

THL3526

24 チャンネル 定電流／オープンドレイン出力 LED ドライバ

概要

THL3526 は定電流出力／オープンドレイン出力の切り替えが可能な 24 チャンネル LED ドライバ IC です。定電流出力は外付けの抵抗により、3 系統のグループごとに異なる電流値が設定可能です。発振器、PWM 回路内蔵しており、LED の輝度を各チャンネル個別に最大 256 階調で設定することができます。シリアルインターフェースは、3 線／2 線シリアルバス、I2C バス方式の何れかを設定端子で選択できます。また THL3526 を複数個使用する際は、内蔵されたシリアルインターフェースバッファ回路を使用したカスケード接続にすることで安定したシリアル通信が可能です。

アプリケーション

アミューズメント機器
LED バックライト
LED ディスプレイ
デジタルサイネージ
イルミネーション

特徴

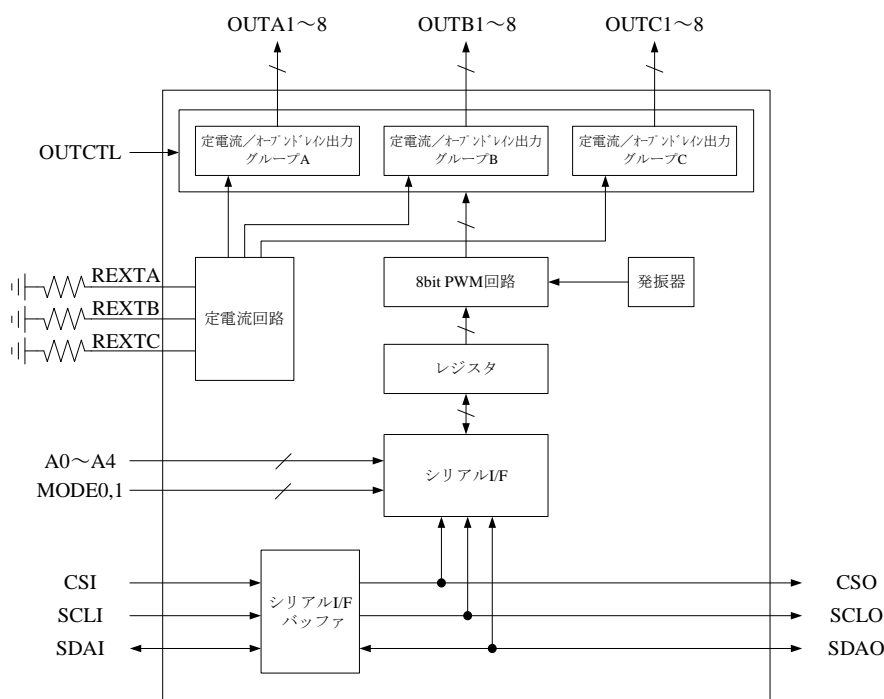
< LED ドライバ出力部 >

- ・ 24ch
- ・ 定電流／オープンドレイン出力切り替え設定
- ・ シンク電流最大 40mA/ch (定電流出力)
- ・ シンク電流最大 80mA/ch (オープンドレイン出力)
- ・ 耐圧 最大 40V
- ・ チャンネル別最大 256 階調輝度調整
- ・ チャンネル／グループ別 PWM 位相制御

< シリアルインターフェース部 >

- ・ 3 線／2 線シリアルバス、I2C バス入力
- ・ 3 線／2 線シリアルバス リピーター機能
- ・ デバイスアドレス指定 (最大 30 通り)
- ・ 全デバイス一括レジスタ書き込み
- ・ UVLO
- ・ サーマルシャットダウン
- ・ 電源電圧範囲 : 4.5 ~ 5.5V
- ・ パッケージ : QFN 48-pin Exposed Pad
- ・ RoHS 指令／REACH 規制 適合
- ・ HBM : ANSI/ESDA/JEDEC JS-001-2023 ±8KV
- ・ CDM : ANSI/ESDA/JEDEC JS-002-2022 ±1000V

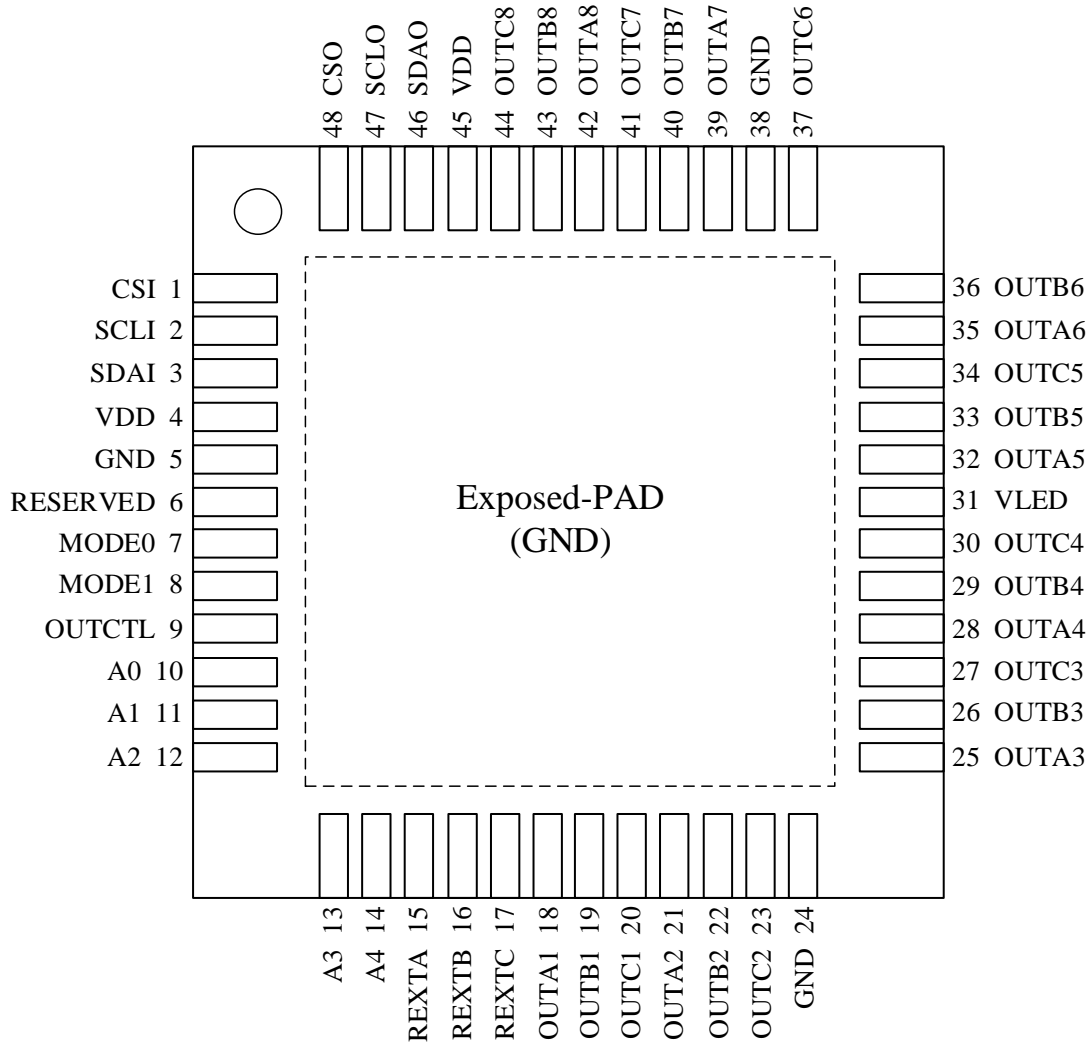
ブロック図



目次

1. 端子配置	3
2. 端子表	4
3. 絶対最大定格	5
4. 推奨動作条件	5
5. 電気的特性	5
6. タイミング条件	6
6.1. 3線/2線シリアルバス	6
6.2. I2Cバス	7
7. リセット・保護機能	8
7.1. パワー・オン・リセット	8
7.2. UVLO	8
7.3. サーマルシャットダウン	8
8. LEDドライバ出力	9
8.1. ドライバ出力方式	9
8.2. 定電流出力における電流値の設定	9
8.3. オープンドレイン出力における電流値の設定	9
8.4. 輝度調整	10
8.5. PWM出力パルス位相制御	11
8.6. ドライバ出力イネーブル	12
9. シリアル通信	13
9.1. レジスタアクセス	13
9.2. シリアル通信プロトコル	13
9.3. デバイスアドレス設定	14
9.4. 3線シリアルバス方式	15
9.5. 2線シリアルバス方式	16
9.6. I2Cバス方式	17
9.7. 3線/2線シリアルバスリピーター機能	18
9.8. レジスタマップ	19
10. ジャンクション温度の計算	20
11. 参考回路例	21
11.1. LED定電流駆動、2線シリアルバス・カスケード接続	21
11.2. LEDオープンドレイン駆動、3線シリアルバス・カスケード接続	22
12. 外形寸法図	23
13. 参考ランドパターン	24
14. 注意事項・免責事項	25

1. 端子配置 (TOP VIEW)



2. 端子表

端子名	分類	機能															
MODE0 MODE1	デジタル入力	シリアルインターフェース方式選択設定 <table border="1"> <thead> <tr> <th>MODE0</th> <th>MODE1</th> <th>インターフェース方式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Low</td> <td>Low</td> <td>2線シリアルバス</td> </tr> <tr> <td>High</td> <td>Low</td> <td>3線シリアルバス</td> </tr> <tr> <td>Low</td> <td>High</td> <td>I2Cバス</td> </tr> <tr> <td>High</td> <td>High</td> <td>禁止</td> </tr> </tbody> </table>	MODE0	MODE1	インターフェース方式	Low	Low	2線シリアルバス	High	Low	3線シリアルバス	Low	High	I2Cバス	High	High	禁止
MODE0	MODE1	インターフェース方式															
Low	Low	2線シリアルバス															
High	Low	3線シリアルバス															
Low	High	I2Cバス															
High	High	禁止															
CSI	デジタル入力	3線シリアルバス選択時：チップセレクト入力 2線シリアル/I2Cバス選択時：GNDに固定して下さい。															
SCLI	デジタル入力	シリアルクロック入力															
SDAI	デジタル入力	シリアルデータ入力															
CSO	デジタル出力	3線シリアルバス選択時：チップセレクト出力 2線シリアル/I2Cバス選択時：無効 (Hi-Z)															
SCLO	デジタル出力	2線/3線シリアルバス選択時：シリアルクロック出力 I2Cバス選択時：無効 (Hi-Z)															
SDAO	デジタル出力	2線/3線シリアルバス選択時：シリアルクロック出力 I2Cバス選択時：無効 (Hi-Z)															
OUTCTL	デジタル入力	LEDドライバ出力方式選択 High：定電流出力 Low：オープンドレイン出力															
OUTA1~8	LEDドライバ出力	グループ A LEDドライバ出力															
OUTB1~8	LEDドライバ出力	グループ B LEDドライバ出力															
OUTC1~8	LEDドライバ出力	グループ C LEDドライバ出力															
REXTA	アナログ出力	グループ A 定電流値設定用抵抗接続															
REXTB	アナログ出力	グループ B 定電流値設定用抵抗接続															
REXTC	アナログ出力	グループ C 定電流値設定用抵抗接続															
A0~A4	デジタル入力	デバイスアドレス設定															
RESERVED	-	基板上で GND に固定して下さい。															
VLED	-	LED電源ライン接続用端子															
VDD	-	内部回路用電源															
GND	-	グラウンド															
Exposed-PAD(GND)	-	グラウンド、放熱用															

3. 絶対最大定格

パラメータ	条件	最小	標準	最大	単位
電源電圧 (VDD)		-0.4	-	6.0	V
デジタル入力電圧		-0.5	-	6.0	V
LED ドライバ出力電圧		-	-	40	V
保存周囲温度		-55	-	150	°C
ジャンクション温度 (Tj)		-	-	150	°C

絶対最大定格値は、一瞬でも超えてはならない許容値を示すものです。

絶対最大定格を超えるストレスは、デバイスにダメージを与える危険性があります。これらの定格値をこえた場合は、デバイスの機能性を損ない、ダメージが生じ、信頼性に影響を及ぼす危険性があります。

4. 推奨動作条件

パラメータ	条件	最小	標準	最大	単位
電源電圧 (VDD)		4.5	-	5.5	V
LED ドライバ出力電圧 (Vout)		-	-	35	V
LED ドライバ出力電流 (Iout) *注	OUTCTL=H	4	-	40	mA/ch
	OUTCTL=L	-	-	80	mA/ch
動作周囲温度 (Ta)		-40	-	85	°C

*注：ご使用条件により電流波形にオーバーシュートが発生しますので、LED はパルス順方向電流の絶対最大定格値が100mA以上のものをご使用下さい。

5. 電気的特性 (特に記述がない限り、VDD=5V、Ta=25 °C)

パラメータ	条件	最小	標準	最大	単位
消費電流 (IDD)		-	35	47	mA
PWM 発振周波数(fOSC)		-	625	-	kHz
パワー・オン・リセット/UVLO 解除電圧		-	4.0	-	V
パワー・オン・リセット/UVLO 動作電圧		-	3.8	-	V
LED ドライバ出力電流 チャンネル間誤差	OUTCTL=H	-	-	±6	%
LED ドライバ出力電流 デバイス間誤差	Iout=40mA	-	-	±6	%
LED ドライバ出力オン抵抗	OUTCTL=L	-	10	-	Ω
LED ドライバ出力オフリーク電流	VLED > Vout	-	-	±1	μA
デジタル入力ハイレベル電圧 (VIH)		0.7VDD	-	-	V
デジタル入力ローレベル電圧 (VIL)		-	-	0.3VDD	V
デジタル入力ヒステリシス電圧		0.05VDD	-	-	V
デジタル入力リーク電流		-	-	±1	μA
デジタル入力容量	CSI, SCLI, SDAI	-	5	10	pF
デジタル出力ハイレベル電圧 (VOH)	I2C バスを除く IOH=-8mA	0.85VDD	-	-	V
デジタル出力ローレベル電圧 (VOL)	IOl=8mA	-	-	0.15VDD	V

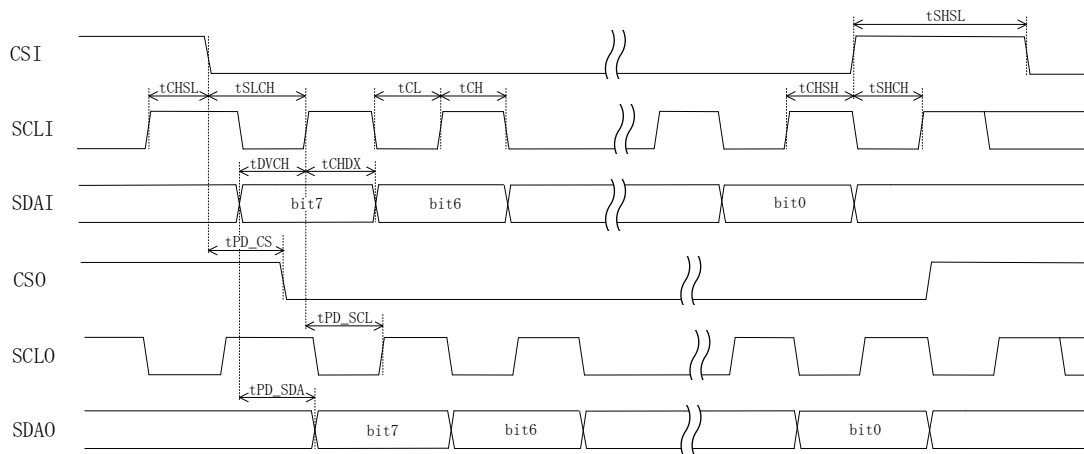
6. タイミング条件

6.1.3 線/2線シリアルバス (特に記述がない限り、VDD=5V、Ta=25℃)

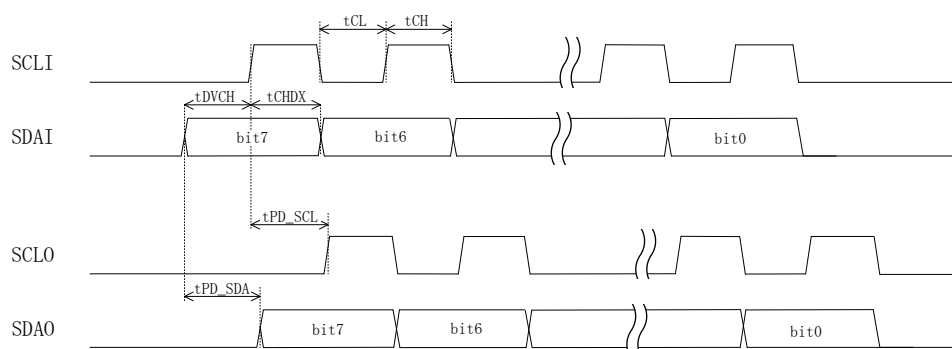
記号	パラメータ	条件	最小	標準	最大	単位
fSCK	SCLI 周波数		-	-	10	MHz
tCH	SCLI High 時間		40	-	-	ns
tCL	SCLI Low 時間		40	-	-	ns
tDVCH	セットアップ時間		10	-	-	ns
tCHDX	ホールド時間		10	-	-	ns
tCHSL	CSI Not Active ホールド時間		40	-	-	ns
tSLCH	CSI Active セットアップ時間		40	-	-	ns
tCHSH	CSI Active ホールド時間		40	-	-	ns
tSHCH	CSI Not Active セットアップ時間		40	-	-	ns
tSHSL	CSI Not Active 時間		200	-	-	ns
tPD_CS	CSI→CSO 遅延時間	C _[Load] = 10pF, 入力: V _{IL} , V _{IH} 出力: 0.5VDD	-	-	12.5	ns
tPD_SCL	SCLI→SCLO 遅延時間		-	-	12.5	ns
tPD_SDA	SDAI→SDAO 遅延時間		-	-	12.5	ns
tSKEW	SCLO, SDAO 間スキュー時間	※脚注参照	-	-	1	ns
tr	CSO, SCLO, SDAO 立ち上がり時間	C _[Load] = 10pF, VDD:20% - 80%	-	-	10	ns
tf	CSO, SCLO, SDAO 立ち下がり時間		-	-	10	ns

※SCLI, SDAI 入力信号間のスキュー時間が 0ns、且つ SCLO, SDAO に繋がる負荷容量(C_[Load])が同一の場合

<3線シリアルバス タイミングダイアグラム>



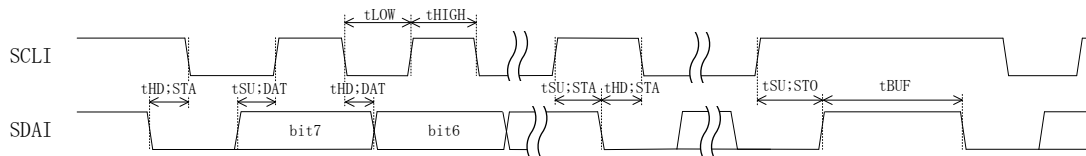
<2線シリアルバス タイミングダイアグラム>



6.2. I2C バス (特に記述がない限り、VDD=5V、Ta=25 °C)

記号	パラメータ	条件	最少	標準	最大	単位
fSCL	SCLI 周波数		-	-	1000	kHz
tHD;STA	Start Condition ホールド時間	リピートスタート含む	0.26	-	-	us
tSU;STA	Repeated Start Condition セットアップ時間		0.26	-	-	us
tLOW	SCLI Low 時間		0.5	-	-	us
tHIGH	SCLI High 時間		0.26	-	-	us
tHD;DAT	データホールド時間		0	-	-	us
tSU;DAT	データセットアップ時間		50	-	-	ns
tSU;STO	Stop Condition セットアップ時間		0.26	-	-	us
tBUF	STOP-START Condition 間のバス解放時間		0.5	-	-	us
tr	SCLI, SDAI 立ち上がり時間		-	-	120	ns
tf	SCLI, SDAI 立ち下がり時間		-	-	120	ns

< I2C バス タイミングダイアグラム >



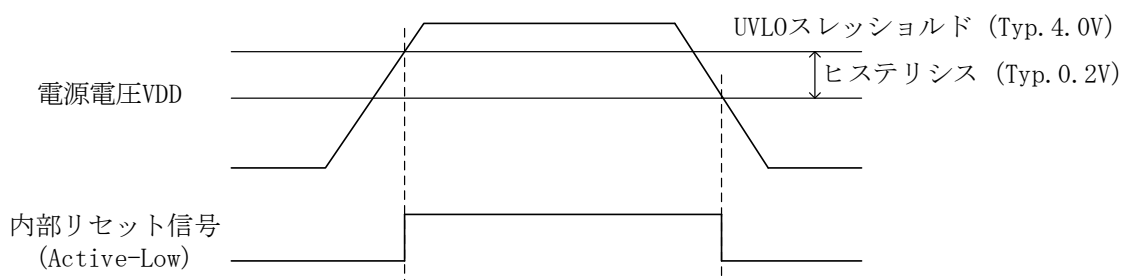
7. リセット・保護機能

7.1. パワー・オン・リセット

電源投入時にデバイス内部の状態がリセットされます。レジスタは全て初期値がセットされます。

7.2. UVLO

電源電圧が低い状態での誤動作を防止するため UVLO (Under Voltage Locked Out) 回路を内蔵しています。電源電圧 VDD 4.0V (Typ.) に達するまでは、内部ロジック回路をリセット状態に保持し、LED ドライバ出力は Hi-Z になります。また、UVLO 回路はヒステリシスを有しており、VDD の低下時には 3.8V (Typ.) で上記の UVLO 状態に入り、内部ロジック回路はリセットされ、レジスタには初期値がセットされます。



7.3. サーマルシャットダウン

熱によるデバイスの故障を防ぐために、サーマルシャットダウン回路を内蔵しています。ジャンクション温度 T_j が絶対最大定格 150°C を超えるとサーマルシャットダウン回路が動作し、LED ドライバ出力を OFF します。また、サーマルシャットダウン回路はヒステリシスを有しており、 T_j が低下すると自動的に通常動作に復帰します。

ただし、使用環境や異常状態の継続時間によっては必ずしもデバイスの故障、劣化を防ぐことができない場合があります。

8. LED ドライバ出力

8.1. ドライバ出力方式

定電流出力、オープンドレイン出力の双方に対応しており、OUTCTL 端子設定により何れかを選択することができます。

8.2. 定電流出力における電流値の設定

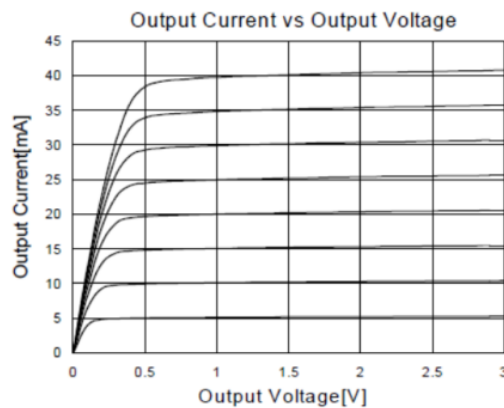
定電流出力設定時における LED ドライバ出力の電流値は、端子 REXTA、REXTB、REXTC と GND 間に接続する外付け抵抗で設定されます。外付け抵抗値 REXT は下記の式で算出されます。

$$\text{REXT}[\text{k}\Omega] = \frac{0.6[\text{V}]}{I_{\text{out}}[\text{mA}]} \times 80 \quad (I_{\text{out}}=20\text{mA} \text{ における標準値})$$

(計算例) $I_{\text{out}}=20\text{mA}$ のとき、 $\text{REXT}=0.6[\text{V}]/20[\text{mA}] \times 80=2.4[\text{k}\Omega]$

定電流値を得るために LED の電源電圧 V_{LED} と LED の順方向電圧 V_{F} のバラつきを考慮し、出力端子に下記の電圧がかかるようにして下さい。

<参考データ 出力電流－電圧特性（標準値）>



出力電流 $I_{\text{out}}=10\text{mA}$ のとき、出力電圧 $V_{\text{out}}=0.4\text{V}$ 以上

出力電流 $I_{\text{out}}=20\text{mA}$ のとき、出力電圧 $V_{\text{out}}=0.6\text{V}$ 以上

出力電流 $I_{\text{out}}=40\text{mA}$ のとき、出力電圧 $V_{\text{out}}=0.8\text{V}$ 以上

<例>

$I_{\text{out}}=20\text{mA}$

$V_{\text{F}}(\text{Max})=3.8\text{V}$ の LED を 2 個直列接続

$$V_{\text{LED}} \geq V_{\text{F}} + V_{\text{out}} = 3.8\text{V} \times 2 \text{ 個} + 0.6\text{V} = 8.2\text{V}$$

となり、LED の電源電圧は 8.2V 以上に設定する必要があります。

8.3. オープンドレイン出力における電流値の設定

オープンドレイン出力設定時における LED ドライバ出力の電流値は、LED と直列に接続される電流制限抵抗により設定します。電流制限抵抗値の一般的な計算方法は 11.2 のオープンドレイン出力における参考回路例をご覧ください。

この時、REXT 端子は使用しないため未接続にして下さい。

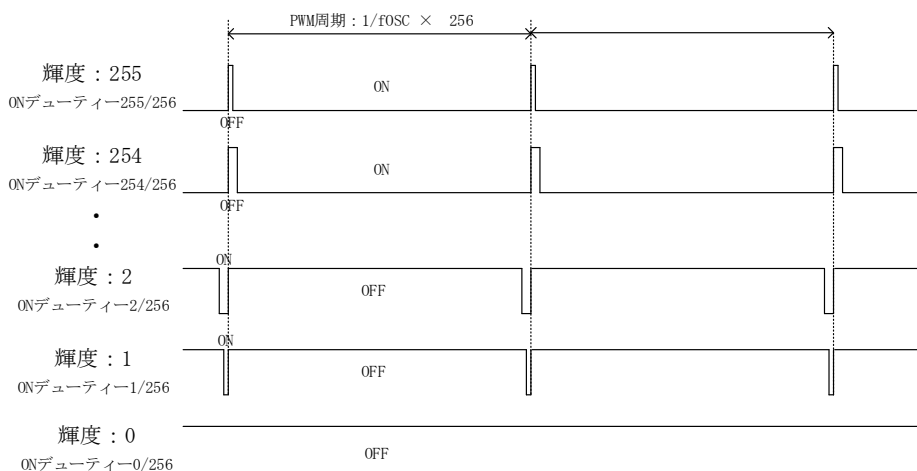
8.4. 輝度調整

LEDの輝度調整は、LEDドライバ出力チャンネル毎に最大256階調（2線シリアルバス方式の場合は128階調）でレジスタ設定します。輝度調整はPWM制御パルスのデューティ比の設定によって行います。PWM制御パルスON期間の割合は、下記の式で表されます。

$$\text{ON 期間の割合} = \text{輝度調整レジスタ値} / 256 \quad (\text{レジスタ値 } 0 \sim 255, \text{ 2線シリアルバス方式の場合は偶数値のみ})$$

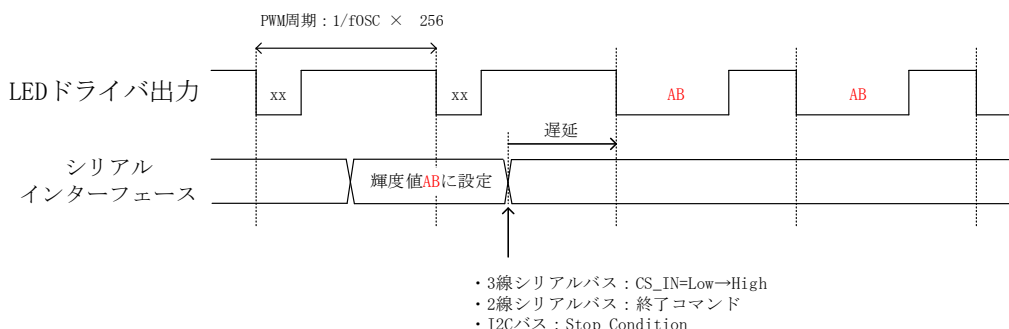
設定値が大きいほどON期間の割合が大きく、輝度が高くなります。レジスタ値255で最大輝度（2線シリアルバス方式の場合は254で最大輝度）になりますが、LEDドライバ出力には設定値に応じたPWM最小パルスのOFFパルスが出力されます。レジスタ値が0の場合、出力はOFF（Hi-Z）状態を保持し、LEDは消灯します。

<輝度調整 PWM パルス幅設定>



輝度調整時に書込まれたレジスタ値はシリアルアクセス完了後（3線シリアルバス：CSI=Low→High、2線シリアルバス：終了コマンド、I2Cバス：Stop Condition）、次のPWM周期開始時にLEDドライバ出力へ反映されます。これによりレジスタ設定完了からLEDドライバ出力までの遅延時間は最大でPWM最小パルス幅（ $1/f_{OSC}$ ）の256個分となります。

<輝度設定遅延>

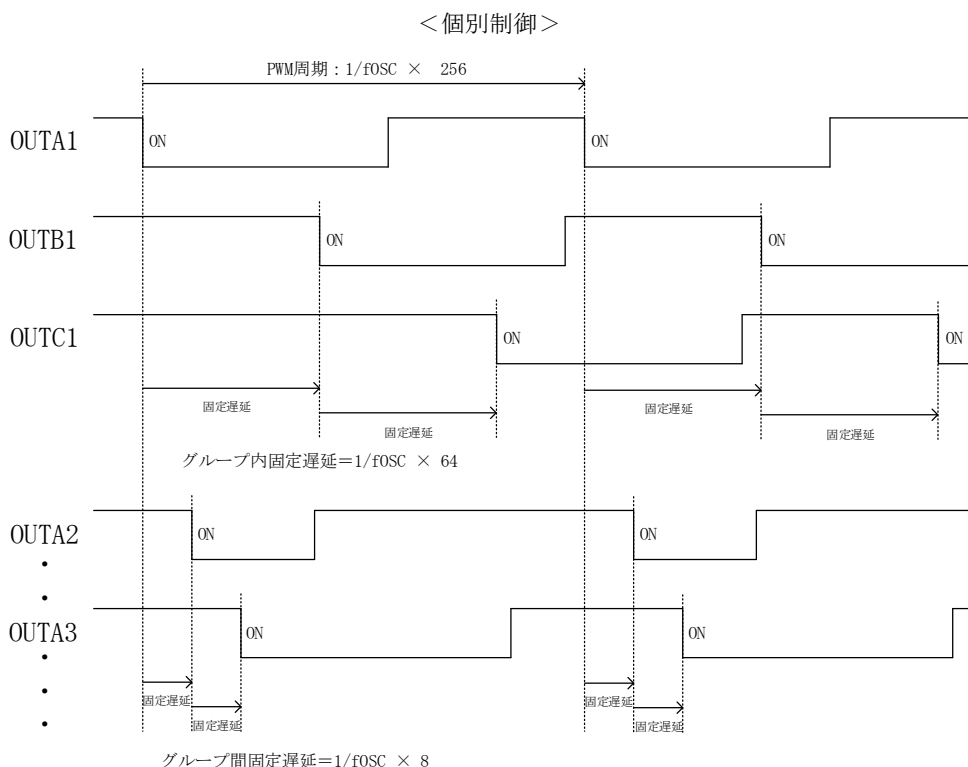


8.5. PWM 出力パルス位相制御

スイッチングノイズを低減するため、PWM パルスの開始位置を各チャンネルやグループで制御します。この位相制御方法はレジスタ設定 (R00[3:2]) で3通りからで選択します。

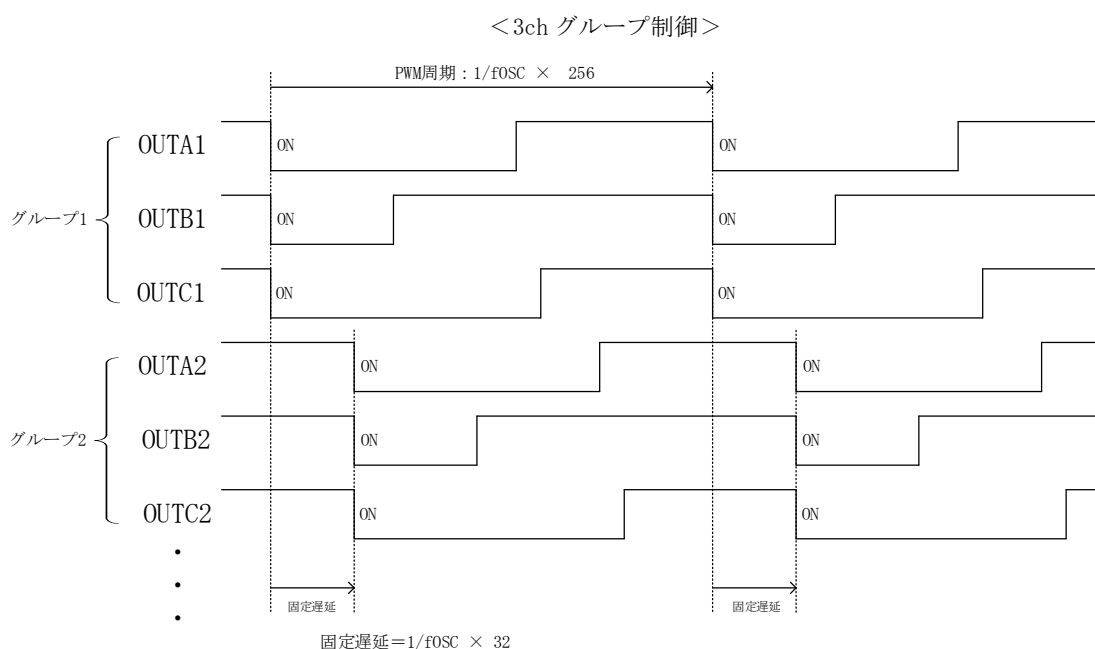
- ・個別制御 (R00[3:2]=0)

隣り合うチャンネルが異なる位相で PWM パルスが開始されます。



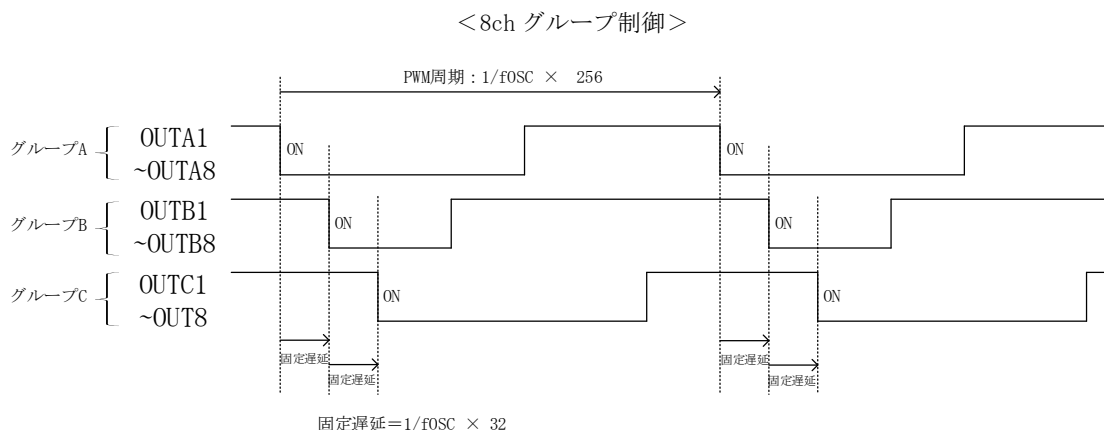
- ・3ch グループ制御 (R00[3:2]=1)

グループ 1～8 のグループごとに異なる位相で PWM パルスが開始されます。



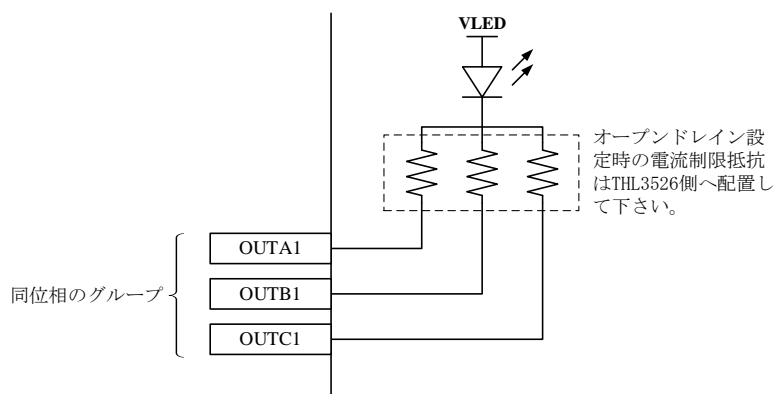
・ 8ch グループ制御 (R00[3:2]=2)

グループ A/B/C のグループごとに異なる位相で PWM パルスが開始されます。



LED ドライバチャンネルを並列にして LED を駆動する場合は、PWM 位相制御モードをグループ制御に設定し、同位相のチャンネルを並列にして駆動して下さい。また、オープンドレインで並列接続する場合はチャンネルごとの電流バラつきを抑制するために電流制限抵抗は THL3526 側に接続して下さい。

< LED ドライバ出力チャンネルの並列駆動 >



8.6. ドライバ出力イネーブル

レジスタ設定 (R00[1]) により全ての LED ドライバ出力チャンネルをディセーブルにすることができます。出力ディセーブル (R00[1]=0) のとき、全 LED ドライバ出力チャンネルは OFF (Hi-Z) 状態になり、LED は消灯します。

また、パワー・オン・リセット解除後の初期状態はディセーブルであり LED は消灯状態です。

本デバイスを複数個使用する場合、出力ディセーブルの状態ですべてのデバイスの輝度設定を済ませた後に、デバイスアドレス” 00h” の R00[1]=1 に設定することで、全てのデバイスの出力を一斉にイネーブルにすることができます。

9. シリアル通信

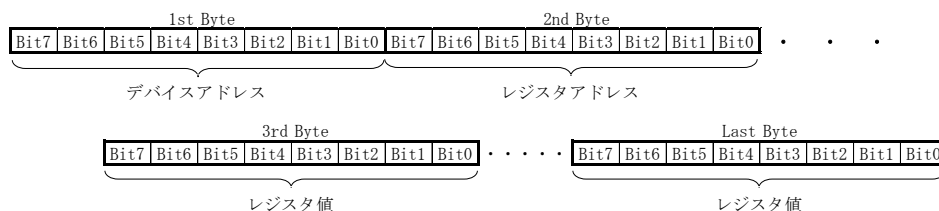
9.1. レジスタアクセス

設定用に 25 バイトのレジスタを内蔵します。レジスタへの書き込みは、シリアルインターフェースを用いて行い、電源が供給されている間は値を保持します。また、シリアルインターフェースに I2C バスが選択されている場合にのみ、レジスタ値を読み出すことができます。レジスタへの書き込みは、カスケード接続やマルチドロップ接続によって接続される全デバイスの電源電圧 (VDD) が 4.5V 以上で安定してから開始して下さい。

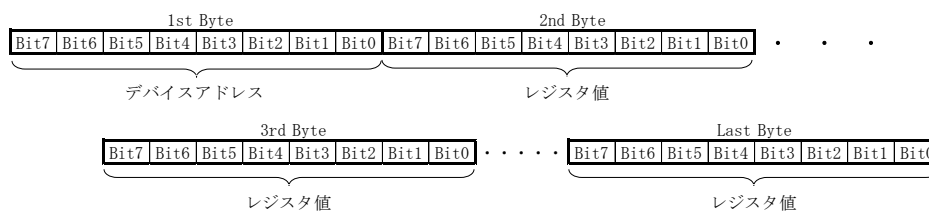
9.2. シリアル通信プロトコル

- ・シリアルインターフェースはクロック同期式です。
- ・データ長は 8 ビットで、MSB ファーストです。
- ・先頭ビットを含め、最初の 8 ビットを” 1st Byte”、次の 8 ビットを”2nd Byte”のように定義します。
- ・” 1st Byte” ではレジスタアクセスを行うデバイスアドレスを指定します。デバイスアドレスを 00h に指定すると全デバイスに書き込みを行います (ただし、端子 A0~A4 によりデバイスアドレスを 00111110 に設定されたデバイスを除く)。
- ・書き込み動作時、” 2nd Byte” ではレジスタのアドレスを指定します。” 3rd Byte” 以降は書き込むレジスタ値を指定します。レジスタアドレス値はレジスタ値 8 ビットを書くごとにオートインクリメント(+2)されます。すなわち ” 3rd Byte” で指定した値は ” 2nd Byte” で指定したアドレスに書き込まれ、” 4th Byte” で指定した値は ” 2nd Byte + 2” のアドレスに書き込まれます。
- ・各レジスタの Bit0 が書き込まれるとレジスタ値が確定します。
- ・レジスタアドレスはオートインクリメントにより、最後に書き込みまたは読み出されたレジスタの次のアドレスが保持されます。
- ・2nd Byte でレジスタアドレスを指定後、レジスタへの書き込みまたは読み出しが行われなかった場合、2nd Byte で指定したレジスタアドレスが保持されます。
- ・読み出し動作時、” 2nd Byte” は直前の書き込み時に保持されたレジスタアドレスのレジスタ値を読み出します。以降、レジスタアドレスは 8 ビットのレジスタ値を読み出すごとオートインクリメントされレジスタ値が順次読み出されます。
- ・レジスタアドレスのオートインクリメントはレジスタアクセスが続く限り、R30 以降もインクリメントし続けます。
- ・レジスタアドレスはレジスタマップに示されるアドレス以外は指定しないで下さい。

<シリアルデータ (書き込み) >



<シリアルデータ (読み出し) >



9.3. デバイスアドレス設定

端子 A0～A4 によってデバイスアドレスを指定できます。

(例) 端子 A4=Low、A3=Low、A2=Low、A1=Low、A0=High の場合、2 線/3 線シリアルバスにおけるデバイスアドレスは 00000010b (02h)、I2C バスでは 0000001b (01h) に設定されます。

<デバイスアドレス>

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0 固定	0 固定	A4 端子	A3 端子	A2 端子	A1 端子	A0 端子	0/1

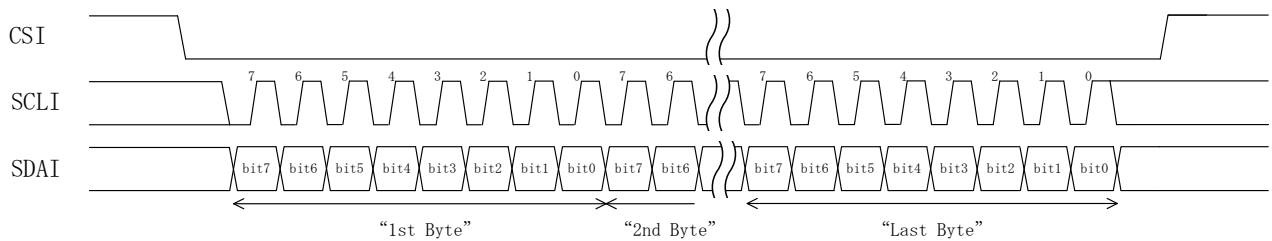
- Bit0 は 2 線/3 線シリアルバス選択時は 0 固定、I2C バス選択時は 0 で書き込み、1 で読み出しコマンドとなります。
- 2 線/3 線シリアルバス選択時、端子 A0～A4 が全て High に設定されたデバイスへのレジスタ書き込みは禁止されます。LED ドライバ出力を使用せず、リピーター機能のみ使用する場合は 2 線シリアルバスまたは 3 線シリアルバスを選択し A0～A4 を全て High に設定して下さい。
- デバイスアドレス 00000000b (00h) は、全デバイスに書き込みを行うためのデバイスアドレスですので、基本的に A0～A4 端子を全て Low にして使用しないで下さい。

9.4.3 3線シリアルバス方式

MODE 端子により 3 線シリアルバス方式が選択された場合、端子 CSI、SCLI、SDAI が有効となります。3 線シリアルバスのチップセレクト信号、シリアルクロック信号、シリアルデータ信号はそれぞれ、端子 CSI、SCLI、SDAI に入力して下さい。

- CSI が Low 期間中、クロック入力 SCLI の立ち上がりエッジでデータ入力 SDAI を取り込みます。
- CSI の立ち下がり後、最初の SCLI 立ち上がりエッジで取り込んだ SDAI が先頭ビットになります。
- Byte の途中で CSI が立ち上がった場合、その Byte はレジスタに書き込まれず、次の CSI の立ち下がり通信が最初 (“1st Byte”) から開始されます。
- CSI、SCLI、SDAI に入力された信号は各々 CS0、SCL0、SDA0 から出力されます。
- レジスタ値の読み出しはできません。

<3 線シリアルバス方式>

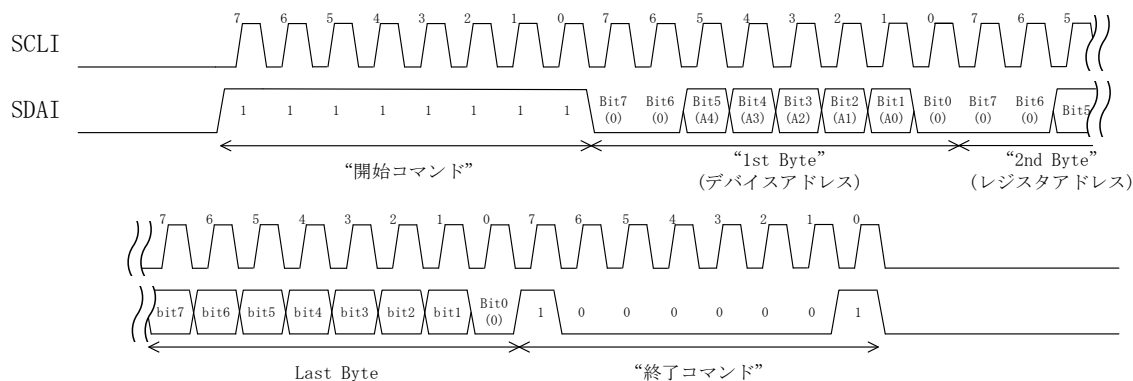


9.5.2 線シリアルバス方式

MODE 端子により 2 線シリアルバス方式が選択された場合、端子 CSI は無効、SCLI、SDAI が有効となります。2 線シリアルバスのシリアルクロック信号、シリアルデータ信号はそれぞれ、端子 SCLI、SDAI に入力して下さい。

- ・クロック入力 SCLI の立ち上がりエッジでデータ入力 SDAI を取り込みます。
- ・通信開始コマンドを “1111111b” と定義し、8 回以上連続で “1” が続いた後に “0” が取り込まれることで、“0” 直前の “1111111b” を開始コマンドと認識し、“0” から始まる 8bit のデータを 1st Byte として認識します。
- ・通信終了コマンドを “1000001b” と定義し、終了コマンドが取り込まれた場合、直ちに通信が終了し次の開始コマンドを待ちます。
- ・Byte の途中で開始コマンドが入力された場合、その Byte は書込まれず、最初 (“1st Byte”) から通信が開始されます。
- ・ノイズなどの影響により Byte の途中で終了コマンドが入力された場合、その Byte は書込まれず、直ちに通信は終了します。
- ・開始コマンドと終了コマンドを除き、bit0 には “1” を書かないでください。bit0 に “1” が書き込まれた Byte は無効となり、レジスタアドレスもインクリメントされません。
- ・SCLI、SDAI に入力された信号は各々 SCL0、SDA0 から出力されます。
- ・レジスタ値の読み出しはできません。

<2 線シリアルバス方式>

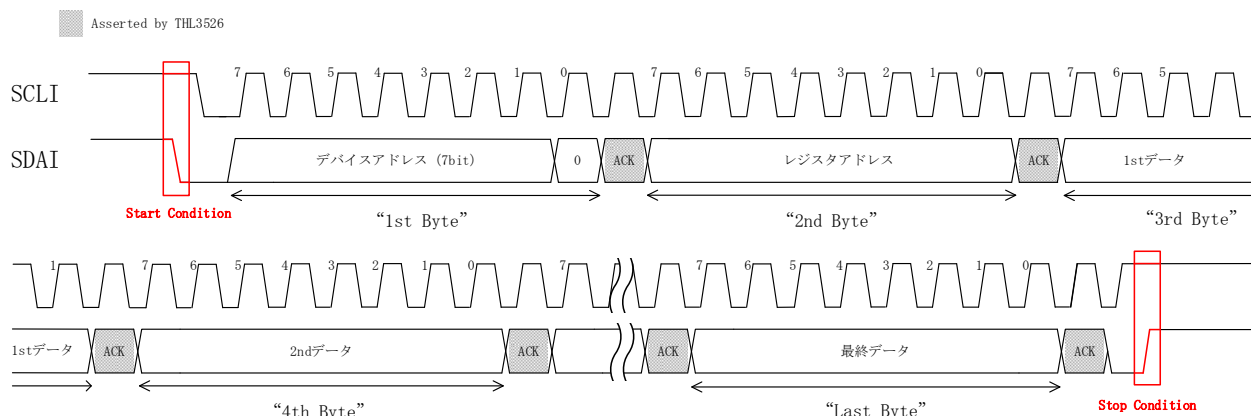


9.6. I2C バス方式

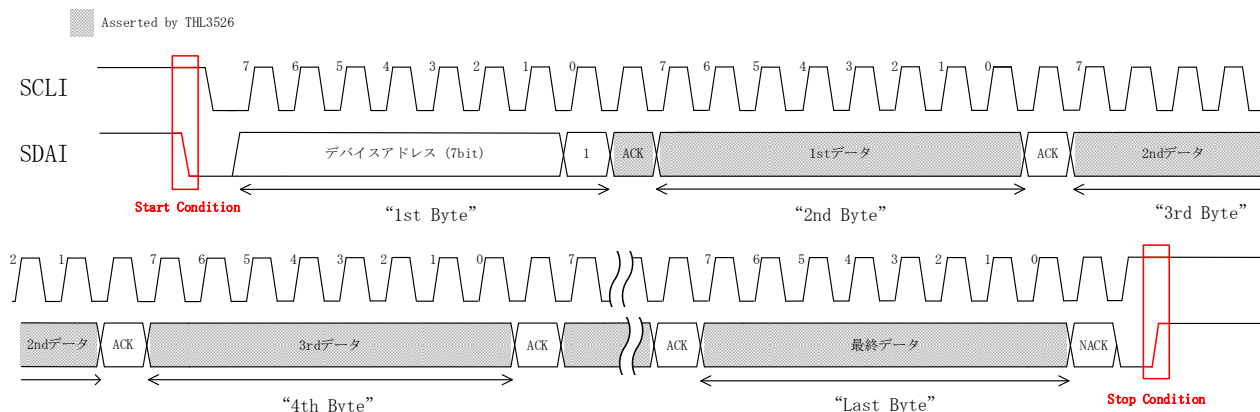
MODE 端子により I2C バス方式が選択された場合、端子 CSI は無効、SCLI、SDAI が有効となります。シリアルクロック信号、シリアルデータ信号はそれぞれ、端子 SCLI、SDAI に入力して下さい。

- ・クロック入力 SCLI の立ち上がりエッジでデータ入力 SDAI を取り込みます。
- ・クロック入力 SCLI が High のときにデータ入力 SDAI が立ち下がることを” Start Condition ” と定義し、” Start Condition ” の後、最初のクロック立ち上がりエッジで取り込んだデータが先頭ビットになります。
- ・クロック入力 SCLI が High のときにデータ入力 SDAI が立ちあがることを” Stop Condition ” と定義し、” Stop Condition ” で通信完了となります
- ・” Start Condition ” と ” Stop Condition ” を除き、データ入力 SDAI はクロック入力 SCLI が Low のときのみ遷移することができます。
- ・Byte の途中で” Start Condition ” が入力された場合、そのByte はレジスタに書き込まれず、最初 (” 1st Byte ”) から通信が開始されます。
- ・データ転送が行われていない状態では SCLI、SDAI 共に High の状態を維持して下さい。
- ・” 1st Byte ” は上位 7 ビットがデバイスアドレス、最下位ビットは 0 でレジスタ書き込み、1 でレジスタ読み込みとなります。

< I2C バス方式 (書き込み) >



< I2C バス方式 (読み出し) >



9.7.3 線/2線シリアルバスリピーター機能 (I2Cバスを除く)

THL3526は3線/2線シリアルバスインターフェースのバッファ回路を内蔵しており、CSI/SCLI/SDAIに入力された信号が各々CS0/SCLO/SDAOから出力されます。このバッファ回路を介することでTHL3526の多段カスケード接続が可能です。
※I2Cバス選択時、この機能を使用することは出来ません。

カスケード接続では、シリアル信号がバッファ回路やデバイス間の配線を通過する際に発生する遅延量のバラつきとバッファ出力状態遷移時間のバラつきがシリアルクロックとシリアルデータ間のスキューとなり接続段数が制限されます。

<計算例>

a. カスケード段数	: N 段
b. シリアルクロック周期	: 1000ns (1MHz)
c. THL3526 バッファ回路出力カスケード時間 (tSKEW)	: 最大 1ns
d. デバイス間配線遅延量バラつき	: 0.3ns (仮定)
e. THL3526 出力状態遷移時間 (tr/td)	: 最大 10ns
f. THL3526 シリアル入力 Setup/Hold 時間 (tDVCH, tCHDX)	: 最小 10ns
g. カスケード接続 1 段あたりに発生するスキュー時間	: $c + d + e = 1ns + 0.3ns + 10ns = 11.3ns$
h. THL3526 シリアル入力バッファ許容スキュー時間	: $(b - f * 2) / 2 = (1000ns - 20ns) / 2 = 490ns$

$$h - g \times a = 490ns - 11.3ns \times N > 0$$

$$N < 43.3$$

上記計算例では理論上 43 段のカスケード接続が可能ですが、シリアルクロック周波数を上げていくと接続可能な段数が減り、5MHz で 7 段、10MHz で 3 段となります。

また、上記は初段に入力されるシリアルクロックとシリアルデータのスキュー時間を考慮していないため注意が必要です。仮にコントローラのシリアルインターフェースにおける、シリアルクロック出力に対するシリアルデータ出力の最大遅延量 (スキュー) が 40ns であった場合、

$$\text{初段入力スキュー時間} + 1 \text{ 段あたりに発生するスキュー時間} \times N \text{ 段} < \text{THL3526 入力許容スキュー時間}$$

$$40ns + 11.3ns \times N \text{ 段} < 490ns$$

$$N < 38.9$$

となり理論上 1MHz で 38 段、5MHz で 4 段接続できますが、10MHz ではカスケード接続不可となります。

9.8. レジスタマップ

レジスタの表記について

アドレスは、先頭に” R” を付けて、16 進数で表記します。(例) R00 アドレス 00 番地のレジスタ

ビット位置は、” []” を用いて表記します。(例) R00[5:0]アドレス 00 番地のビット 5~0

レジスタ値は、2 進数で表記する場合、末尾に ” b” を付けます。(例) R00[5:0]=111110b

レジスタ値は、10 進数で表記する場合、末尾に何も付けません。(例) R04[7:0]=160

レジスタ値は、16 進数で表記する場合、末尾に” h” を付けます。(例) R04=A0h

アドレス	初期値	機能	説明
R00[7:4]	0	-	内部固定
R00[3:2]	0	LED ドライバ出力位相制御モード	0: 個別位相制御 1: 3ch グループ位相制御 2: 8ch グループ位相制御 3: 禁止
R00[1]	0	LED ドライバ出力イネーブル	0: 出力ディセーブル 1: 出力イネーブル
R00[0]	0	-	“1” は書き込み禁止
R02[7:0]	00h	OUTA1 輝度調整	輝度=レジスタ値/256 ※設定可能なレジスタ値はシリアル通信方式によって異なります。 3 線シリアルバス/I2C バスの場合 0 ~ 255 (256 階調) 2 線シリアルバスの場合 0 ~ 255 の偶数値のみ (128 階調)
R04[7:0]	00h	OUTB1 輝度調整	
R06[7:0]	00h	OUTC1 輝度調整	
R08[7:0]	00h	OUTA2 輝度調整	
R0A[7:0]	00h	OUTB2 輝度調整	
R0C[7:0]	00h	OUTC2 輝度調整	
R0E[7:0]	00h	OUTA3 輝度調整	
R10[7:0]	00h	OUTB3 輝度調整	
R12[7:0]	00h	OUTC3 輝度調整	
R14[7:0]	00h	OUTA4 輝度調整	
R16[7:0]	00h	OUTB4 輝度調整	
R18[7:0]	00h	OUTC4 輝度調整	
R1A[7:0]	00h	OUTA5 輝度調整	
R1C[7:0]	00h	OUTB5 輝度調整	
R1E[7:0]	00h	OUTC5 輝度調整	
R20[7:0]	00h	OUTA6 輝度調整	
R22[7:0]	00h	OUTB6 輝度調整	
R24[7:0]	00h	OUTC6 輝度調整	
R26[7:0]	00h	OUTA7 輝度調整	
R28[7:0]	00h	OUTB7 輝度調整	
R2A[7:0]	00h	OUTC7 輝度調整	
R2C[7:0]	00h	OUTA8 輝度調整	
R2E[7:0]	00h	OUTB8 輝度調整	
R30[7:0]	00h	OUTC8 輝度調整	

10. ジャンクション温度の計算

以下の計算により算出されるジャンクション温度が絶対最大定格を超えない範囲で使用して下さい。

<パッケージ熱抵抗 (参考データ) >

条件	パラメータ	記号	参考値	単位
4層基板	ジャンクション - ケース表面温度間熱抵抗	Ψ_{jt}	1.33	°C/W
	ジャンクション - 周囲温度間熱抵抗	θ_{ja}	28.3	°C/W
2層基板	ジャンクション - ケース表面温度間熱抵抗	Ψ_{jt}	2.4	°C/W
	ジャンクション - 周囲温度間熱抵抗	θ_{ja}	59.1	°C/W

*Exposed Pad が基板のサーマルパッドに半田で接続されている状態

<ジャンクション温度の計算方法>

$$T_j = T_a + \theta_{ja} \times P_{total} \quad \dots \text{式1}$$

$$T_j = T_c + \Psi_{jt} \times P_{total} \quad \dots \text{式2}$$

$$P_{total} = VDD \times IDD + V_{out} \times I_{out} \times N_{ch} \times \text{Duty} \quad \dots \text{式3}$$

T_j : ジャンクション温度

T_a : 周囲温度

T_c : ケース温度

P_{total} : 消費電力 (電源電流による消費電力と、LED ドライバ出力の消費電力の合計)

V_{out} : ON 時の LED ドライバ出力電圧

(定電流駆動時: $V_{LED} - V_F$ 、オープンドレイン駆動時: $I_{out} \times \text{ドライバ出力 ON 抵抗}$)

I_{out} : ON 時の LED ドライバ出力電流

N_{ch} : 同時に ON するチャンネル数

Duty : 輝度設定 (PWM 制御) による出力 ON 時間の割合 (通常、100%で計算します)

<定電流駆動時の計算例>

$\theta_{ja} = 59.1 \text{ °C/W}$ (2層基板 Exposed Pad)

$T_a = 60 \text{ °C}$

$VDD = 5.0 \text{ V}$

$V_{LED} = 5.0 \text{ V}$

$IDD = 47 \text{ mA}$ (電気的特性参照)

$V_{out} = V_{LED} - V_F = 5 \text{ V} - 2.1 \text{ V} = 2.9 \text{ V}$ (赤 8ch)、 $V_{out} = 5 \text{ V} - 3.2 \text{ V} = 1.8 \text{ V}$ (緑 8ch・青 8ch)

$I_{out} = 20 \text{ mA/ch}$

$$P_{total}(\text{式3}) = 5 \text{ V} \times 0.047 \text{ A} + 2.9 \text{ V} \times 0.02 \text{ A} \times 8 \text{ ch} \times 100\% + 1.8 \text{ V} \times 0.02 \text{ A} \times 16 \text{ ch} \times 100\% \\ = 1.275 \text{ W}$$

$$T_j(\text{式1}) = 60 \text{ °C} + 59.1 \text{ °C/W} \times 1.275 \text{ W} \\ = 135.4 \text{ °C}$$

<オープンドレイン駆動時の計算例>

$\theta_{ja} = 59.1 \text{ °C/W}$ (2層基板 Exposed Pad)

$T_a = 60 \text{ °C}$

$VDD = 5.0 \text{ V}$

$IDD = 47 \text{ mA}$ (電気的特性参照)

$I_{out} = 20 \text{ mA/ch}$

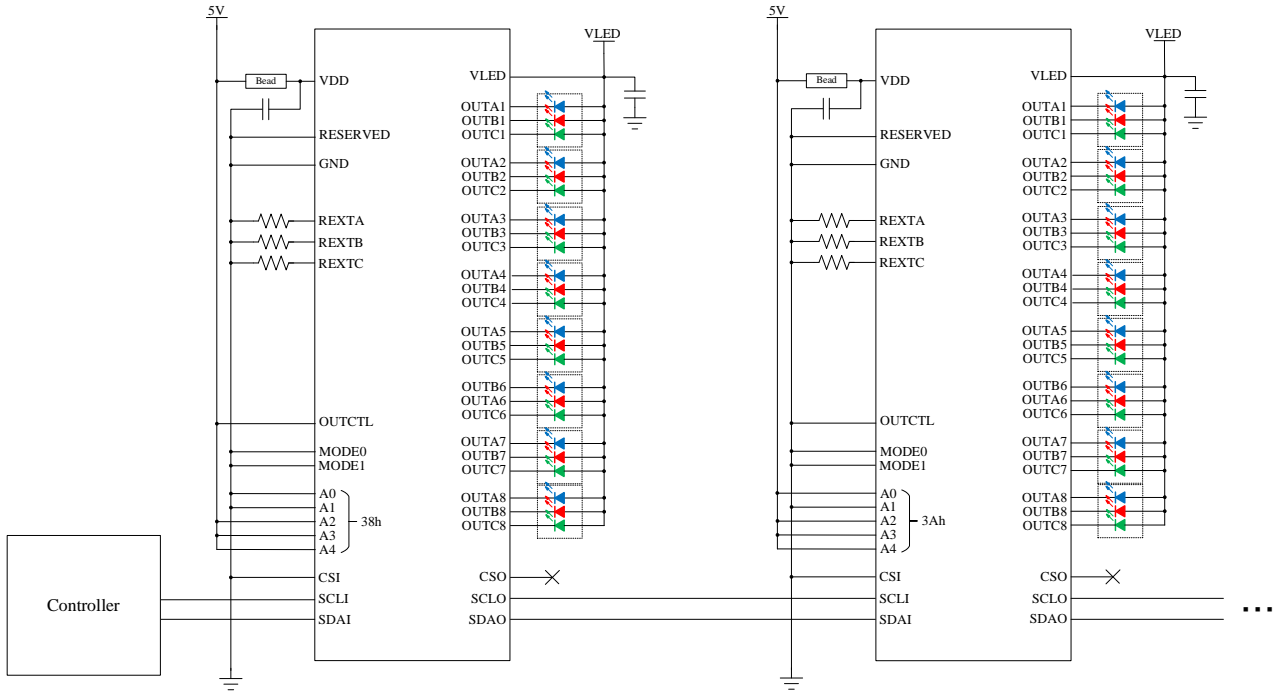
LED ドライバ出力オン抵抗: $T_{yp.} 10 \Omega$ (電気的特性参照)

$$P_{total}(\text{式3}) = 5 \text{ V} \times 0.047 \text{ A} + (0.02 \text{ A} \times 10 \Omega) \times 0.02 \text{ A} \times 24 \text{ ch} \times 100\% \\ = 0.331 \text{ W}$$

$$T_j(\text{式1}) = 60 \text{ °C} + 59.1 \text{ °C/W} \times 0.331 \text{ W} \\ = 79.6 \text{ °C}$$

11. 参考回路例

11.1. LED 定電流駆動、2 線シリアルバス・カスケード接続



Note1. 電源はコンデンサやコイル、フェライトビーズなどを用いて適切にフィルタして下さい。電源端子 VDD の直近には 0.1uF のバイパスコンデンサを端子毎に接続して下さい。

Note2. LED は下記の接続が可能です。

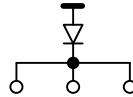
〈単一接続〉



〈直列接続〉



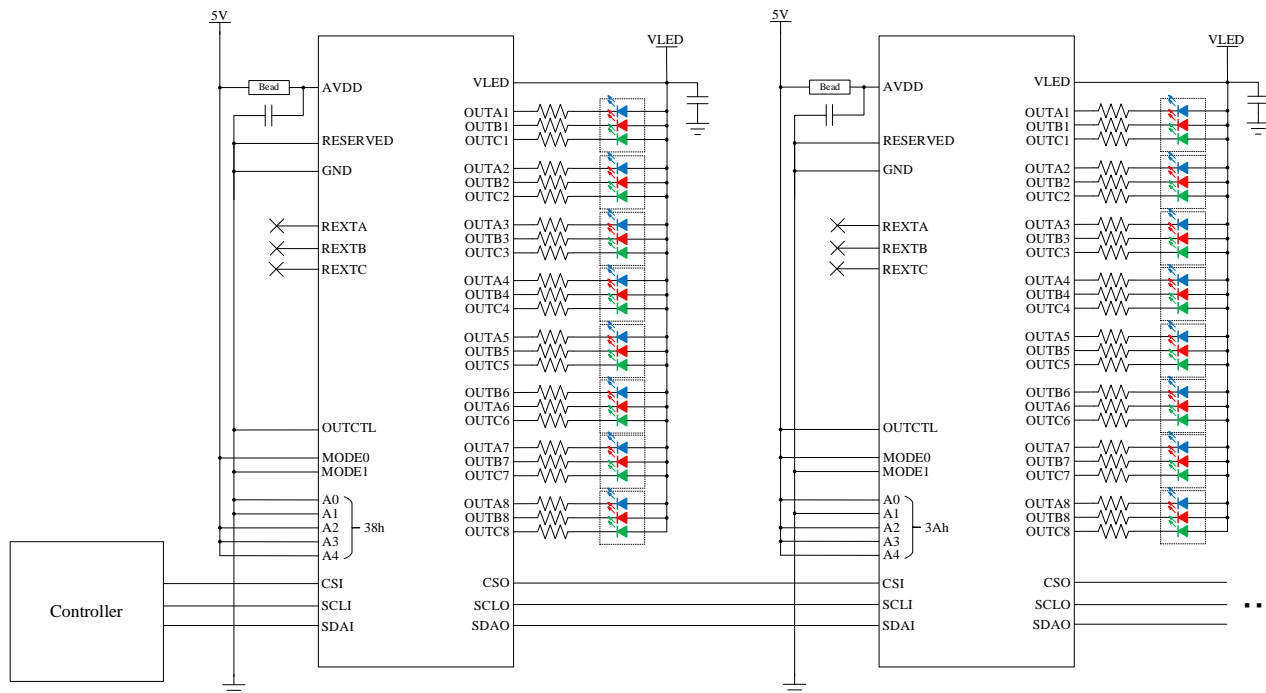
〈並列接続〉



○…LEDドライバ出力端子

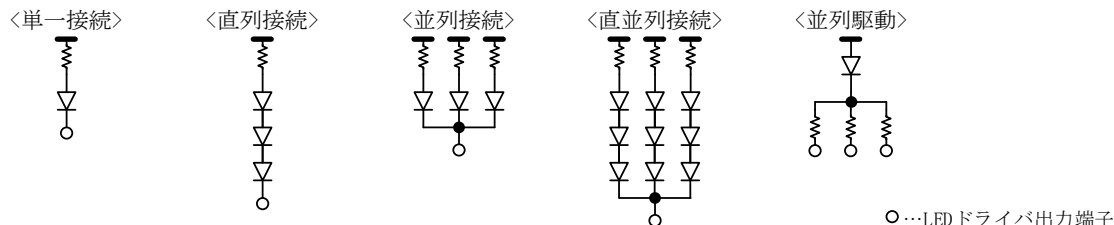
Note3. 未使用の LED ドライバ出力チャンネルはオープン（無接続）にして下さい。

11.2. LED オープンドレイン駆動、3線シリアルバス・カスケード接続

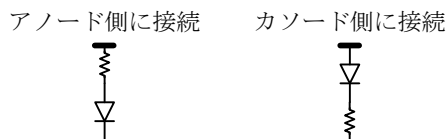


Note1. 電源はコンデンサやコイル、フェライトビーズなどを用いて適切にフィルタして下さい。電源端子 VDD の直近には 0.1uF のバイパスコンデンサを端子毎に接続して下さい。

Note2. LED は下記の接続が可能です。



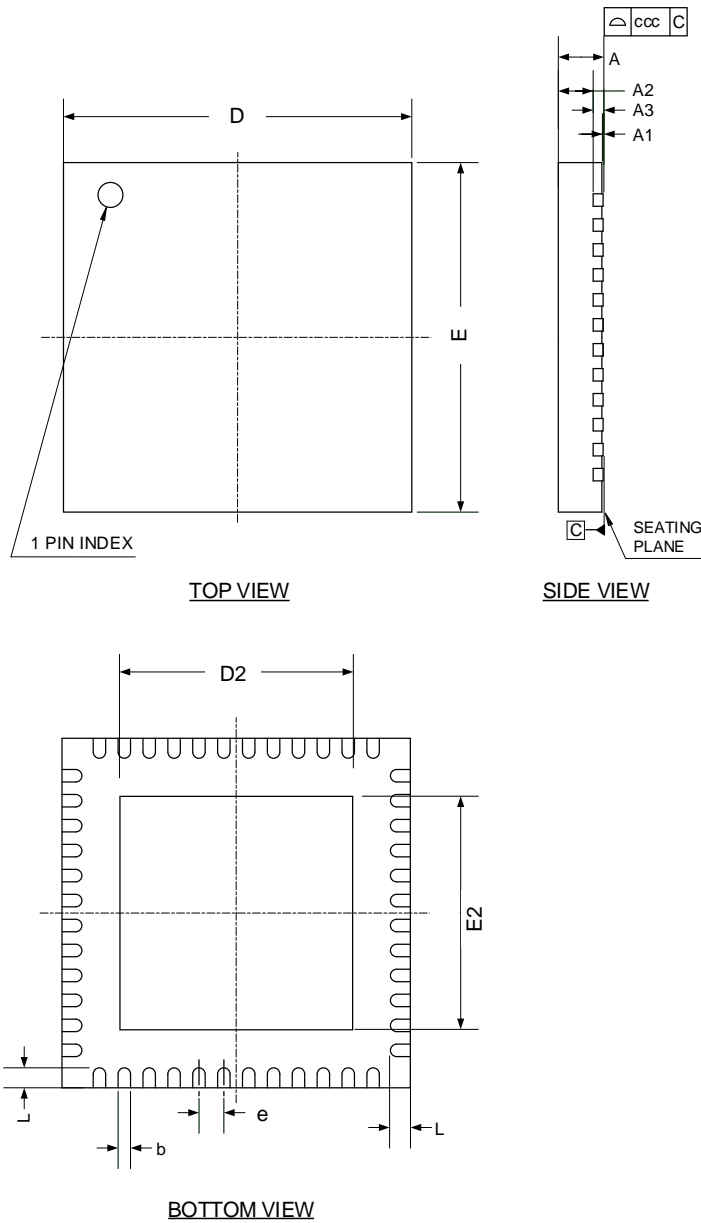
電流制限抵抗は、LED のアノード側、カソード側のどちらにも接続可能です。ただし、並列駆動の場合は、チャンネルごとの電流ばらつきを抑制するために電流制限抵抗はカソード側に接続して下さい。



電流制限抵抗 R は、簡易的には下記の式で算出できます。
 $R = (V_{LED} - V_F) / I_{LED}$
 VLED : LED の電源電圧
 VF : LED の順方向電圧 (直列接続する場合は順方向電圧の合計)
 ILED : LED に流す電流

Note3. 未使用の LED ドライバ出力チャンネルはオープン (無接続) にして下さい。

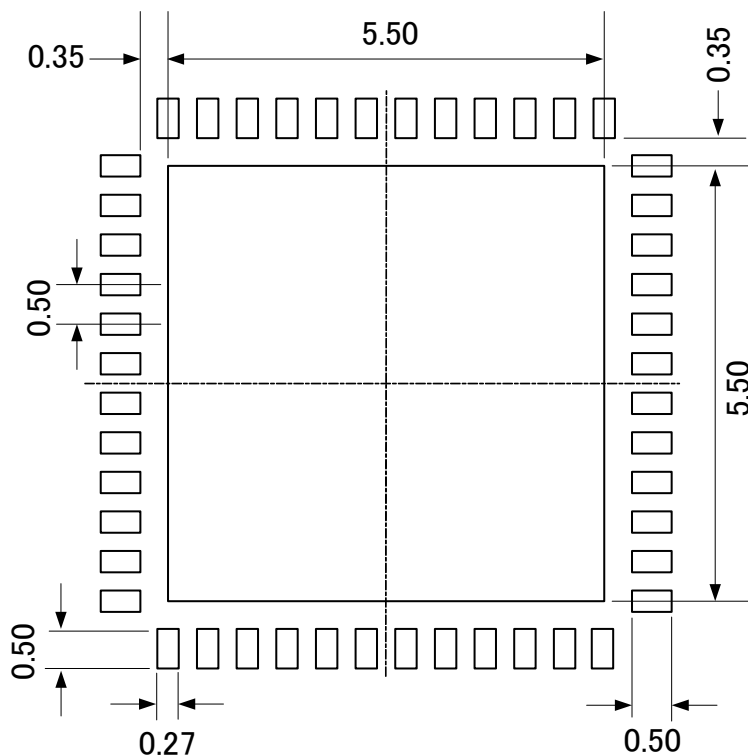
12. 外形寸法图



Unit : mm

Symbol	Items	Min.	Nom.	Max.
A	Mounting Height	-	-	0.90
A1	Standoff	-	-	0.05
A2	-	-	0.65	-
A3	-	-	(0.20)	-
b	Terminal Width	-	0.25	-
D	Body Length	-	7.00 BSC	-
D2	Exposed Length	-	5.50	-
E	Body Width	-	7.00 BSC	-
E2	Exposed Width	-	5.50	-
L	-	-	0.40	-
e	Pitch	-	0.50 BSC	-
ccc	Coplanarity	-	0.08	-

13. 参考ランドパターン



お客様の実装条件（基板材質、はんだ種類、リフロー条件など）を十分に考慮いただき、お客様の責任においてランドパターンの調整を行ってください。

14. 注意事項・免責事項

1. 本仕様書に記載されている製品仕様は、予告なく変更することがあります。
2. 本仕様書に記載されている回路図は、参考例を示したものであり、必ずしもお客様の設計に適合するとは限りません。また、本資料に記載された内容が誤りであった場合でも、直ちに訂正することができない場合があります。
3. 本仕様書には、弊社の著作権、ノウハウ、その他の知的財産権が含まれています。弊社の書面による事前の承諾なく、本仕様書の内容を複製、リバースエンジニアリング、または第三者に開示することを禁じます。
4. 本製品の使用に関してお客様と第三者との間で知的財産権に係る紛争が生じた場合、当該紛争が弊社のみ起因することをお客様が証明された場合を除き、弊社は当該紛争について一切の責任を負いません。また、当該紛争が弊社のみ起因する場合であっても、当該紛争の原因がお客様の指示に基づくものである場合は、弊社は当該紛争について一切の責任を負いません。
5. 本製品は、弊社が車載用として指定し、お客様がその用途に使用した場合を除き、航空宇宙機器、原子力制御機器、人命に直接関わる医療機器など、極めて高い信頼性・安全性が要求される用途には設計されておりません。これらの使用により発生した損害、請求、損失等について、弊社は一切の責任を負いません。
6. 本製品の品質・信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品は一定の確率で故障が発生する場合があります。そのため、本製品の使用にあたっては、冗長設計や誤作動防止設計などのフェールセーフ設計を十分に行い、社会的な損害を生じさせないよう、ご配慮ください。
7. 本製品は、製品内部の静電気保護回路の能力を超えて過大な静電気が印加された場合、破壊に至ることがあります。本製品に接触するもの（作業着、床、測定器、半田ごてを含む）には、必ずアースを実施してください。
8. 本製品は、耐放射線設計ではありません。
9. 本製品の検査やその他の品質管理は、弊社が当該製品の保証をするために必要と見なした方法で実施しております。したがって、本製品の全ての機能や性能に対する検査については、適用される法令によって義務付けられている場合や、お客様の要求に対して弊社が必要と認めた場合を除き、実施していない場合があります。
10. 本製品は、本仕様書において定める保管条件に従って保管してください。当該条件を満たさない環境下で本製品を保管したことによりお客様が損害を被った場合、当該損害について弊社は一切の責任を負いません。
11. 本製品が、日本の「外国為替及び外国貿易法」及び米国の「EAR (Export Administration Regulations: 輸出管理規則)」及び関連法令・放棄を遵守してください。本製品は、大量破壊兵器 (WMD) の開発を含む軍事利用を目的とする使用、および人権侵害を目的とする使用を禁止します。
12. 本製品は、絶対最大定格を超える電圧のサージや、異物混入などによる端子短絡 (ショート) により、本製品または周辺部品が破損することがあります。その結果、発煙・発火の原因となることがありますので、ヒューズなどの保護デバイスを追加して安全対策を行うことをお勧めします。本製品の制限値を超える条件で使用したことにより、使用者に生じた損害については、弊社は一切の責任を負いません。
13. 本製品に関する特許権、出願中の特許権、商標権、著作権、意匠権、その他の知的財産権は、弊社または弊社のライセンサーに帰属します。現在および将来にわたって、弊社または弊社のライセンサーが所有する知的財産権その他の財産権について、本製品または本仕様書の提供をもってお客様に権利を許諾するものではなく、権利の許諾はお客様と弊社または弊社のライセンサーとライセンス (使用許諾) 契約を締結する必要があります。