

TMUXHS4446-Q1 車載定格 USB-C 10Gbps Alt モード クロスバー マルチプレクサ

1 特長

- パッシブ双方向 USB-C 代替モード マルチプレクサにより USB と DisplayPort 信号を切り替え
- レーンあたり最大 10Gbps の USB 3.2 (Gen 2.0) および最大 10Gbps の DisplayPort 2.1 (UHBR10) をサポート
- ソース/ホストおよびシンク/デバイス アプリケーションと互換
- 3dB 差動 BW :9.5GHz
- 動的特性
 - 挿入損失:-1.6dB (5GHz)
 - 反射損失:-18dB (5GHz)
- 0V~1.8V の同相電圧 (CMV) をサポート
- 適応型 CMV トラッキング
- 6V 許容の SBU ピンにより VBUS への短絡イベントに耐性
- GPIO ピンまたは I²C により設定可能
- 1.8V と 3.3V の両方の I²C をサポート
- 電源電圧、V_{CC}:3.3V
- 動作時消費電力:340μA
- 低いスタンバイ消費電力:0.5μA (ピン モード)
- 拡張車載温度範囲:-40°C ~ 125°C
- 3mm × 6mm の QFN パッケージで供給

2 アプリケーション

- ファクトリ オートメーション / 制御
- インフォテインメントおよびクラスタ
- ヘッド ユニット / デジタル コックピット
- オートモーティブ ディスプレイ

3 説明

TMUXHS4446-Q1 は、高速の双方向パッシブ クロスポイント スイッチ、すなわちクロスバー (Xbar) です。このデバイスは、USB-C インターフェイスとも呼ばれる USB Type-C 経由の信号を、3.2 Gen2 SuperSpeed と DisplayPort1.4/2.1 (最大 10Gbps UHBR10) の間で切り替えるために使用されます。このデバイスは、DisplayPort 補助チャネルに使用される低速 SBU 信号の切り替えも行います。TMUXHS4446-Q1 は、同相電圧 (CMV) 範囲が 0V~1.8V、差動振幅が 0V~1800mVpp の差動信号をサポートしています。適応型 CMV トラッキングにより、デバイスを通るチャネルが同相電圧範囲全体にわたって変化しないようにしています。

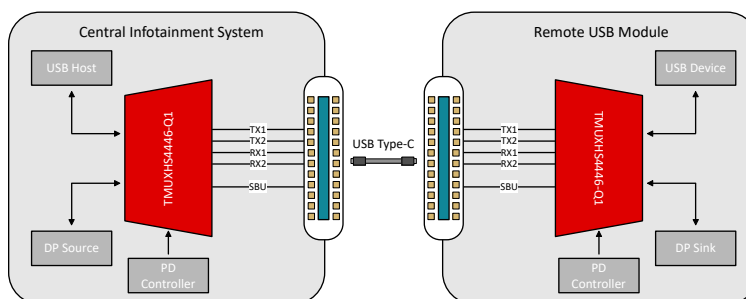
TMUXHS4446-Q1 の動的特性が可能にした高速スイッチングでは、信号アイ ダイアグラムの減衰は最小化され、発生するジッタは非常に低いレベルに抑えられます。このデバイスのシリコン設計は、高い周波数の信号帯域でも優れた周波数応答が得られるように最適化されています。TMUXHS4446-Q1 のシリコン信号トレースとスイッチ ネットワークは、最良のペア内スキュー性能が得られるように整合されています。

TMUXHS4446-Q1 は、産業用および高信頼性用途などの多数の堅牢なアプリケーションに適した拡張産業用温度範囲 (-40°C から 125°C) で動作します。

パッケージ情報

部品番号	パッケージ (1)	パッケージ サイズ (2)
TMUXHS4446-Q1	RET (WQFN, 40)	6mm × 3mm

- 供給されているすべてのパッケージについては、[セクション 10](#) を参照してください。
- パッケージ サイズ (長さ × 幅) は公称値であり、該当する場合はピンも含まれます。



アプリケーション使用事例



目次

1 特長.....	1	6.3 機能説明.....	10
2 アプリケーション.....	1	6.4 デバイスの機能モード.....	10
3 説明.....	1	7 アプリケーションと実装.....	14
4 ピン構成および機能.....	3	7.1 使用上の注意.....	14
5 仕様.....	5	7.2 代表的なアプリケーション.....	14
5.1 絶対最大定格.....	5	7.3 電源に関する推奨事項.....	16
5.2 ESD 定格.....	5	7.4 レイアウト.....	16
5.3 推奨動作条件.....	5	8 デバイスおよびドキュメントのサポート.....	17
5.4 熱に関する情報.....	6	8.1 ドキュメントのサポート.....	17
5.5 電気的特性.....	6	8.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法.....	17
5.6 高速性能パラメータ.....	7	8.3 サポート・リソース.....	17
5.7 スイッチング特性.....	7	8.4 商標.....	17
5.8 I ² C のタイミング特性.....	8	8.5 静電気放電に関する注意事項.....	17
5.9 代表的特性.....	8	8.6 用語集.....	17
6 詳細説明.....	9	9 改訂履歴.....	17
6.1 概要.....	9	10 メカニカル、パッケージ、および注文情報.....	18
6.2 機能ブロック図.....	9		

4 ピン構成および機能

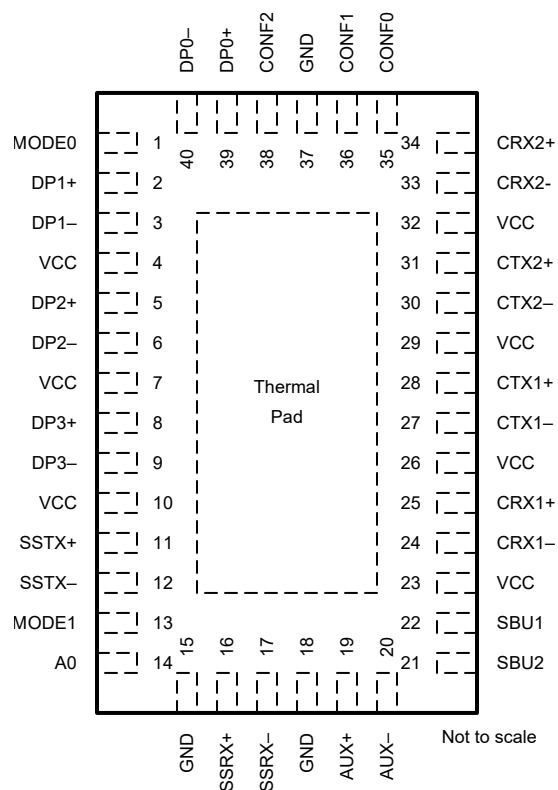


図 4-1. サーマルパッド付き RET パッケージ (40 ピン QFN - 上面図)

表 4-1. ピンの機能

ピン		タイプ ⁽¹⁾	説明
名称	番号		
DP0+	39	HS I/O	DisplayPort DP0 のシステム側高速差動正信号
DP0-	40	HS I/O	DisplayPort DP0 のシステム側高速差動負信号
DP1+	2	HS I/O	DisplayPort DP1 のシステム側高速差動正信号
DP1-	3	HS I/O	DisplayPort DP1 のシステム側高速差動負信号
DP2+	5	HS I/O	DisplayPort DP2 のシステム側高速差動正信号
DP2-	6	HS I/O	DisplayPort DP2 のシステム側高速差動負信号
DP3+	8	HS I/O	DisplayPort DP3 のシステム側高速差動正信号
DP3-	9	HS I/O	DisplayPort DP3 のシステム側高速差動負信号
SSTX+	11	HS I/O	USB TX ピンのシステム側高速差動正信号
SSTX-	12	HS I/O	USB TX ピンのシステム側高速差動負信号
SSRX+	16	HS I/O	USB RX ピンのシステム側高速差動正信号
SSRX-	17	HS I/O	USB RX ピンのシステム側高速差動負信号
CRX1-	24	HS I/O	USB-C RX ピンのコネクタ側高速差動負信号
CRX1+	25	HS I/O	USB-C RX ピンのコネクタ側高速差動正信号
CTX1-	27	HS I/O	USB-C TX ピンのコネクタ側高速差動負信号
CTX1+	28	HS I/O	USB-C TX ピンのコネクタ側高速差動正信号

表 4-1. ピンの機能 (続き)

ピン		タイプ ⁽¹⁾	説明
名称	番号		
CTX2–	30	HS I/O	USB-C TX ピンのコネクタ側高速差動負信号
CTX2+	31	HS I/O	USB-C TX ピンのコネクタ側高速差動正信号
CRX2–	33	HS I/O	USB-C RX ピンのコネクタ側高速差動負信号
CRX2+	34	HS I/O	USB-C RX ピンのコネクタ側高速差動正信号
AUX+	19	LS I/O	USB-C SBU ピンのシステム側の低速 SBU 信号
AUX–	20	LS I/O	USB-C SBU ピンのシステム側の低速 SBU 信号
SBU1	22	LS I/O	USB-C SBU1 ピンのコネクタ側の低速 SBU 信号
SBU2	21	LS I/O	USB-C SBU2 ピンのコネクタ側の低速 SBU 信号
MODE0	1	CTRL	制御モードの選択 MODE0 = 1、I ² C 制御 CONF[2:0] による MODE0 = 0、GPIO またはピン制御
MODE1	13	CTRL	I ² C ロジック レベル制御 (MODE0 = 1) MODE1 = 0、1.8V I ² C ロジック レベル MODE1 = 1、3.3V I ² C ロジック レベル
CONF0	35	CTRL	GPIO 制御 (MODE0 = 0) 高速ピンおよび低速ピンのスイッチ構成制御。詳細については、「 デバイスの機能モード 」セクションを参照してください。
A1		CTRL	I ² C 制御 (MODE0 = 1) 構成可能な I ² C ターゲット アドレス ビット
CONF1	36	CTRL	GPIO 制御 (MODE0 = 0) 高速ピンおよび低速ピンのスイッチ構成制御。詳細については、「 デバイスの機能モード 」セクションを参照してください。
SCL		CTRL	I ² C 制御 (MODE0 = 1) I ² C クロック入力
CONF2	38	CTRL	GPIO 制御 (MODE0 = 0) 高速ピンおよび低速ピンのスイッチ構成制御。詳細については、「 デバイスの機能モード 」セクションを参照してください。
SDA		CTRL	I ² C 制御 (MODE0 = 1) I ² C データ入力
A0	14	CTRL	I ² C 制御 (MODE0 = 1) 構成可能な I ² C ターゲット アドレス ビット
VCC	4、7、10、 23、26、 29、32	P	電源
GND	15、18、 37、サーマル パッド	G	グラウンド

(1) HS I/O = 高速入出力、LS I/O = 低速入出力、CTRL = 制御入力、P = 電源、G = グラウンド

5 仕様

5.1 絶対最大定格

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り) ⁽¹⁾

		最小値	最大値	単位
V _{CC-ABSMAX}	電源電圧	-0.5	4	V
V _{HS-ABSMAX}	高速差動 I/O ピン電圧 ([SS/C]TXx[+/-], [SS/C]RXx[+/-], DPx[+/-])	-0.5	2.4	V
V _{L S-ABSMAX}	低速 I/O ピン電圧 (AUX[+/-], SBUx)	-0.5	6.0	V
V _{CTR-ABSMAX}	制御ピン電圧 (MODE[1:0], CONF[2:0], A[1:0], SDA, SCL)	-0.5	V _{CC} +0.4	V
T _{J-ABSMAX}	接合部温度	-65	125	°C
T _{STG}	保存温度	-65	150	°C

- (1) 「絶対最大定格」の範囲外の動作は、デバイスの永続的な損傷の原因となる可能性があります。「絶対最大定格」は、このデータシートの「推奨動作条件」に示された値を超える状態で本製品が正常に動作することを暗黙的に示すものではありません。「絶対最大定格」の範囲内であっても「推奨動作条件」の範囲外で使用情况、本デバイスは完全に機能するとは限らず、このことが本デバイスの信頼性、機能、性能に影響を及ぼし、本デバイスの寿命を縮める可能性があります。

5.2 ESD 定格

		値	単位
V _{ESD}	静電放電	人体モデル (HBM)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 準拠 ⁽¹⁾	V
		デバイス帯電モデル (CDM)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 準拠 ⁽²⁾	
		±2000	
		±1000	

- (1) JEDEC のドキュメント JEP155 に、500V HBM では標準の ESD 管理プロセスで安全な製造が可能であると規定されています。
(2) JEDEC のドキュメント JEP157 に、250V CDM では標準の ESD 管理プロセスで安全な製造が可能であると規定されています。

5.3 推奨動作条件

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

			最小値	標準値	最大値	単位
V _{CC}	電源電圧		3.0	3.3	3.6	V
V _{CC-RAMP}	電源電圧ランプ時間		0.1		100	ms
⁽¹⁾ DR _{HS}	データレート、高速データパス (Cx から DPx/SSx)	差動 AC 結合のインターフェイス			10	Gbps
⁽¹⁾ DR _{SBU}	データレート、SBU/AUX パス	差動またはシングル エンド信号			1	Gbps
V _{IH-GPIO}	GPIO ピンでの入力高電圧	A[1:0], MODE[1:0], CONF[2:0] ピン	0.75 × V _{CC}			V
V _{IL-GPIO}	GPIO ピンでの入力低電圧	A[1:0], MODE[1:0], CONF[2:0] ピン			0.4	V
V _{IH-I2C}	I ² C ピンの入力高電圧	SDA, SCL ピン、3.3V I ² C モード	0.75 × V _{CC}			V
		SDA, SCL ピン、1.8V I ² C モード	1.3			V
V _{IL-I2C}	I ² C ピンの入力低電圧	SDA, SCL ピン、3.3V I ² C モード			0.25 × V _{CC}	V
		SDA, SCL ピン、1.8V I ² C モード			0.5	V
V _{IO -LS}	低速ピンの I/O 電圧	SBUx ピンと AUX[+/-] ピン	-0.45		V _{CC}	V
I _{HS-SW}	高速スイッチを流れる電流	Cx[p または n] から DPx/SSx[p または n]			12	mA
V _{DIFF-HS}	高速信号ピンの差動電圧		0		1.8	V _{pp}
V _{CM}	高速信号ピンの同相電圧		0		1.8	V
T _A	自由空気での動作温度 / 周囲温度		-40		125	°C

- (1) 実際のデータレートは、リンク バジェット、マージン、および他のリンク要素の性能に応じて、増減する場合があります

5.4 熱に関する情報

熱評価基準 ⁽¹⁾		TMUXHS4446-Q1	単位
		RET (WQFN)	
		40 ピン	
R _{θJA}	接合部から周囲への熱抵抗 - High K	33.6	°C/W
R _{θJC(top)}	接合部からケース (上面) への熱抵抗	26.4	°C/W
R _{θJB}	接合部から基板への熱抵抗	13.2	°C/W
Ψ _{JT}	接合部から上面への特性パラメータ	0.6	°C/W
Ψ _{JB}	接合部から基板への特性パラメータ	13.2	°C/W
R _{θJC(bot)}	接合部からケース (底面) への熱抵抗	3.4	°C/W

(1) 従来および最新の熱評価基準の詳細については、『[半導体および IC パッケージの熱評価基準](#)』アプリケーション ノートを参照してください。
[spr953](#)

5.5 電気的特性

自由気流での動作温度および電源電圧範囲内 (特に記述のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
電源ピン (VCC)						
I _{CC}	デバイスのアクティブ電流	0V ≤ V _{CM} ≤ 1.8V		380	530	μA
I _{STDN}	デバイス シャットダウン電流	すべてのスイッチがオープン、CONF[2:0] = 000、I ² C モード		5	10	μA
		すべてのスイッチがオープン、CONF[2:0] = 000、GPIO モード		0.5	2.5	μA
高速ピン ([SS/C]Tx _x [+/-], [SS/C]Rx _x [+/-], DP _x [+/-])						
C _{ON}	GND に対する出力 ON 容量	f = 5GHz		0.3		pF
C _{OFF}	GND に対する出力 OFF 容量	CONF[2:1] = 00		0.3		pF
I _{IH,HS,SEL}	入力大電流、選択された高速ピン	選択されたポート p ピンと n ピンに V _{IN} = 1.8V			6	μA
I _{IH,HS,NSEL}	入力大電流、選択していない高速ピン	選択していないポートに V _{IN} = 1.8V			110	μA
I _{IL,HS}	入力低電流、高速ピン	V _{IN} = 0V			1	μA
I _{FS,HS}	HS データ ピンのフェイルセーフ リーク電流	データ ピン = 1.8V V _{CC} = 0V			10	μA
R _{A,p2n}	C[Tx/Rx] _{x+} ピンと C[Tx/Rx] _{x-} ピンの間の DC インピーダンス			20		KΩ
SBU ピン (SBU _x , AUX _x [+/-])						
I _{IH,SBU}	入力大電流、SBU、AUX ピン	選択されたポートの V _{IN} = V _{CC}			0.16	μA
I _{IL,SBU}	入力低電流、SBU、AUX ピン	V _{IN} = 0V			0.1	μA
I _{FS,SBU}	SBU ピンのフェイルセーフ リーク電流	SBU ピン = 3.6V、V _{CC} = 0V			10	μA
C _{ON,SBU}	GND に対する出力 ON 容量	f = 1MHz		6	8	pF
C _{OFF,SBU}	GND に対する出力 OFF 容量	f = 1MHz		6	8	pF
R _{ON,SBU}	出力オン抵抗	0 ≤ V _{IN} ≤ 3.3V、I _O = -8mA		7		Ω
制御ピン (MODE[1:0], CONF[2:0], A[1:0], SDA, SCL)						
I _{IH,CTRL}	入力大電流、制御ピン	V _{IN} = V _{CC}			1	μA
I _{IL,CTRL}	入力低電流、制御ピン	V _{IN} = 0V			1	μA
C _{IN}	入力容量			20		pF

5.6 高速性能パラメータ

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
BW _{HS}	高速バスの -3dB 帯域幅 - DP および USB	10MHz の DC 周波数ポイントと比較して -3dB 損失		9.5		GHz
I _L	差動挿入損失、V _{CM-HS} = 0.6V	f = 10MHz		-0.9		dB
		f = 2.7GHz		-1.2		
		f = 4GHz		-1.4		
		f = 5GHz		-1.6		
R _L	差動反射損失、V _{CM-HS} = 0.6V	f = 10MHz		-22		dB
		f = 2.7GHz		-20		dB
		f = 4GHz		-16		dB
		f = 5GHz		-18		dB
O _{IRR}	差動オフ絶縁	f = 10MHz		-60		dB
		f = 2.7GHz		-26		
		f = 4GHz		-22		
		f = 5GHz		-21		
X _{TALK}	差動クロストーク	f = 10MHz		-50		dB
		DP2-DP1 または CTX1-CTX2 の場合、f = 2.7GHz		-28		dB
		他のすべてのチャネルの組み合わせの場合、f = 2.7GHz		-40		dB
		DP2-DP1 または CTX1-CTX2 の場合、f = 5.0GHz		-22		dB
		他のすべてのチャネルの組み合わせの場合、f = 5.0GHz		-38		dB
BW _{SBU}	SBU ピンの -3dB 帯域幅	10MHz の DC 周波数ポイントと比較して -3dB 損失		1000		MHz

5.7 スイッチング特性

パラメータ			最小値	標準値	最大値	単位
デバイス スイッチング時間						
t _{SW_POWER_ON}	デバイス パワーオン時間			80		μs
t _{SW_POWER_OFF}	デバイス パワーオフ時間			160		ns
高速ピン						
t _{PD}	スイッチ伝搬遅延	f = 1GHz		70		ps
t _{SW_CM_SHIFT}	あるスイッチング モードから別のスイッチング モードに変更するための切り替え時間	CTXx/CRXx 側から CMV 差 < 1.8V (0/2.0) でバイアス、		1.2		us
t _{SW}	あるスイッチング モードから別のスイッチング モードに変更するための切り替え時間	CTXx/CRXx 側から CMV 差 < 100mV (0.3/0.4) でバイアス、		120		ns
t _{SK_INTRA}	同じチャネルにおける + ピンと - ピン間のペア間出力スキュー	f = 1GHz		2.5		ps
t _{SK_INTER}	チャネル間のペア間出力スキュー	f = 1GHz		16		ps
SBU ピン						
t _{PD-SBU}	スイッチ伝搬遅延			220		ps
t _{SW-SBU}	あるスイッチング モードから別のスイッチング モードに変更するための切り替え時間	VIN = 3.3V で SBUx 側からバイアス		450		ns
T _{SK-SBU}	SBU1 ピンと SBU2 ピンの間の出力スキュー	f = 1MHz		2.5		ps

5.8 I²C のタイミング特性

デバイスが I²C 制御モードの場合 (MODE0 = H)、ピン SDA、SCL、A[1:0]

パラメータ		最小値	標準値	最大値	単位
f _{SCL}	SCL ピンのクロック周波数			400	kHz
t _{CH}	SCL ピンで HIGH 時間	0.6			μs
t _{CL}	SCL ピンで LOW 時間	1.3			μs
t _{SETSTA}	Start または反復 Start 条件のセットアップ時間	0.6			μs
t _{HSTA}	Start または反復 Start 条件のホールド時間	0.6			μs
t _{SETDAT}	データ セットアップ時間	100			ns
t _{HDAT}	データ ホールド時間	0		0.9	μs
t _r	入力立ち上がり時間	20 + 0.1 C _b ⁽¹⁾		300	ns
t _f	入力立ち下がり時間	20 + 0.1 C _b ⁽¹⁾		300	ns
t _{SETSTO}	STOP 条件のセットアップ時間	0.6			us
t _{SP}	入力フィルタにより抑制されるスパイクのバース幅			50	ns
t _{VD-DAT}	データ有効時間			0.9	μs
t _{VD-ACK}	データ有効アクノリッジ時間			0.9	μs

(1) C_b = 1 つのバスラインの合計バス容量 (pF 単位)

5.9 代表的特性

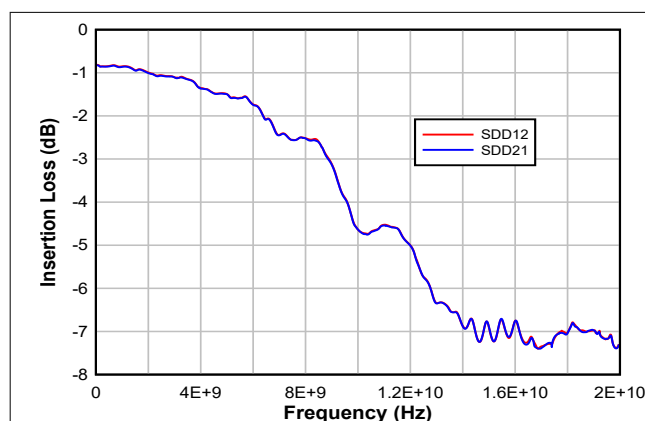


図 5-1. 公称 PVT での代表的なチャンネルの挿入損失

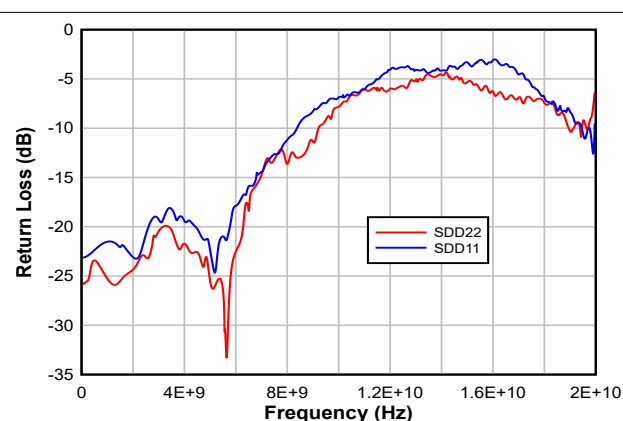


図 5-2. 公称 PVT での代表的なチャンネルの反射損失

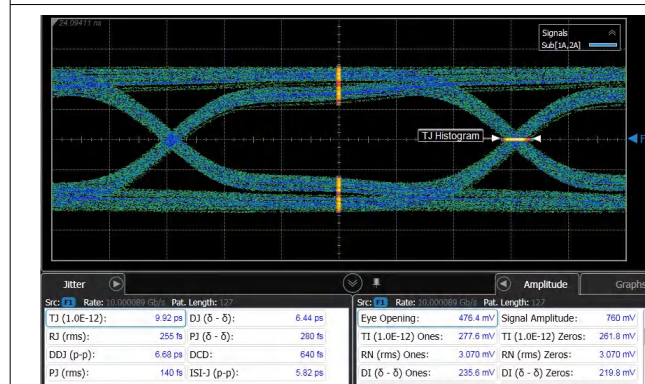


図 5-3. ベースライン セットアップ (Cal-Trace、DUT なし) による 10Gbps でのアイ ダイアグラム

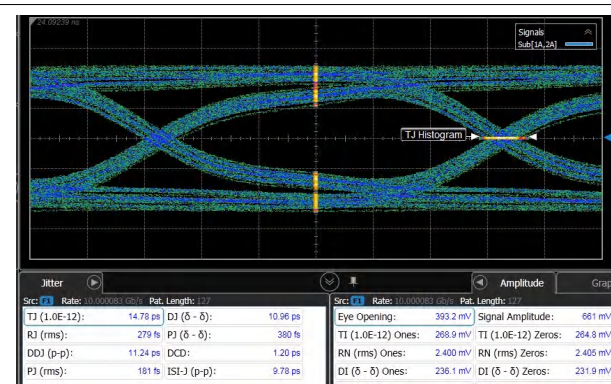


図 5-4. TMUXHS4446-Q1 (Cal-Trace + DUT) による 10Gbps でのアイ ダイアグラム

6 詳細説明

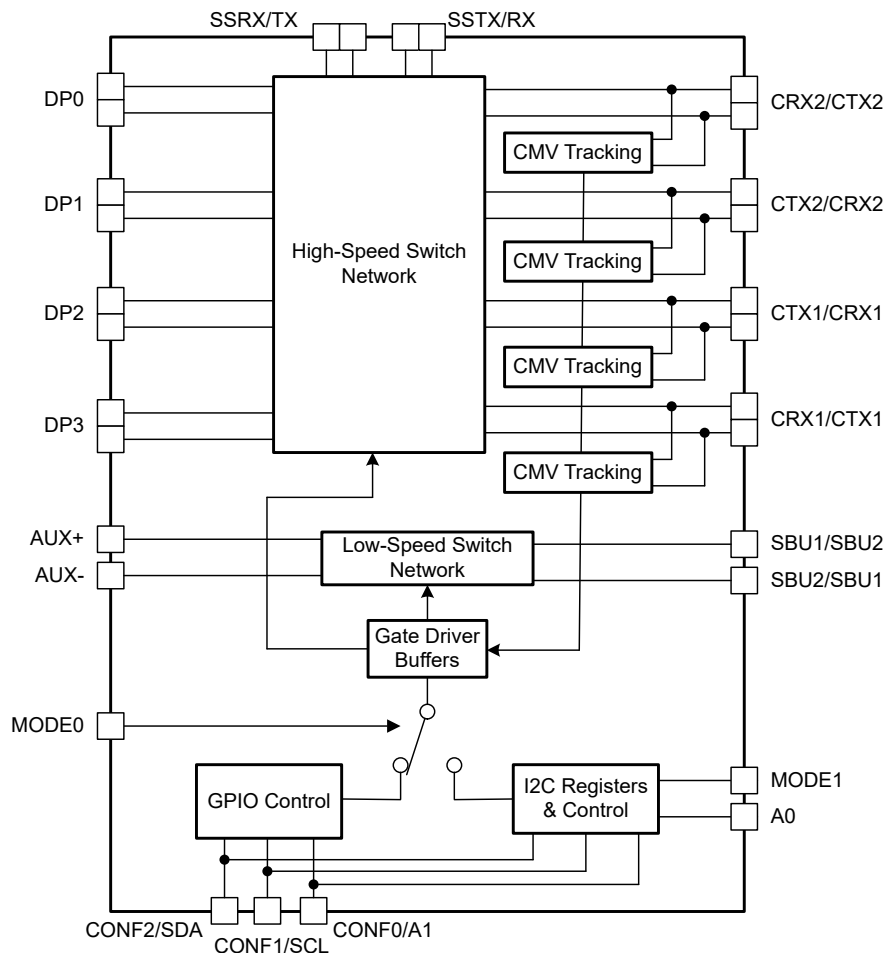
6.1 概要

TMUXHS4446-Q1 は、マルチプレクサまたはデマルチプレクサ構成の高速、双方向パッシブ クロスポイント (Xbar) スイッチです。このデバイスは、USB Type-C インターフェイス経由の信号を、USB 3.2 Gen2 SuperSpeed と DisplayPort 1.4/2.1 (最大 10Gbps UHBR10) の間で切り替えるために使用されます。このデバイスは、DisplayPort 補助チャンネルに通常使用される低速 SBU 信号の切り替えも行います。SBU ピンは 6V 許容で、VBUS への短絡イベントに耐えられます。TMUXHS4446-Q1 は、同相電圧範囲 (CMV) が 0V ~ 1.8V、差動振幅が 0V ~ 1800mVpp の差動信号をサポートしています。適応型 CMV トラッキングにより、デバイスを通るチャンネルが同相電圧範囲全体にわたって変化しないようにしています。

TMUXHS4446-Q1 の動的特性が可能にした高速スイッチングでは、信号アイ ダイアグラムの減衰は最小化され、発生するジッタは非常に低いレベルに抑えられます。このシリコン設計は、信号の高い周波数スペクトラムで優れた周波数応答が得られるように最適化されており、このデバイスのシリコン信号トレースとスイッチ ネットワークは最良のペア内スキュー性能が得られるように整合されています。

TMUXHS4446-Q1 には、次の 2 種類の制御モードがあります。GPIO および I²C。GPIO モードでは、制御ピンが High または Low に設定されます。I²C モードでは、外部 I²C コントローラ (USB PD コントローラなど) により、マルチプレクサ構成とデバイス制御が設定されます。この制御構成のフレキシビリティにより、広範な USB PD コントローラとの互換性が確保されます。

6.2 機能ブロック図



6.3 機能説明

6.3.1 高速差動信号スイッチング

制御ピンに送信されるデータに基づいて、TMUXHS4446-Q1 は以下のマルチプレクシング オプションを提供します。

- USB SS のみ: USB-C コネクタ上の TX および RX 信号の 1 つのグループのみを USB ソース / シンクに接続します。
- USB SS のみ (反転): USB-C コネクタが反転したとき、USB SS のみモードを有効にします。
- 4 Ln DP: USB-C コネクタ上の TX/RX 信号の両方のグループを DisplayPort ソース / シンクに接続します。
- 4 Ln DP (反転): USB-C コネクタが反転したとき、4 Ln DP モードを有効にします。
- 2 Ln DP + USB SS: TX/RX 信号の 1 つのグループを DisplayPort ソース / シンクに接続し、もう 1 つのグループを USB ソース / シンクに接続します。
- 2 Ln DP + USB SS (反転): USB-C コネクタが反転したとき、2 Ln DP + USB SS モードを有効にします。
- オープン (パワーダウン): すべてのスイッチを開き、デバイスの電源を切断します。
- オープン (パワーオン): すべてのスイッチを開きますが、デバイスの電源は維持します。

6.3.2 低速 SBU 信号スイッチング

TMUXHS4446-Q1 は、USB-C コネクタ上の SBU ライン経由で送信される DisplayPort の低速サイドバンド信号のスイッチングを行います。これらの信号は、AUX+ ピンと AUX- ピンに接続されています。USB-C コネクタが反転している場合、信号を正しい場所に配線するには、このスイッチが必要です。SBU ピンは 6V 許容です。

6.3.3 GPIO および I²C 制御モード

TMUXHS4446-Q1 は、MODE0 ピンが High または Low に駆動されることにより、GPIO と I²C 制御モードを切り替えられます。GPIO モード (MODE0 = Low) に設定すると、CONF[2:0] ピンは High または Low に駆動され、スイッチ構成が設定されます。I²C モード (MODE0 = High) に設定すると、外部 I²C コントローラ (例: PD コントローラ) は SDA および SCL ピンを介して TMUXHS4446-Q1 レジスタビットに書き込み、マルチプレクサ構成とデバイス制御を設定します。

MODE1 ピンを使用して、I²C データのロジックレベルを制御します。MODE1 が High の場合にロジックレベルは 3.3V で、MODE1 が Low の場合にロジックレベルは 1.8V です。

6.4 デバイスの機能モード

このセクションでは、TMUXHS4446-Q1 の制御ピンを構成してデバイス モードと マルチプレクサ 構成を設定する方法について説明します。

表 6-1 に、MODE0 ピンおよび MODE1 ピンを使用してデバイス制御構成モードを設定する方法を示します。

表 6-1. 制御モードの構成

制御モード	MODE0	MODE1
GPIO / ピン制御モード	0	X
I ² C (1.8V ロジック)	1	0
I ² C (3.3V ロジック)	1	1

表 6-2 に、I²C レジスタの設定を示します。A1 と A0 (バイト 1、ビット 2 および 1) はピン 35 と 14 で設定されます。CONF[2-0] (バイト 3、ビット 2 ~ 0) はデバイス構成を I²C モードで設定します。

表 6-2. I²C 制御

バイト番号および説明	レジスタビット							
	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
バイト 1、I ² C セカンダリ ターゲット アドレス	1	0	1	0	1	A1	A0	0/1 (W/R)
バイト 2、デバイス ID (読み取り専用)	0	0	0	0	0	0	0	0
バイト 3、選択制御 (読み取り / 書き込み)	0	0	0	0	0	CONF[2]	CONF[1]	CONF[0]

表 6-3 に、GPIO モードの CONF[2:0] ピン、および 表 6-2 に示すようなレジスタ バイト 3、ビット 2 ～ 0 (CONF[2-0]) が、ソース アプリケーションでマルチプレクサ構成を設定する方法を示します。

表 6-3. ソース アプリケーション向けの高速と低速のチャンネル マッピング

システム側チャ ネル	システム側チャンネルに接続されているコネクタ側チャンネル							
	オープン (パワ ーダウン)	オープン (パワ ーオン)	USB-C USB 3.x		DP Alt モード レセプタクル DFP ピン割り当て (ソース)			
			USB SS のみ	USB SS のみ (反転)	C, E 4 Ln DP	C, E 反転 4 Ln DP	D2 Ln DP + USB SS	D 反転 2 Ln DP + USB SS
	CONF[2:0] = 000	CONF[2:0] = 001	CONF[2:0] = 100	CONF[2:0] = 101	CONF[2:0] = 010	CONF[2:0] = 011	CONF[2:0] = 110	CONF[2:0] = 111
SSTX	X	X	CTX1	CTX2	X	X	CTX1	CTX2
SSRX	X	X	CRX1	CRX2	X	X	CRX1	CRX2
DP0	X	X	X	X	CRX2	CRX1	CRX2	CRX1
DP1	X	X	X	X	CTX2	CTX1	CTX2	CTX1
DP2	X	X	X	X	CTX1	CTX2	X	X
DP3	X	X	X	X	CRX1	CRX2	X	X
AUX+	X	X	X	X	SBU1	SBU2	SBU1	SBU2
AUX-	X	X	X	X	SBU2	SBU1	SBU2	SBU1

図 6-1 に、表 6-3 に基づくソース アプリケーション向け、TMUXHS4446-Q1 マルチプレクサ構成の図を示します。この図では、すべての信号は正ピンと負ピンの両方で差動ですが、簡潔に示すために単一ピンとして表示されています。

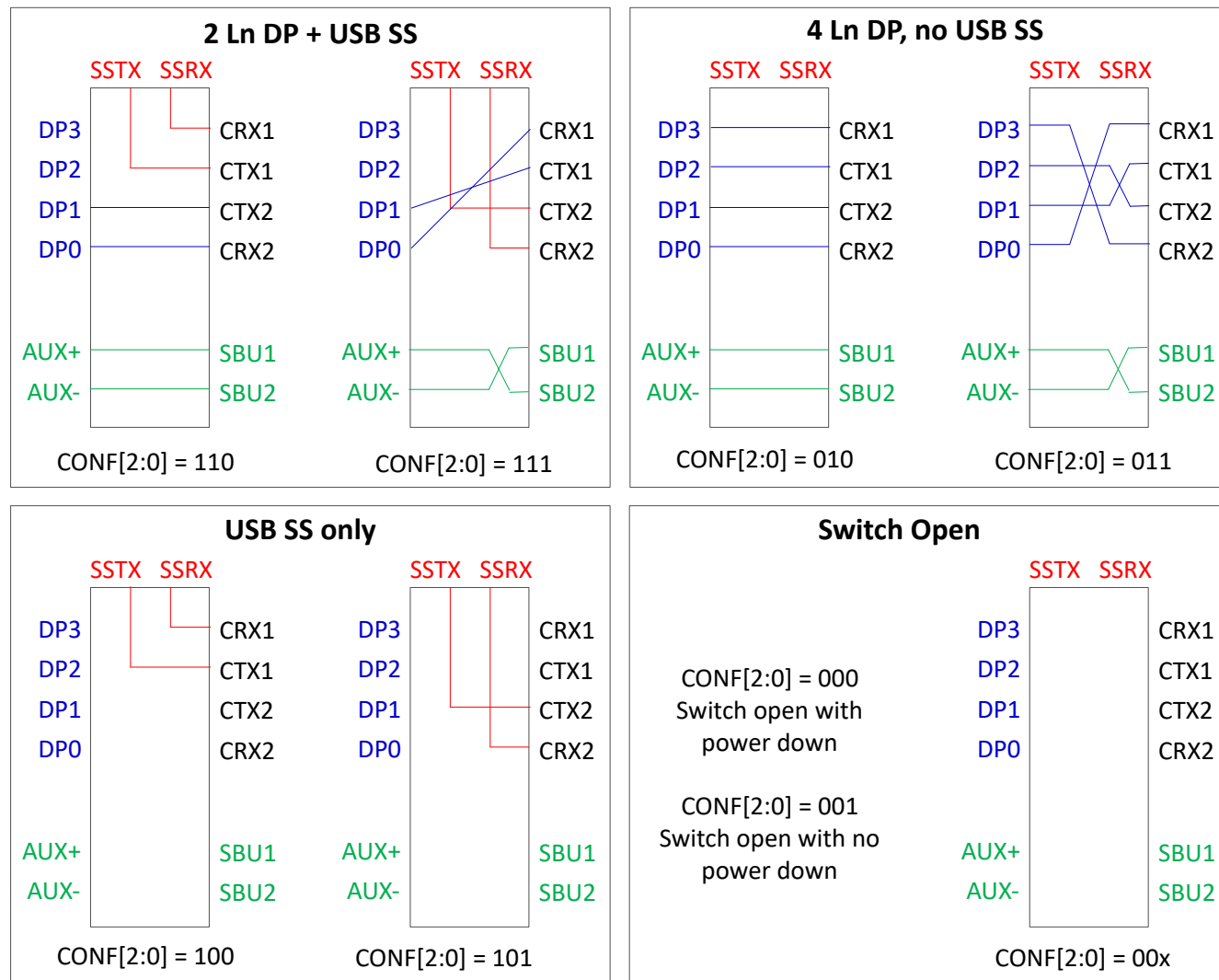


図 6-1. TMUXHS4446-Q1 ソース アプリケーションの各種構成の信号フロー図

シンク側の信号フローは、表 6-4 に基づいて構築することもできます。

表 6-4. シンク アプリケーション向けの高速と低速のチャンネル マッピング

システム側チャネル	システム側チャネルに接続されているコネクタ側チャネル							
	オープン (パワーダウン)	オープン (パワーオン)	USB-C USB 3.x		DP 代替モード レセプタクル UFP ピン割り当て (シンク)			
			USB SS のみ	USB SS のみ (反転)	C4 Ln DP	C 反転 4 Ln DP	D2 Ln DP + USB SS	D 反転 2 Ln DP + USB SS
	CONF[2:0] = 000	CONF[2:0] = 001	CONF[2:0] = 100	CONF[2:0] = 101	CONF[2:0] = 010	CONF[2:0] = 011	CONF[2:0] = 110	CONF[2:0] = 111
SSTX	X	X	CTX1	CTX2	X	X	CTX1	CTX2
SSRX	X	X	CRX1	CRX2	X	X	CRX1	CRX2
DP0	X	X	X	X	CTX2	CTX1	CTX2	CTX1
DP1	X	X	X	X	CRX2	CRX1	CRX2	CRX1
DP2	X	X	X	X	CRX1	CRX2	X	X
DP3	X	X	X	X	CTX1	CTX2	X	X
AUX+	X	X	X	X	SBU2	SBU1	SBU2	SBU1
AUX-	X	X	X	X	SBU1	SBU2	SBU1	SBU2

7 アプリケーションと実装

注

以下のアプリケーションのセクションにある情報は、TI コンポーネントの仕様に含まれるものではなく、TI は、その精度も完全性も保証いたしません。個々の目的に対する製品の適合性については、お客様の責任で判断していただくことになります。また、お客様は自身の設計実装を検証しテストすることで、システムの機能を確認する必要があります。

7.1 使用上の注意

TMUXHS4446-Q1 クロスポイント スイッチ (Xbar) により、USB Type C ポート経由で USB 3.2 および DisplayPort 2.1 信号の配線が可能になります。車載アプリケーションでは、この方法を採用することにより、お客様は車両全体の USB-PD モジュール内で Apple CarPlay™ と Android Auto™ を使用できます。このデバイスは、USB 3.2 Gen2 の 1 レーンと DP2.1 UHBR10 の 2 チャネル、または DP 2.1 UHBR10 の 4 チャネルをサポートし、AUX ± チャネルで USB サイドバンド ピン (SBU1/2) をスイッチングします。

7.2 代表的なアプリケーション

図 7-1 に、車載カメラの USB Alt モード アプリケーションのブロック図を示します。

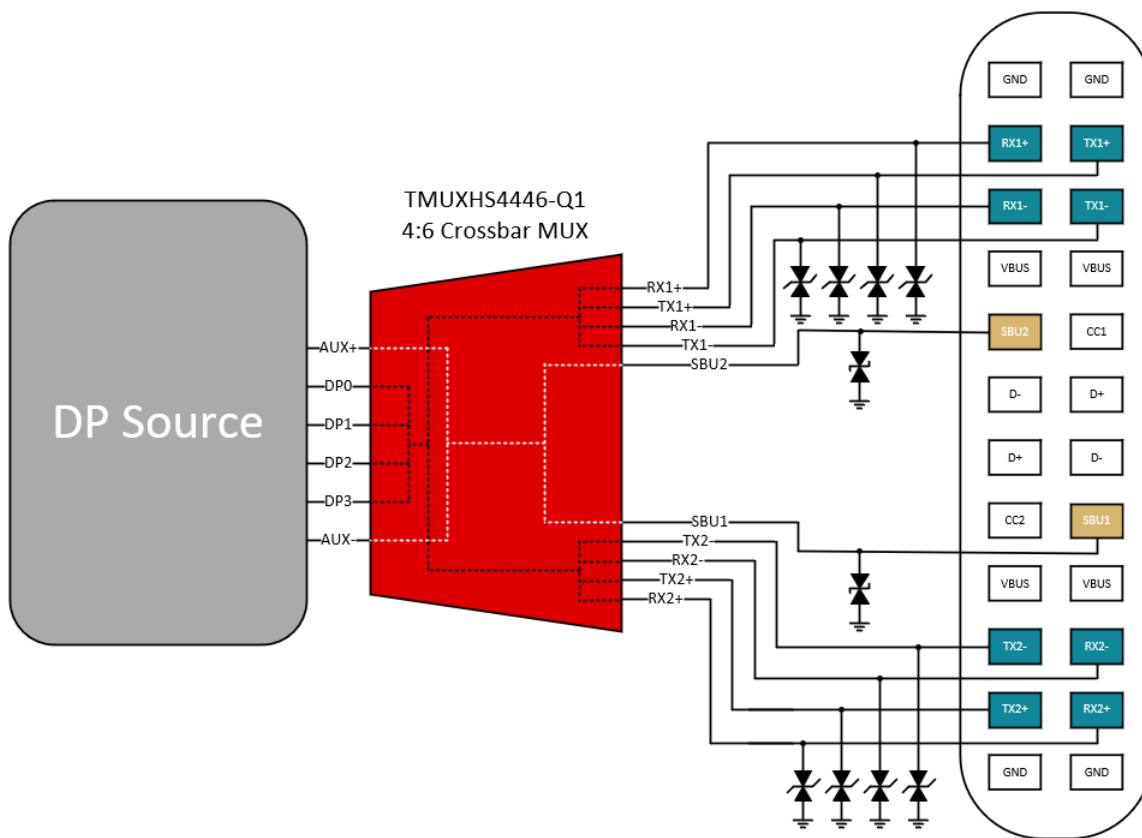


図 7-1. TMUXHS4446-Q1 USB Alt モードの代表的なアプリケーション

7.2.1 設計要件

この設計例では、表 7-1 に示すパラメータを使用します。

表 7-1. 設計パラメータ

パラメータ	値
電源電圧、 V_{CC}	3.3V
USB-C コネクタ側の TX ピン用 AC カップリング コンデンサ、 C_{TX}	220nF
I ² C プルアップ抵抗、 R_{I2C}	2k Ω
I ² C プルアップ電圧、 V_{I2C}	3.3V
DP 補助チャネル プルアップ電圧、DP_PWR	3.3V
DP 補助チャネル カップリング コンデンサ、 C_{AUX}	100nF

7.2.2 詳細な設計手順

DP 代替モードを持つ USB Type-C を実装する際には、AC カップリング コンデンサを慎重に配置する必要があります。TMUXHS4446-Q1 は VCM 範囲、0 ~ 1.8V を超えない標準的な範囲をサポートしていることに注意してください。AC コンデンサは、ソース側とシンク側の両方の端で、TX ピンでのみ使用されることに注意してください。ただし、このような VCM 範囲が保証されないアプリケーションがある場合は、AC カップリング コンデンサの配置を変更することを推奨します。RX ピンには、オプションで追加の AC カップリング コンデンサも使用します。

7.2.3 アプリケーション曲線

図 7-2 から 図 7-3 に、HBR3 8.1Gbps での DisplayPort 1.4 Tx コンプライアンス結果を示します。アイ ダイアグラム (スコープ内、ケーブル モデルなし) は、ベースライン セットアップと同じセットアップと TMUXHS4446-Q1 ボードと比較されます。図はレーン 0 用です。他のレーンも、同様のアイ ダイアグラムになります。TMUXHS4446-Q1 によるジッタの劣化は最小限です。

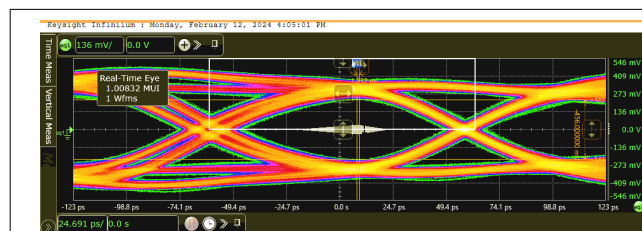


図 7-2. 8.1Gbps DP コンプライアンス アイ ダイアグラム - ベースライン セットアップ (DUT なし)

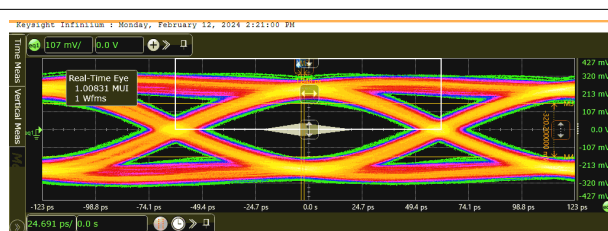


図 7-3. 8.1Gbps DP コンプライアンス アイ ダイアグラム - TMUXHS4446-Q1 あり

図 7-4 から 図 7-5 に、10Gbps での USB 3.x Gen2 Tx コンプライアンス結果を示します。アイ ダイアグラム (スコープ内、終端近く) は、ベースライン セットアップと同じセットアップと TMUXHS4446-Q1 ボードと比較されます。図はレーン 0 用です。他のレーンも、同様のアイ ダイアグラムになります。TMUXHS4446-Q1 によるジッタの劣化は最小限です。

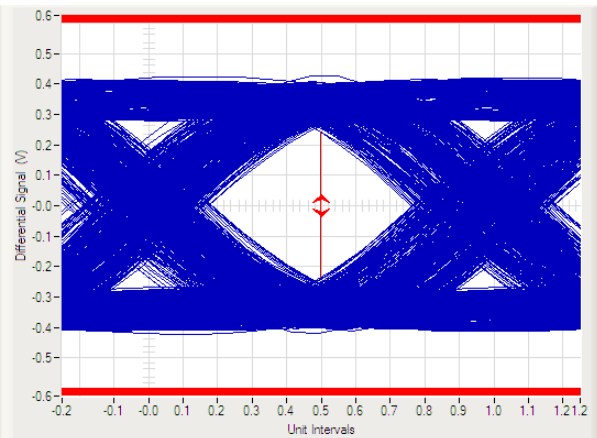


図 7-4. 10Gbps USB コンプライアンス アイ ダイアグラム - ベースライン セットアップ (DUT なし)

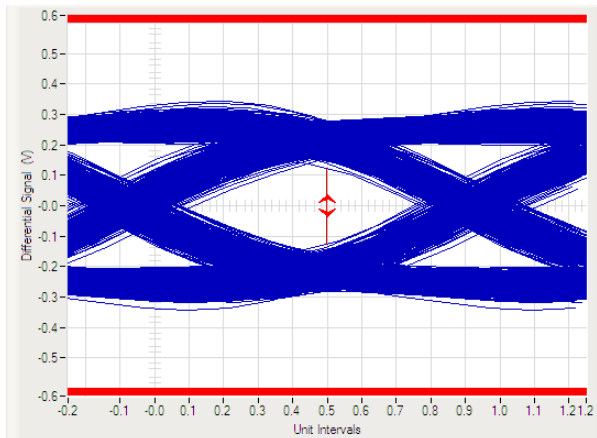


図 7-5. 10Gbps USB コンプライアンス アイ ダイアグラム - TMUXHS4446-Q1 あり

7.3 電源に関する推奨事項

TMUXHS4446-Q1 では、電源シーケンスは必要ありません。ただし、デバイス電源 V_{CC} が安定し、仕様が規定された後でデバイスに電源を投入することを推奨します。また、デバイスの V_{CC} にピンの近くに十分なデカップリング コンデンサを配置することも推奨します。

7.4 レイアウト

7.4.1 レイアウトのガイドライン

High-K 基板では、PowerPAD™ IC パッケージを常にサーマル ランドに半田付けすることを推奨します。サーマル ランドとは、パワー パッド パッケージの下にある半田錫銅の領域です。High-K 基板では、TMUXHS4446-Q1 は、パワー パッドをビアなしでサーマル ランドに半田付けすることにより、全温度範囲で動作できます。

高速レイアウトのガイドラインについては、『[シグナル コンディショナおよび USB ハブの高速レイアウトのガイドライン](#)』アプリケーション ノートを参照してください。

Low-K 基板では、1 オンスの Cu パターンを使用して、GND ピンをサーマル ランドに接続し、デバイスが温度範囲全体で動作するようにします。パワー パッド パッケージ用の一般的な PCB 設計ガイドは、『[熱特性強化型パッケージのパワーパッド](#)』アプリケーション ノートに掲載されています。

7.4.2 レイアウト例

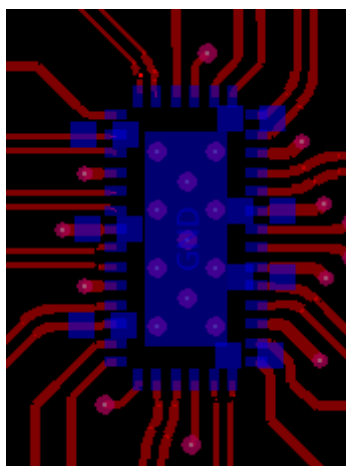


図 7-6. TMUXHS4446-Q1 のレイアウト例

8 デバイスおよびドキュメントのサポート

テキサス・インスツルメンツでは、幅広い開発ツールを提供しています。デバイスの性能の評価、コードの生成、ソリューションの開発を行うためのツールとソフトウェアを以下で紹介します。

8.1 ドキュメントのサポート

8.1.1 関連資料

関連資料については、以下を参照してください。

- テキサス・インスツルメンツ、『[シグナル コンディショナおよび USB ハブの高速レイアウトのガイドライン](#)』アプリケーション ノート
- テキサス・インスツルメンツ、『[熱特性強化型パッケージ PowerPAD™](#)』アプリケーション ノート

8.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法

ドキュメントの更新についての通知を受け取るには、www.tij.co.jp のデバイス製品フォルダを開いてください。[通知] をクリックして登録すると、変更されたすべての製品情報に関するダイジェストを毎週受け取ることができます。変更の詳細については、改訂されたドキュメントに含まれている改訂履歴をご覧ください。

8.3 サポート・リソース

[テキサス・インスツルメンツ E2E™ サポート・フォーラム](#)は、エンジニアが検証済みの回答と設計に関するヒントをエキスパートから迅速かつ直接得ることができる場所です。既存の回答を検索したり、独自の質問をしたりすることで、設計に必要な支援を迅速に得ることができます。

リンクされているコンテンツは、各寄稿者により「現状のまま」提供されるものです。これらはテキサス・インスツルメンツの仕様を構成するものではなく、必ずしもテキサス・インスツルメンツの見解を反映したものではありません。テキサス・インスツルメンツの[使用条件](#)を参照してください。

8.4 商標

Apple CarPlay™ is a trademark of Apple Inc.

Android Auto™ is a trademark of Google Inc.

PowerPAD™ and テキサス・インスツルメンツ E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

8.5 静電気放電に関する注意事項



この IC は、ESD によって破損する可能性があります。テキサス・インスツルメンツは、IC を取り扱う際には常に適切な注意を払うことを推奨します。正しい取り扱いおよび設置手順に従わない場合、デバイスを破損するおそれがあります。

ESD による破損は、わずかな性能低下からデバイスの完全な故障まで多岐にわたります。精密な IC の場合、パラメータがわずかに変化するだけで公表されている仕様から外れる可能性があるため、破損が発生しやすくなっています。

8.6 用語集

[テキサス・インスツルメンツ用語集](#) この用語集には、用語や略語の一覧および定義が記載されています。

9 改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

日付	改訂	注
June 2026	*	初版リリース

10 メカニカル、パッケージ、および注文情報

以降のページには、メカニカル、パッケージ、および注文に関する情報が記載されています。この情報は、指定のデバイスに使用できる最新のデータです。このデータは、予告なく、このドキュメントを改訂せずに変更される場合があります。本データシートのブラウザ版を使用されている場合は、画面左側の説明をご覧ください。

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package Pins	Package qty Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
PTMUXHS4446RETRQ1	Active	Preproduction	WQFN (RET) 40	3000 LARGE T&R	-	Call TI	Call TI	-40 to 125	

- (1) **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).
- (2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.
- (3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.
- (4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.
- (5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.
- (6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "-" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

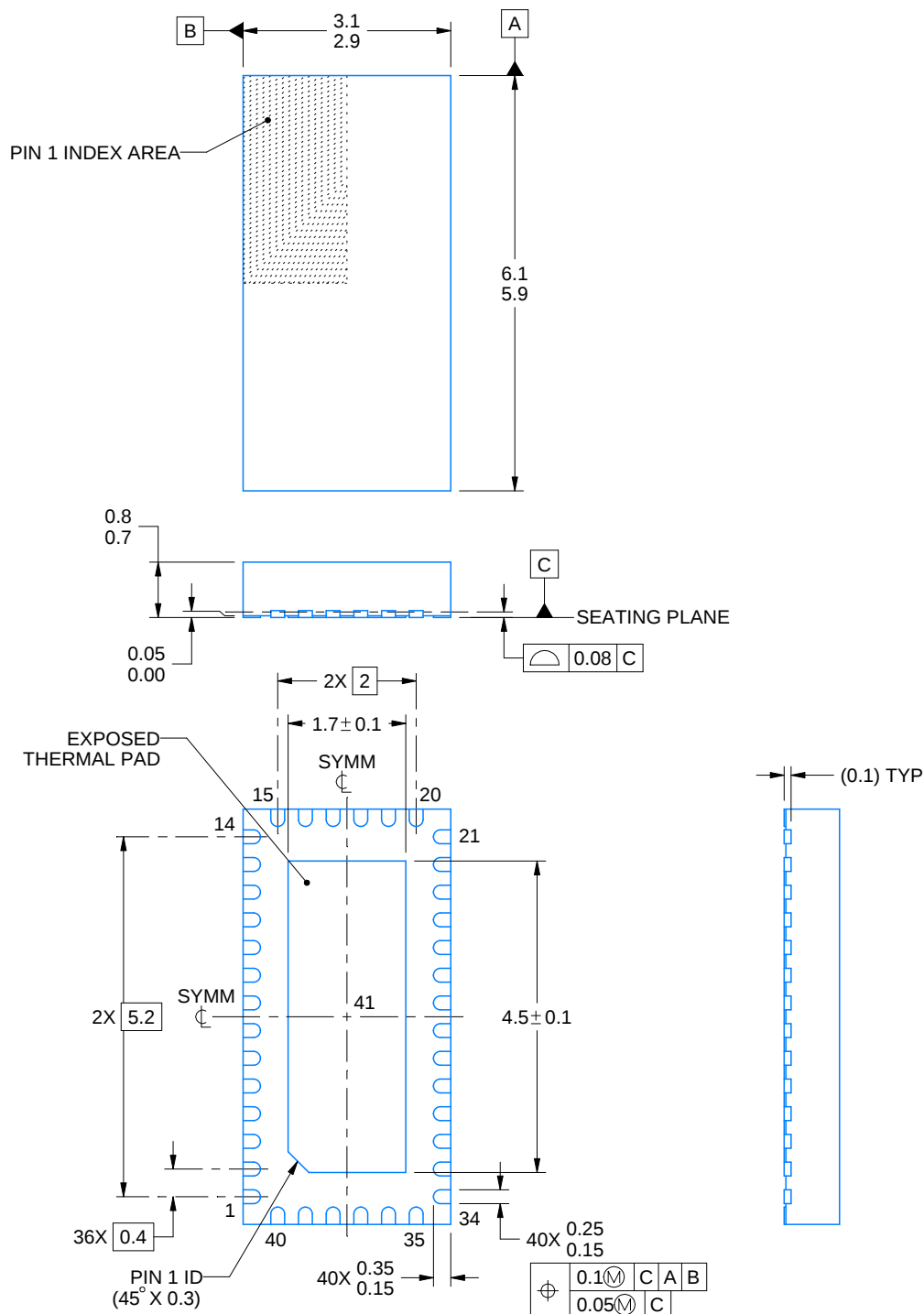
Important Information and Disclaimer:The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.



WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



4229203/A 11/2022

NOTES:

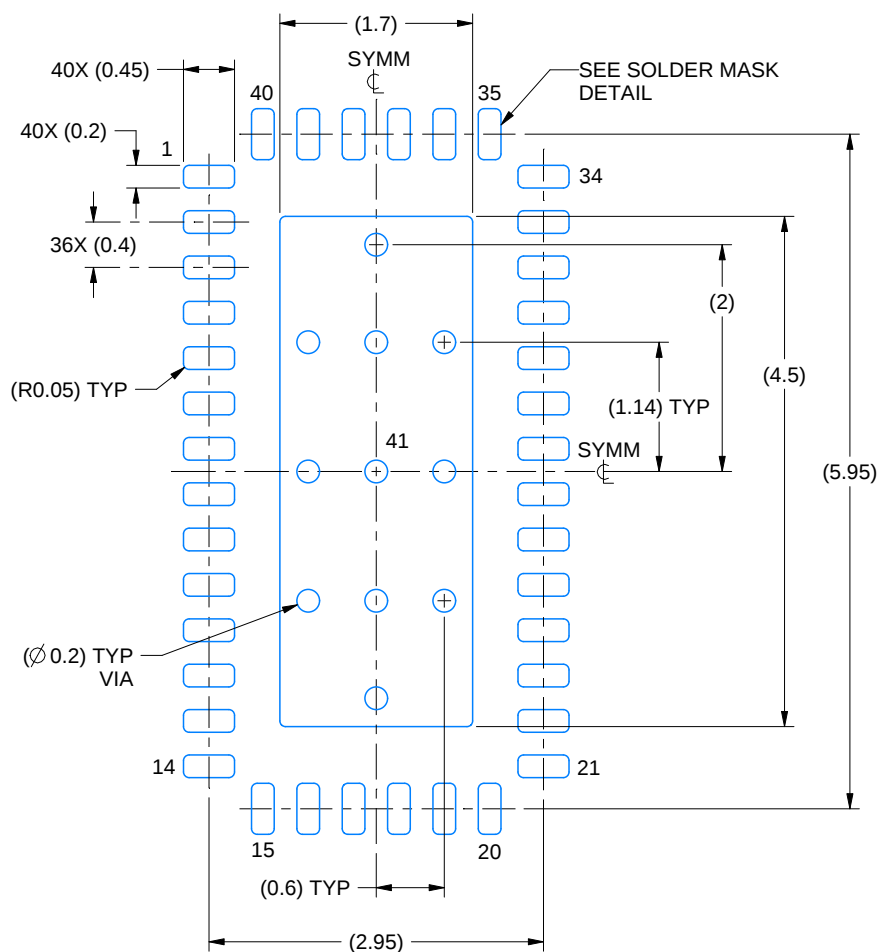
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

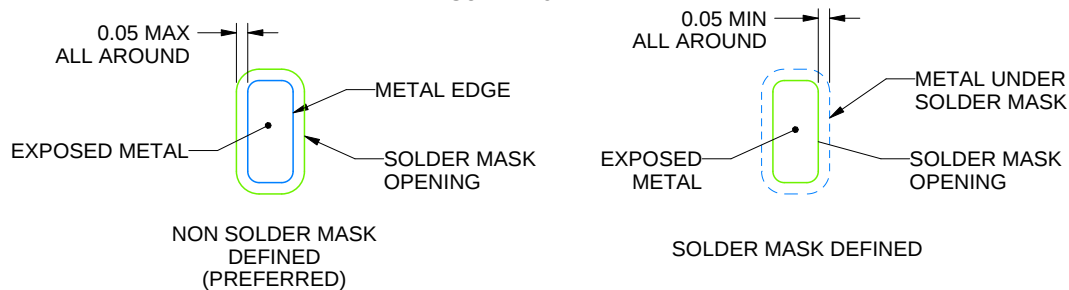
RET0040A

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 15X



SOLDER MASK DETAILS

4229203/A 11/2022

NOTES: (continued)

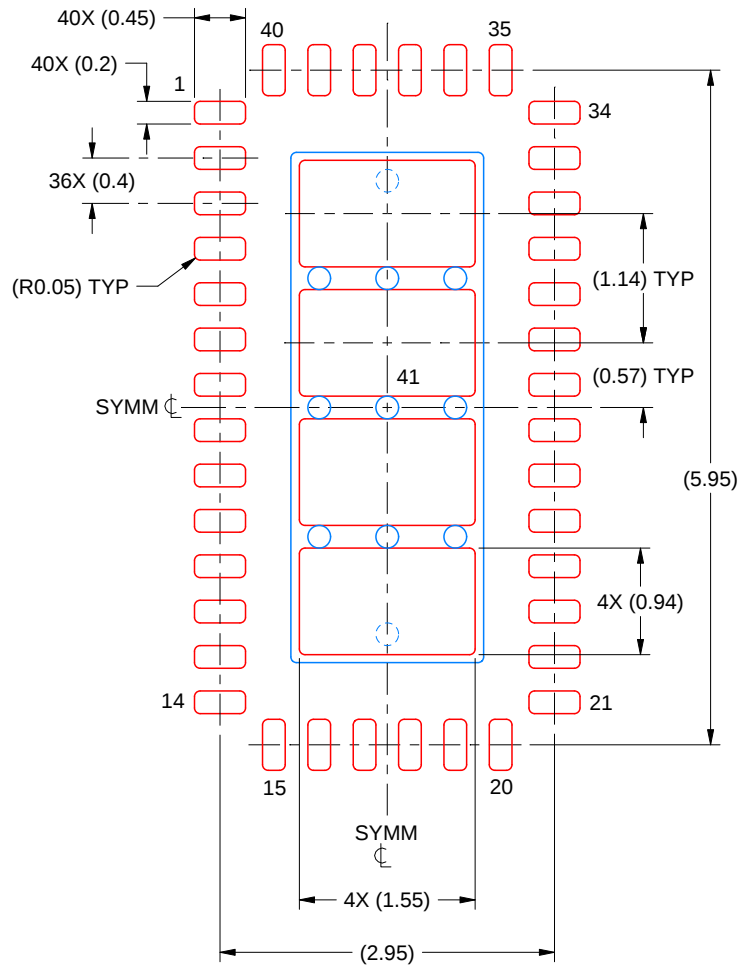
- This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).
- Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RET0040A

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 MM THICK STENCIL
SCALE: 15X

EXPOSED PAD 41
76% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE

4229203/A 11/2022

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含みいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、TI は一切の責任を拒否します。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](https://www.ti.com) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月