~1111 1111 (ゼロ~255)の範囲の8ビット数値です。

業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

カウントは、LSBである0.045倍されます。

このICに実装されたオートレンジ回路の対数特性のため、環境ルクス読取りの分解能は、絶対測定に対応してスケールリングされます。表8は、このICから得られるルクス分解能とルクス範囲を示しています。

割込み設定

割込みは、レジスタ0x01のビット0を1に設定することによってイネーブルされます(表1を参照)。オープンドレイン出力INTは、割込み状態(Timeレジスタに設定された期間よりも長く、スレッショルド制限を超えるルクス読取り)が発生すると、ローにプルします。割込みステータスビットは、レジスタ0x00が読み取られるか、割込みがディセーブルされた(INTE = 0)場合、自動的にクリアされます。

スレッショルドレジスタのデータ形式

このICの割込み回路は、上限および下限制限スレッショルドが、正しく解釈される特定の形式にある必要があります。レジスタ0x05および0x06からの上限および下限制限は、ルクス最上位バイト形式に整合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最上位4ビット(E3 E2 E1 E0 M7 M6 M5 M4)で構成されます。

この場合、次式があります。

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

指数は、0000~1110 (ゼロ~14)の範囲の4ビット数値です。

仮数は、0000 0000~1111 0000 (ゼロ~240)の範囲の8ビット数値です。

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

指数は、0000~1110 (ゼロ~14)の範囲の4ビット数値です。

仮数は、0000 1111~1111 1111 (15~255)の範囲の8ビット数値です。

オートレンジモード(MANUAL = 0)では、上限スレッショルドおよび下限スレッショルドバイトは、ルクス最上位バイトであるレジスタ0x03で使用される形式に整合する形式である必要があります。従うのは次の2つの規則のみです。

- 超低ルクスレベル(光レベルが11.5 lux以下)の場合、指数をゼロに設定します。符号は単純に0000 MMMMとなります。この場合、4つのゼロは指数で、MMMMは仮数の最上位4ビットです。
- その他のすべての状態(光レベルが11.5 lux以上)の場合、指数はゼロでなく、形式はEEEE 1MMMとなります。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。その他のビットは問題ありません。EEEEは、1110の最大値に制限されます。最大使用可能な設定は、1110 1111の符号です。

マニュアルモード(MANUAL = 1)では、表9は各TIM[2:0]およびCDRビット設定に使用可能な指数の範囲(E3 E2 E1 E0)を提供しています。

表8. オートモードにおけるLSB当りのルクス

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

業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

MAX9635

表9. Configurationレジスタ(0x02)およびThresholdレジスタ(0x05、0x06)の推奨マニュアルモード設定

APPLICATION CONDITIONS				RECOMMENDED SETTINGS FOR CONFIGURATION REGISTER (0x02)		RANGE OF EXPONENTS FOR UPPER AND LOWER THRESHOLD REGISTERS (0x05 AND 0x06)	
LUX LSB (MIN)	LUX (MAX)	LUX LSB (MAX)	INTEGRATION TIME (ms)	TIM[2:0]	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、このルクス(max)を超えると、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

エンドアプリケーションにおいてICが超低消費電力を利用するために、割込みピンが提供されており、システムによるデバイスへの連続的なポーリングが不要です。I²C上で送信される各クロックとデータビットが最大1mA (1.8V レイルに対して1.8kΩプルアップ抵抗を仮定)を消費することができるため、データバス上のI²Cトランザクションの数を最小限に抑えることによって、多くの電力を節約することができます。また、デバイスへのポーリングが不要になると、マスターが処理するリソースが解放され、システム全体の性能が向上します。

ICとの通信の標準シーケンスは次のようになります。

1) マスターは、レジスタ0x03および0x04からルクス読み取りを読み取ります。

- 2) マスターは、ユーザー設定のウィンドウが電流ルクス読み取りの周囲に定義されるように、レジスタ0x05および0x06内の上限ルクススレッショルドと下限ルクススレッショルドを設定します。
- 3) マスターは、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) マスターは、INTピンがローになってアラートされるまで、他のタスクを処理します。ここで、マスターはその多くの時間を消費します。
- 5) INTピンがローになってアラートされると、マスターはInterrupt Statusレジスタ0x00を読み取り、割込みのソースがICであったことを確認します。マスターは、適切なアクションを実行します。
- 6) 手順1から繰り返します。

業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

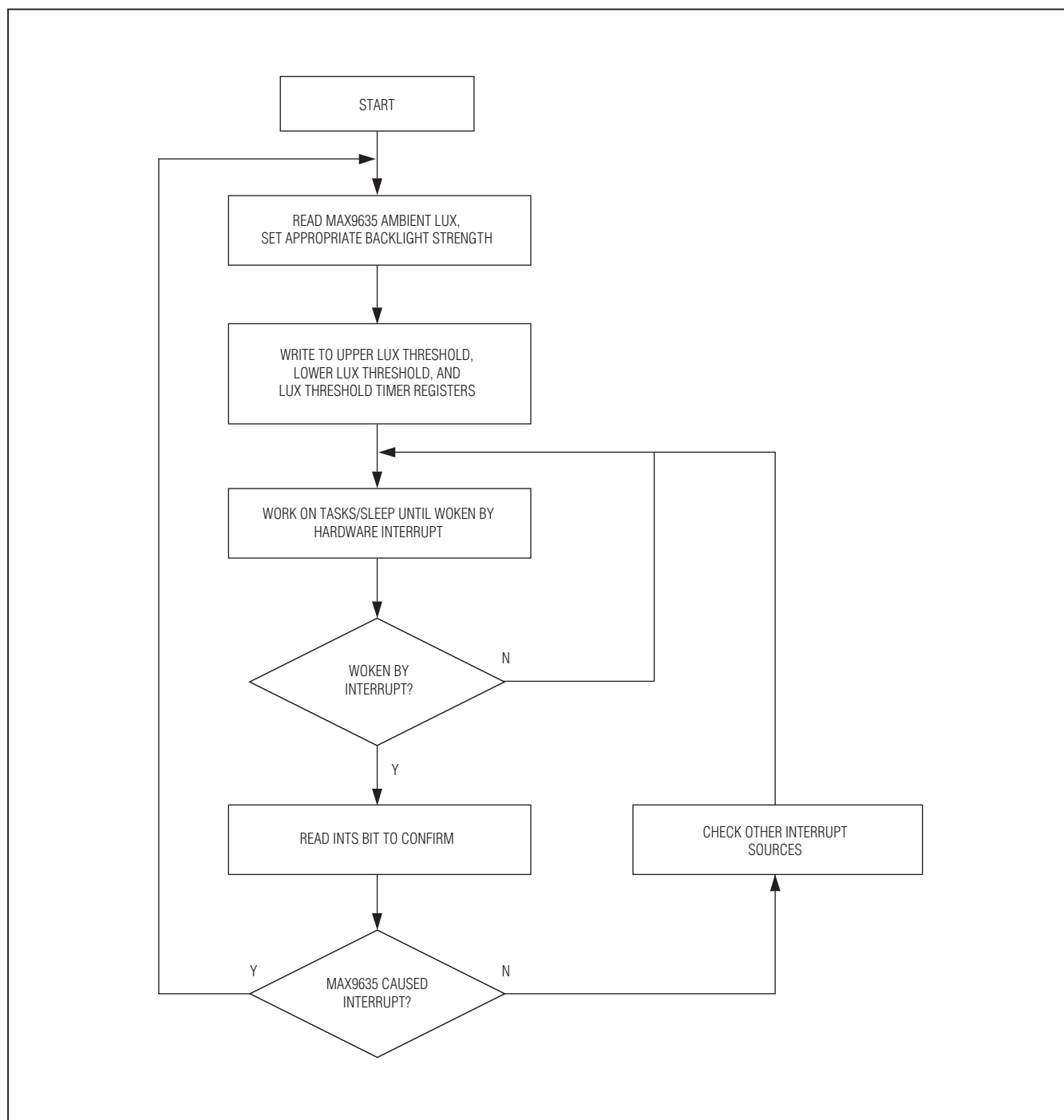


図2. 標準動作シーケンス

業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

MAX9635

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およびSCLは、最高400kHzのクロックレートにおいてICとマスター間の通信を容易化します。図3は、2線式インタフェースのタイミング図を示しています。マスターは、SCLを生成し、バス上のデータ転送を開始します。マスターデバイスは、適正なスレーブアドレス、レジスタアドレス、データワードの順でデータを送出することによって、ICにデータを書き込みます。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設定されます。ICに送信される各ワードは、8ビット長で、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ICからデータを読み取る場合、適正なスレーブアドレスとその後に一連の9つのSCLパルスを送出します。ICは、マスターによって生成されたSCLパルスと同期してSDA上にデータを送出します。マスターは、各データバイトの受取りをアクノリッジします。各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条件によってフレーム設定されます。SDAは、入力とオープンドレイン出力の両方として動作します。標準的には、500Ω以上のプルアップ抵抗がSDAバス上に必要となります。SCLは、入力のみとして動作します。バス上に複数のマスターが存在するか、シングルマスターシステムにおけるマスターがオープンドレインSCL出力を備えている場合は、標準的には500Ω以上のプルアップ抵抗がSCL上に必要となります。SDAおよびSCLにおける直列抵抗は、オプションです。直列抵抗は、バスライン上の高電

圧スパイクからこのICのデジタル入力を保護し、バス信号のクロストークやアンダシュートを最小限に抑えます。

ビット転送

各SCLサイクルの間に1データビットが転送されます。SDA上のデータは、SCLパルスがハイの期間、安定状態を維持する必要があります。SCLがハイのときのSDAの変化は、制御信号です([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とSCLはアイドルハイです。

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はアイドルハイです。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条件は、SCLがハイの間に、SDAをハイからローに遷移させます。STOP条件は、SCLがハイの間に、SDAをローからハイに遷移させることです(図4)。マスターからのSTART条件は、ICへの送信の開始を知らせます。マスターは、STOP条件を発行することによって、送信を終了させ、バスを解放します。STOP条件の代わりに、REPEATED START条件が生成される場合、バスはアクティブ状態を維持します。

早期STOP条件

このICは、データ送信中の任意の時点でSTOP条件を認識します。ただし例外は、STOP条件がSTART条件と同じハイパルスで発生する場合です。正しい動作を得るために、START条件と同じSCLハイパルスのときにSTOP条件を送信しないでください。

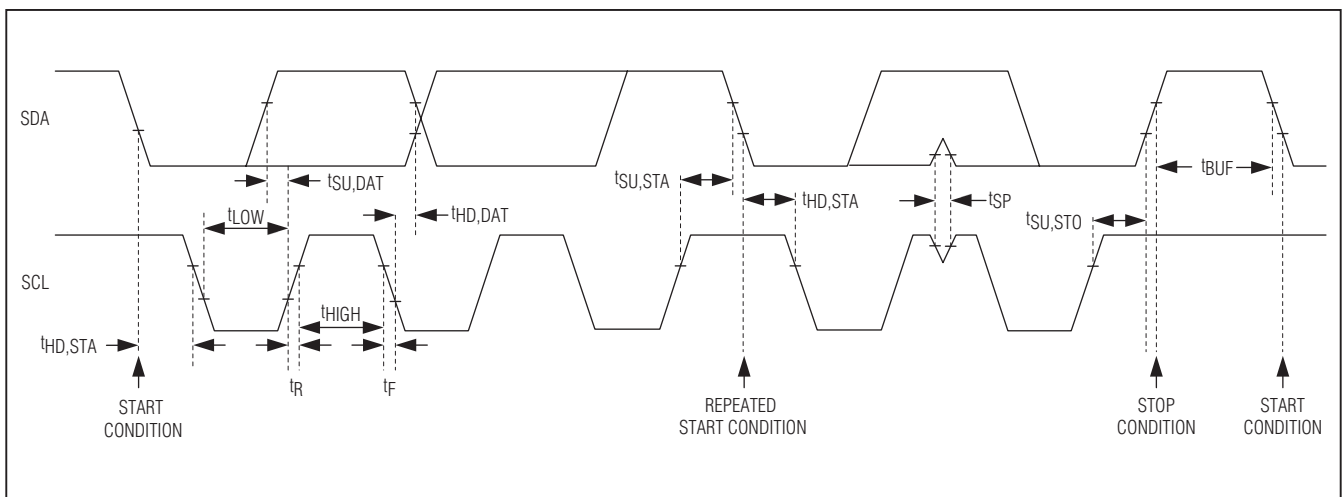


図3. 2線式シリアルインタフェースタイミング図

SMBusはIntel Corp.の商標です。

業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

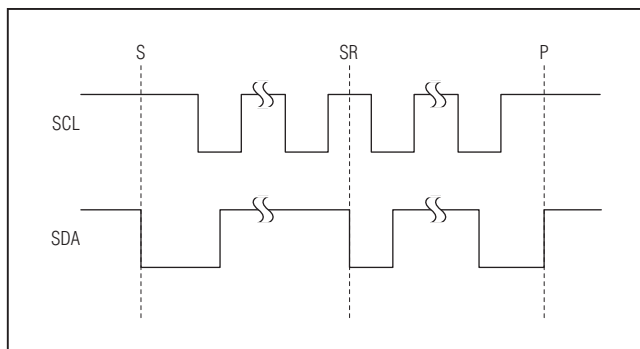


図4. START、STOP、およびREPEATED START条件

スレーブアドレス

スレーブアドレスは、A0ピンによって制御されます。アドレスを設定するには、A0をグランドまたはV_{CC}のいずれかに接続します。表10は、このIC用に可能な2つのスレーブアドレスを示しています。

アクノリッジ

アクノリッジビット(ACK)は、書込みモード時にこのICが各データバイトの受取りをハンドシェイクするために使用するクロックの9番目のビットです(図5参照)。このICは、前のバイトの受取りに成功した場合、マスターが生成する9番目のクロックパルス全体でSDAをプルダウンします。ACKを監視することによって、データ転送の不成功を検出することができます。受信デバイスがビジーか、またはシステムフォルトが発生した場合、不成功なデータ転送が発生します。不成功なデータ転送が発生した場合、バスマスターは通信を再試行することができます。マスターは、9番目のクロックサイクルの間に、SDAをプルダウンし、このICが読取りモードのときにデータの受取りをアクノリッジします。アクノリッジは、マスターによって各読取りバイトの後に送信され、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ると非アクノリッジが送信され、その後にSTOP条件が続きます。

書込みデータ形式

このICへの書込みは、START条件、R/Wビットが0に設定されたスレーブアドレス、1データバイト(内部レジスタアドレスポインタの設定用)、1バイト以上のデータ、およびSTOP条件の送信で構成されます。図6は、このICに1データバイトを書き込むための正しいフレーム形式を示しています。

表10. スレーブアドレス

A0	SLAVE ADDRESS FOR WRITING	SLAVE ADDRESS FOR READING
GND	0x94	0x95
V _{CC}	0x96	0x97

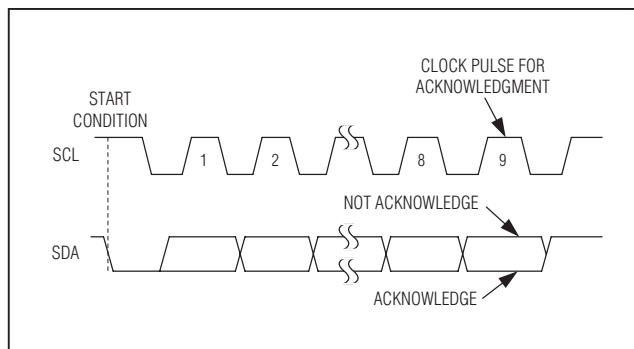


図5. アクノリッジ

R/Wビットが0に設定されたスレーブアドレスは、マスターがデータをこのICに書き込もうとしていることを示します。ICは、マスターによって生成された9番目のSCLパルスの間に、アドレスバイトの受取りをアクノリッジします。

マスターから送信される2番目のバイトは、このICの内部レジスタアドレスポインタを設定します。ポインタは、次のデータバイトを書き込む位置をICに知らせます。アドレスポインタデータを受信すると、アクノリッジパルスがICによって送信されます。

ICに送出される3番目のバイトは、選択されたレジスタに書き込まれるデータを含みます。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。

読取りデータ形式

1データバイトを読み取るために、レジスタポインタが最初に書込み動作を通じて設定される必要があります(図7)。R/Wが0に設定されたスレーブアドレスを送出し、その後、読取り先のレジスタのアドレスが続きます。REPEATED START条件の後、R/Wビットが1(読取り動作の開始)に設定されたスレーブアドレスを送出します。その後、ICは、アクノリッジパルスを送出し、その後、読取り先のレジスタの内容が続きます。送信されたデータは、マスターによって生成されたシリアルクロック(SCL)の立上りエッジで有効となります。

センサーの位置

このICの感光領域は0.37mm x 0.37mmで、デバイス自身よりはるかに小さい領域です。この部品をライトガイド(導光板)の背後に配置した場合、この感度領域のみを考慮すれば良くなります。図8は、パッケージ内の感光領域の位置とサイズを示しています。

チップ情報

PROCESS: BiCMOS

業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

MAX9635

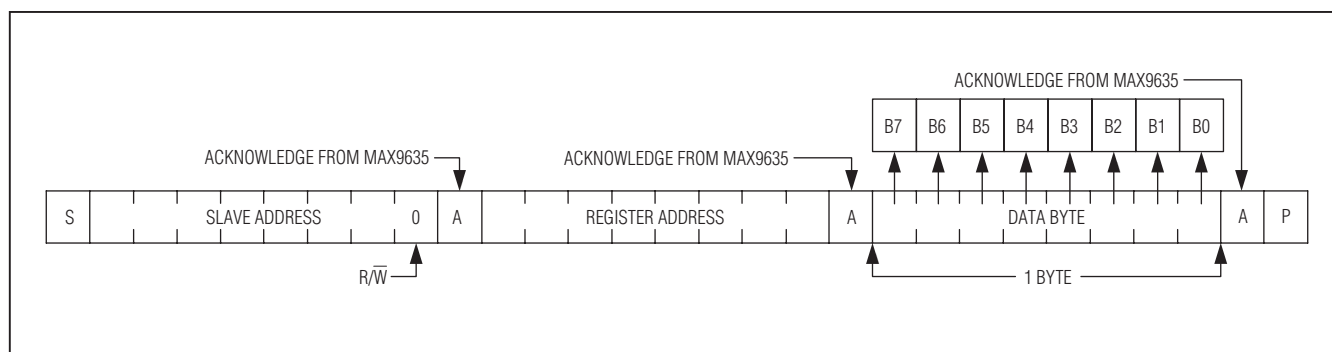


図6. ICへの1データバイト書込み

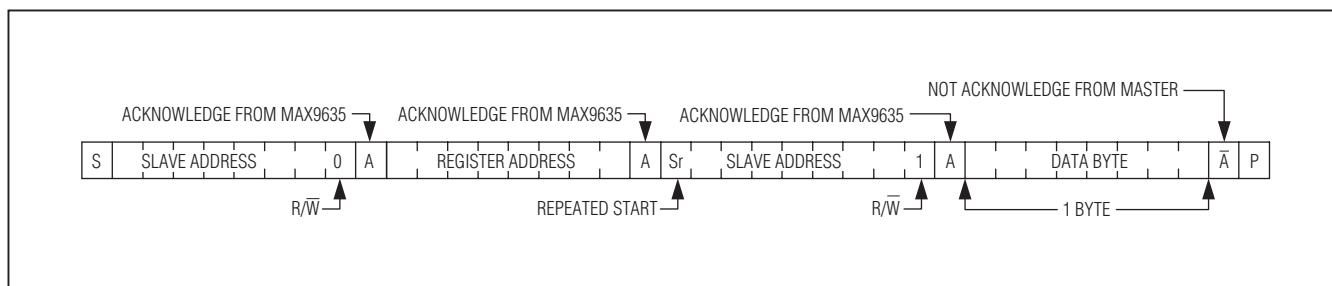


図7. ICからの1インデックスデータバイト読み取り

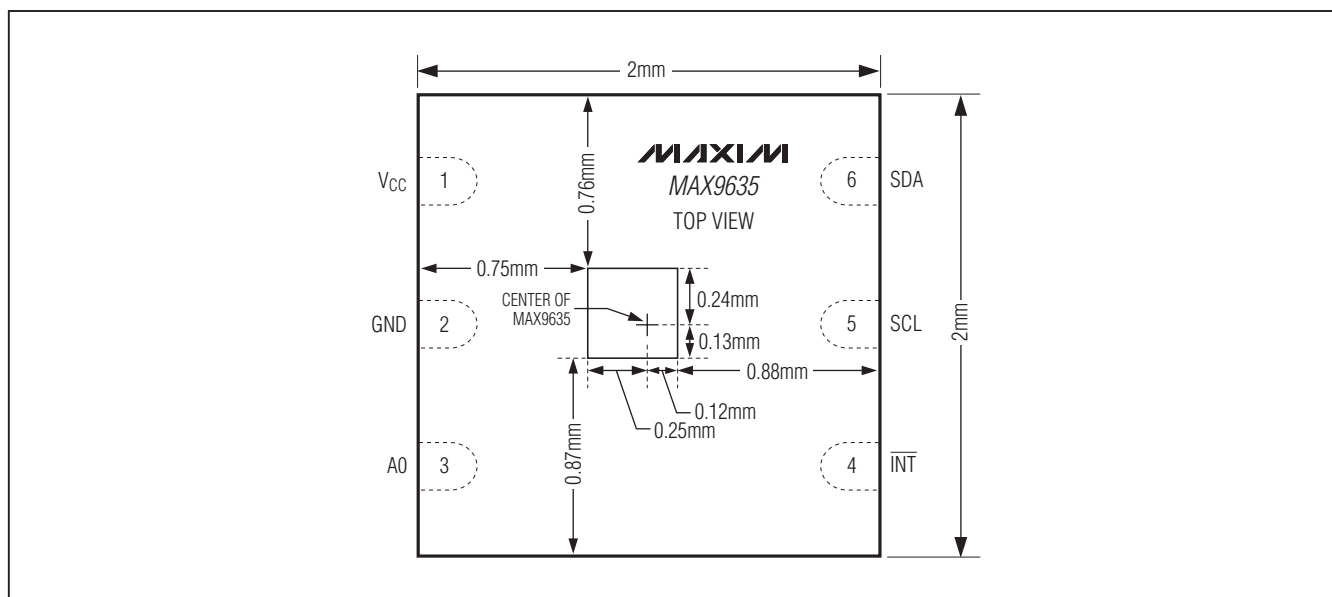
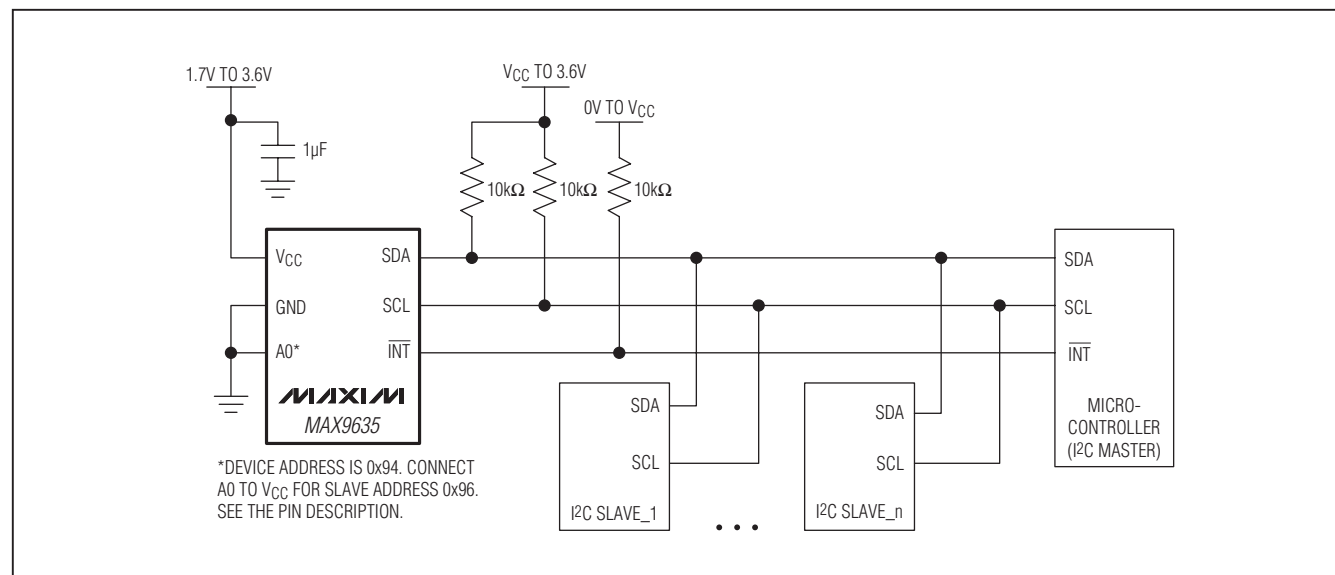


図8. センサーの位置

業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

標準アプリケーション回路



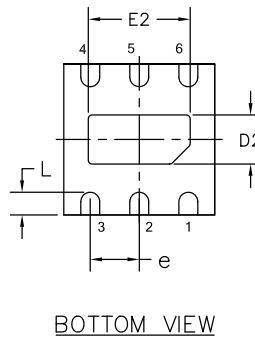
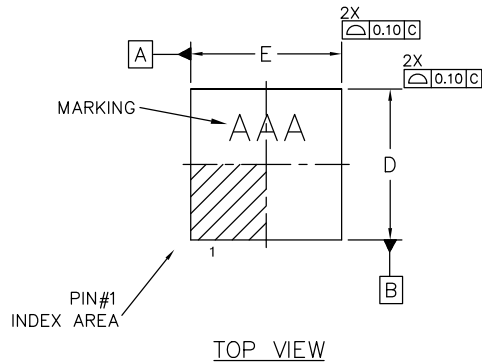
業界最低電力、 ADC内蔵環境光センサー

MAX9635

パッケージ

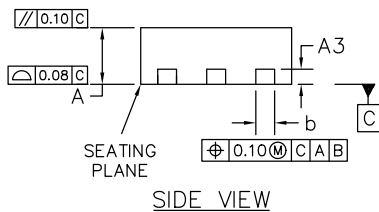
最新のパッケージ図面情報およびランドパターンはjapan.maxim-ic.com/packagesを参照してください。なお、パッケージコードに含まれる「+」、「#」、または「-」はRoHS対応状況を表したものでしかありません。パッケージ図面はパッケージそのものに関するものでRoHS対応状況とは関係がなく、図面によってパッケージコードが異なることがある点に注意してください。

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
PKGCODE: D622+1			

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 (+) PKGCODE ONLY.

—DRAWING NOT TO SCALE—

MAXIM			
TITLE: PACKAGE OUTLINE, 6L ULTRA TDFN, OPTO 2X2			
APPROVAL	DOCUMENT CONTROL NO. 21-0490	REV. A	1/1

業界最低電力、 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	8/10	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**

© 2010 Maxim Integrated Products

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