

Application Note

USB Type-C 構成チャネル (CC) コントローラ選択ガイド

Vishesh Pithadiya

概要

このアプリケーション ノートでは、USB Type-C および USB Type-C 構成チャネル (CC) の基礎について説明します。その後、本資料では、TI が提供する CC 設計に関する知見と、各部品 of 代表的な使用事例について説明します。

目次

1 はじめに.....	2
2 詳細説明.....	8
3 まとめ.....	10
4 参考資料.....	11

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 はじめに

一般的な用語と定義

表 1-1. 一般的な用語と定義



用語	定義
差動信号	一对の伝送線路を用いて伝送される信号。トランスミッタは、一对の配線上で互いに補完的かつ逆極性の二つの信号を用いてデータを送信します。これらの相補信号の差は、レシーバでのデータを解釈するために使用されます。
同相モード電圧	リンクの DC アイドル電圧。同相モード電圧とは、データが送信されていないときのリンクの電圧です
DC 結合	DC 結合は、リンクの同相電圧がゼロ以外の値になる可能性がある場合です。
AC 結合	AC 結合とは、リンクの同相電圧が 0V のときのことです。通常、AC カップリング コンデンサを使用して DC 電圧を遮断します。
全二重	1 チャネルでの双方向通信
半二重	2 つのチャネルにおける双方向の単方向通信
GBPS	ギガビット / 秒。
CC	構成チャネル
マルチプレクサ	マルチプレクサ
ソース	データ / 電力はソースから送信されます。
シンク	データ / 電力はシンクによって受信されます。
DFP	ダウンストリーム側ポート
UFP	アップストリーム側ポート
DRP	デュアルロール ポート
CC コントローラ	CC コントローラは、USB Type-C リンクの向きおよび電力供給能力を構成するために使用されます。
PD コントローラ	パワー デリバリコントローラ。この種のコントローラは通常、CC コントローラの機能に加え、高電力対応や USB Type-C の代替モードなどの PD 機能を統合しています。
PHY	物理層。これには、インターフェイスに必要なすべてのハードウェア接続が含まれます。
AEQ Q100	車載認証仕様
try.SNK	DRP がシンクとして動作することを優先する USB Type-C のステート マシン上の状態
try.SRC	DRP がソースとして動作することを優先する USB Type-C のステート マシン上の状態

USB とは何ですか？

ユニバーサル・シリアル・バス(USB)は、USB ホストから USB デバイスへの通信を可能にするシリアルプロトコルです。このプロトコルは 1996 年に初めて導入され、現在では世界で最も広く利用されている通信プロトコルの一つとなっています。USB は、携帯電話から電気自動車まで、幅広いアプリケーションで使用されています。1996 年以降、このプロトコル仕様には数多くの更新と改良が加えられ、その普及につながりました。表 1 に示すように、現在使用されている USB の主なリビジョンは USB 2.0、USB 3.2、および USB 4 です。

注: USB3.2 は、USB 3.0 (USB 3.2 Gen 1) および USB 3.1 (USB 3.2 Gen 2) を包含する包括的なプロトコルです

表 1-2. USB の主なリビジョンと対応するデータ通信速度

USB バージョン			記号	データ レート
USB 2.0	LS	ロースピード		1.5Mbps
	FS	フルスピード		12Mbps
	HS	高速		480Mbps
USB 3.2	Gen 1	SuperSpeed		5Gbps
	Gen 2	SuperSpeed 10Gbps		10Gbps
	Gen 2x2	SuperSpeed 20Gbps		20Gbps
USB 4				40Gbps

USB の最新リビジョンは、常に前のバージョンとの下位互換性を備えています。つまり、40Gbps の通信速度を持つ最新リビジョンの USB 4 をサポートする USB ポートは、1.5Mbps の通信速度を持つ最古のリビジョンである USB 2.0 Low-Speed もサポートする必要があります。

USB が USB2 から USB3.x に移行した際、USB ポートの物理的特性に大きな変更がありました。

- USB2.0 では、すべての通信が 1 組の DC 結合差動ペア間でハーフデュプレックス通信によって行われます。(1 チャネルでの双方向通信)
- USB3.2 以降では、2 組の AC 結合差動ペア間で通信が行われ、フルデュプレックス通信が可能になります。(2 チャネル間での一方向通信)

また、USB 規格では USB プロトコルに関連する標準コネクタも定義されています。次の図に、各種 USB コネクタとフットプリントを示します：

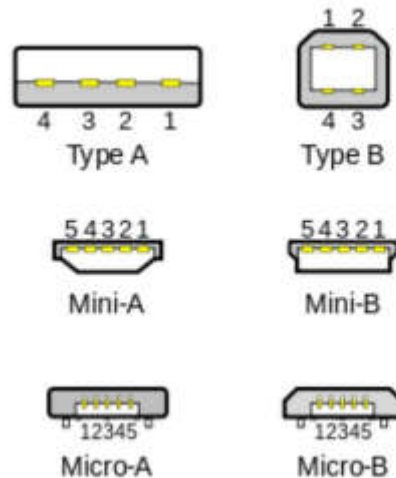


図 1-1. 代表的な USB 2.0 コネクタの種類

詳細については、USB の Web サイトをご覧ください：<https://www.usb.org/documents>

USB Type-C とは何ですか？従来の USB 規格とはどのような違いがありますか？

標準的な USB 2.0 の Type-A コネクタは y 軸に対して対称であるため、USB コネクタは USB レセプタクルに一方向でしか挿入することができません。USB 2.0 コネクタには 4 つのピンがあります。

- Vbus (5V 電源)
- D+ (差動信号処理用の正データ入力 / 出力)
- D- (差動信号処理用の負データ入力 / 出力)

- GND (グラウンド接続)

次の図は、標準的な USB 2.0 Type-A コネクタのピン配置を示しています。

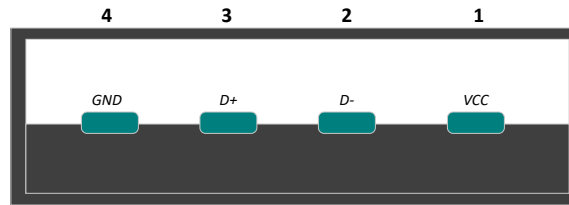


図 1-2. USB 2.0 Type A のピン配置

USB 3.2 の全二重通信を実現するために、USB コネクタには追加のピンが必要となりました。SSTX および SSRX の差動ペアを追加することで高速通信が可能となり、D+ および D- ピンは後方互換性のために維持されています。図 1-3 に、一般的な USB 3.2 Type-A コネクタの例を示します。

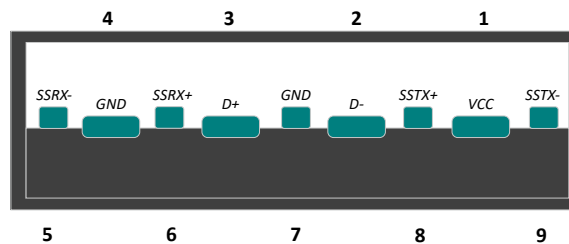


図 1-3. USB 3.2 Type A のピン配置

USB Type-C は、x 軸および y 軸に対して対称的な物理コネクタタイプであり、ケーブルは 2 通りの向きでレセプタクルに接続できます。ケーブルの向きに関係なく USB デバイスが正常に機能する必要があるため、USB Type-C のピン配置にはそれぞれの複製が含まれています。USB-C レセプタクル内の重複ピンは、図 1-4 に示されています。

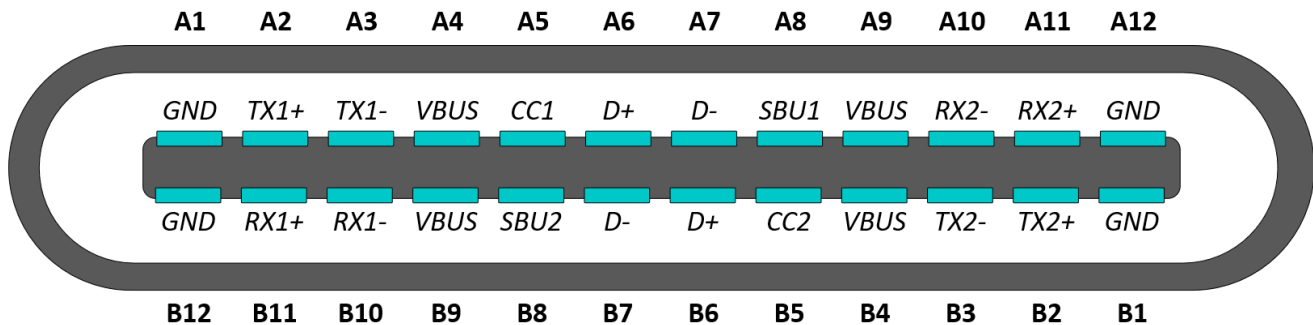


図 1-4. USB Type-C コネクタのピン配置

Type-C レセプタクルのピン A5 および B5 は、Configuration Channel (CC) ピンです。

USB Type-C にはどのように構成チャネル (CC) が実装されていますか？

CC ネゴシエーションは、USB Type-C のエニューメレーションの初期段階で行われる重要なステップの一つです。CC ネゴシエーションの目的は次の 3 つです：

1. USB Type-C コネクタの向きを判定する
2. ホストとデバイス間で、電力の供給および受電の能力を調整する
3. システムを代替モードとデバッグ モードで適切に構成する

USB Type-C コントローラの向きの判定は、CC ピンの同相モード電圧を測定することによって行われます。USB Type-C の CC 接続の標準的な表現を以下に示します。

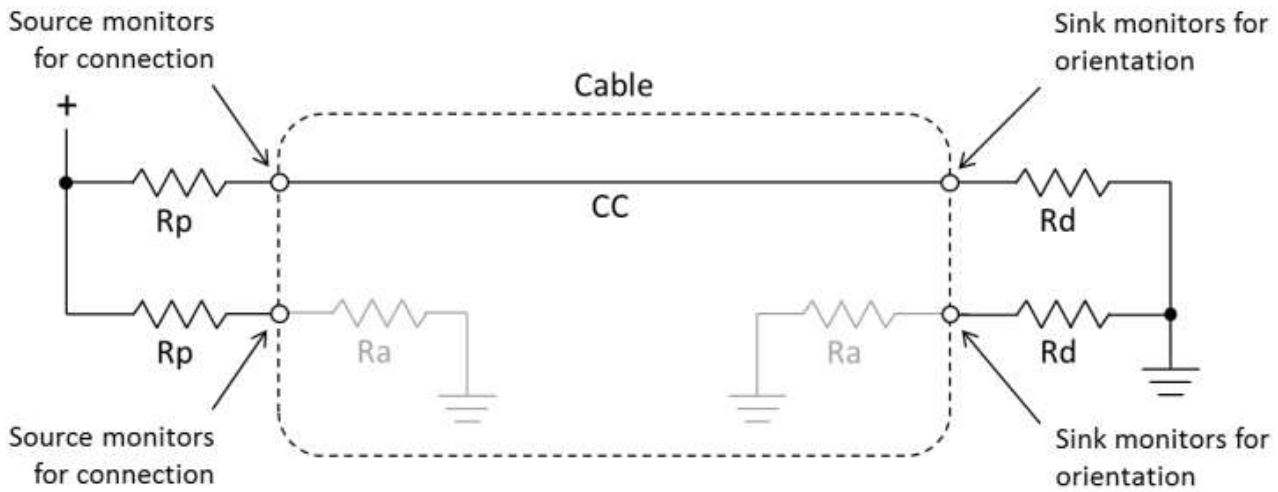


図 1-5. USB Type-C プルアップ / プルダウン CC モデル

この図では、ソース側に CC1 および CC2 にプルアップ (PUP) 抵抗が接続されており、これらは Rp と定義されています。シンク側には、CC1 および CC2 にプルダウン (PDOWN) 抵抗が接続されており、これらは Rd と定義されています。Ra はケーブル内部にある抵抗で、未使用の CC ピンを終端します。USB Type-C ケーブルを用いてソースポートとシンクポートを接続すると、CC チャンネルの一方が接続され、分圧回路が形成されることが分かります。

ソースとシンクはどちらも CC ピンの電圧を監視します。接続がない場合、ソースの CC 電圧は 3.3V になります。接続が確立されると、CC 電圧は 3.3V 未満に低下し、ソースはシンクが接続されていることを認識します。同様に、接続がない場合、シンクの CC 電圧は 0V になります。接続が確立されると、CC 電圧は 0V より上に引き上げられ、シンクはソースが接続されていることを認識します。

明確にするために、ソース (Rp) に 2 つのプルアップ抵抗が存在します。シンク (Rd) に二つのプルダウン抵抗が存在します。USB Type-C ケーブル (Ra) の四つのピンすべてに弱いプルダウンが存在します。USB Type-C ケーブルを接続すると、Ra と Rd のいずれか一方のペアが接続されます。これにより、USB 接続の向きが決まります。

- CC1 で電圧の変化が検出された場合、そのポートは接続が通常の向きであると判断します。CC2 で電圧の変化が検出された場合、そのポートは接続が反転した向きであると判断します。このように、構成チャンネルを用いて USB Type-C コネクタの向きを判定します。

シンク側のプルダウン抵抗値は、すべての USB Type-C で同一です。一方、ソース側のプルアップ抵抗値は調整可能であり、これにより DFP と UFP 間の CC ピンの同相モード電圧を変化させることができます。

DFP のプルアップ抵抗の値が異なると、CC 接続の同相電圧が異なります。この同相モード電圧の調整可能な範囲を用いて、接続の電力供給能力を判断します。以下の図は、900mA、1.5A、および 3A モードを通知するために使用される抵抗値を示しています。

Source Advertisement	Current Source to 1.7 - 5.5 V	Resistor pull-up to 4.75 - 5.5 V	Resistor pull-up to 3.3 V ± 5%
Default USB Power	80 μA ± 20%	56 kΩ ± 20% (Note 1)	36 kΩ ± 20%
1.5 A @ 5 V	180 μA ± 8%	22 kΩ ± 5%	12 kΩ ± 5%
3.0 A @ 5 V	330 μA ± 8%	10 kΩ ± 5%	4.7 kΩ ± 5%

Note 1: For Rp when implemented in the USB Type-C plug on a USB Type-C to USB 3.1 Standard-A Cable Assembly, a USB Type-C to USB 2.0 Standard-A Cable Assembly, a USB Type-C to USB 2.0 Micro-B Receptacle Adapter Assembly or a USB Type-C captive cable connected to a USB host, a value of 56 kΩ ± 5% shall be used, in order to provide tolerance to IR drop on VBUS and GND in the cable assembly.

Note 2: Each value above is the total current or resistance into the Source CC pin including all leakage and parallel resistance.

図 1-6. CC 電力ネゴシエーションの Rp 抵抗値

これらの異なる R_p の抵抗値によって、CC 分圧回路の同相モード電圧の範囲が異なります。図 4 の抵抗値は、図 5 に定義した電圧に直接関係しています。以下の表で定義されている電圧は、USB ソースにおける検出スレッシュホールドです。

	Minimum Voltage (V)	Maximum Voltage (V)
Connect Threshold $v_{CCRes-Rd-USB}$	0.272	1.32 ⁽²⁾
Disconnect Threshold² - v_{Rd-USB}	1.321	2.93 ⁽⁴⁾
Connect Threshold $v_{CCRes-Rd-1.5}$	0.713	1.32 ⁽²⁾
Disconnect Threshold¹ - $v_{Rd-1.5}$	1.440	2.44 ⁽⁴⁾
Connect Threshold $v_{CCRes-Rd-3.0}$	0.88 ⁽²⁾	2.155
Disconnect Threshold¹ - $v_{Rd-3.0}$	2.308	2.66 ⁽⁴⁾
$v_{CCRes-Ra-USB}$	0 ⁽³⁾	0.143
$v_{CCRes-Ra-1.5}$	0 ⁽³⁾	0.299
$v_{CCRes-Ra-3.0}$	0 ⁽³⁾	0.617
Threshold between $v_{CCRes-Rd-USB}$ and $v_{CCRes-Ra-USB}$	0.144	0.271
Threshold between $v_{CCRes-Rd-1.5}$ and $v_{CCRes-Ra-1.5}$	0.300	0.712
Threshold between $v_{CCRes-Rd-3.0}$ and $v_{CCRes-Ra-3.0}$	0.618	0.879

Note 1: Disconnect threshold should take v_{Offset} into account. $v_{Offset} = 0.25$ V is assumed here.
 Note 2: Result is from the voltage clamp variance.
 Note 3: Per Note 1 of Table 4-29, R_a minimum impedance may be less than $R_a(\min)$ when V_{CONN} is *not* applied.
 Note 4: Considers z_{OPEN} minimum.

図 1-7. 5V PUP CC モデルの CC 同相モード電圧検出スレッシュホールド

CC の分圧回路によって、接続の向きおよび電力能力を判断できることがわかります。また、CC ネットワークを用いて電力を判断する場合、利用可能な電力モードは 3 種類のみであることがわかります。

- 5V/900mA (4.5W)
- 5V/1.5A (7.5W)
- 5V/3A (15W)

しかし、USB Type-C には 50W 以上で充電可能な充電器が存在することが分かっています。どうしてこんなことができるのでしょうか？ 15W を上回る電力ネゴシエーションには、PD コントローラが必要です。これらの項目に関する詳細情報は、[こちら](#)でご確認いただけます。

USB Type-C の構成チャネル (CC) の三つ目の機能は、システムを代替モードおよびデバッグ モードに適切に構成することです。代替モード構成では、CC ライン経由で通信するための PD コントローラも必要です。この機能については、このドキュメントでは説明していません。

USB Type-C は、幅広い試験に対応するためのさまざまなデバッグ モードをサポートしています。これらのモードはオプションであり、すべての UBS システムでサポートされる必要はありません。図 1-8 は、USB ソースから見た終端と、それに対応するデバッグ モードおよびアクセサリ モードを示しています。

CC1	CC2	State	Position
Open	Open	Nothing attached	N/A
Rd	Open	Sink attached	①
Open	Rd		②
Open	Ra	Powered cable without Sink attached or for <i>Liquid Corrosion Mitigation Mode</i> attached (Appendix A)	①
Ra	Open		②
Rd	Ra	Powered cable with Sink, <i>VCONN-Powered Accessory (VPA)</i> , or <i>VCONN-Powered USB Device (VPD)</i> attached	①
Ra	Rd		②
Rd	Rd	<i>Debug Accessory Mode</i> attached (Appendix B)	N/A
Ra	Ra	<i>Liquid Corrosion Mitigation Mode</i> attached (Appendix A)	N/A

図 1-8. 想定される CC 終端および関連するデバッグ モード

2 詳細説明

このセクションでは、USB チームの CC コントローラ ポートフォリオに含まれる内容と、部品選定プロセスを支援するための主な差別化基準について説明します。

CC コントローラのポートフォリオには、4 つの主要な製品ファミリと 3 世代の部品があります。図 2-1 は、製品ファミリと世代の視覚化を表示します。

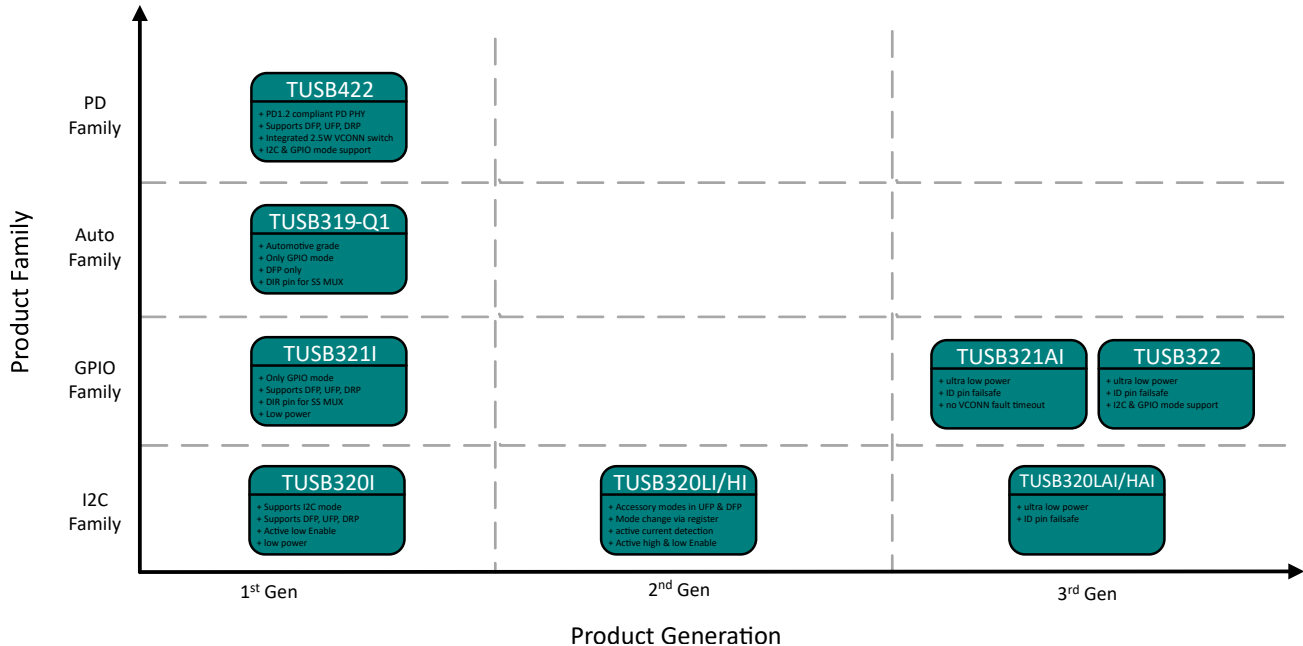


図 2-1. TI の最新 CC コントローラ ポートフォリオ

4 つの製品ファミリは、次の識別子に基づいて分割できます：

1. **PD ファミリ**: この製品ファミリは PD PHY をサポートしています。このファミリに属する製品は TUSB422 のみであり、PD 仕様リビジョン 1.2 に完全準拠するようにリリースされました。より新しい PD 製品については、TI の PD コントローラ チームにお問い合わせください。
2. **車載ファミリ**: AEQ Q100 認定済みの製品ファミリ。この製品ファミリに属する部品は、TUSB319-Q1 のみです。これは DFP のみの CC コントローラです。
3. **GPIO ファミリ**: このファミリ製品は、GPIO アプリケーション向けに設計されています。これらはすべて、外部の DIR 信号を用いて USB Superspeed マルチプレクサを制御するように設計されています。これらの部品は、USB Type-C システムの USB 3.x アプリケーションに最適な設計を採用しています。この製品ファミリには、次の 3 つの要素があります: TUSB321I、TUSB321AI、および TUSB322I。
4. **I2C ファミリ**: この製品ファミリは、I2C および GPIO 用途向けに設計されています。これらの製品は外部 DIR ピンを持たないため、GPIO モードで USB 2.0 システムと動作するように設計されています。しかし、I2C モードでは、これらの製品は USB 2.0 および USB 3.x のアプリケーションで動作させることができます。これらの製品は、アクティブ High またはアクティブ Low のいずれにも対応可能な EN ピンを備えており、高い柔軟性を提供します。このファミリの部品は次のとおりです: TUSB230I、TUSB320LI、TUSB320HI、TUSB320LAI、TUSB320HAI

4 つの製品ファミリに加えて、TI の CC コントローラ ポートフォリオは、さらに世代ごとに分類することができます。以下の図は、各世代間の主な変更点を示しています。3 つの世代の製品はすべて独立して存在しており、新しい世代が古い世代を廃止するわけではない点にご留意ください。PD コントローラ ファミリはここには含まれていません。これは、TUSB422 が一世代のみであるためです。

Feature	First Generation		Second Generation		Third Generation				
	TUSB320	TUSB321	TUSB320LI	TUSB320HI	TUSB320LAI	TUSB320HAI	TUSB321A	TUSB322	HD3SS3220
VDD Range	2.7 V–5 V	4.5 V–5.5 V	2.7 V–5.5 V	2.7 V–5.5 V	2.7 V–5.5 V	2.7 V–5.5 V	4.5 V–5.5 V	4.5 V–5.5 V	Dual Supply: 5 V and 3.3 V
Enable Pin	Active Low	N/A	Active Low	Active Low	Active Low	Active High	N/A	Active Low	Active Low
Shutdown Current	0.46 μ A	N/A	0.46 μ A	0.46 μ A	0.37 μ A	0.37 μ A	N/A	0.37 μ A	5 μ A
UFP Active Current	100 μ A	100 μ A	100 μ A	100 μ A	70 μ A	70 μ A	70 μ A	70 μ A	700 μ A
Vconn 1-Watt Support	No	Yes	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes
GPIO Mode	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
400-kHz I ² C support	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes
UFP-only Support	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes With I2C	Yes
DFP-only Support	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes With I2C	Yes
DRP-only Support	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Cable Orientation through DIR pin to control external MUX	No	Yes	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Cable Orientation through I ² C register	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes
ID pin Fail-Safe	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
VBUS Detection 4 V to 28 V	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Integrated USB 3.1, 2:1 MUX	No	No External using HD3SS3212	No	No	No	No	No External using HD3SS3212	No External using HD3SS3212	Yes

図 2-2. CC コントローラ ポートフォリオの世代ごとの内訳

図 2-3 は、主要なデバイス機能を用いて部品選定を効率化するための製品選定フローチャートを提供します。

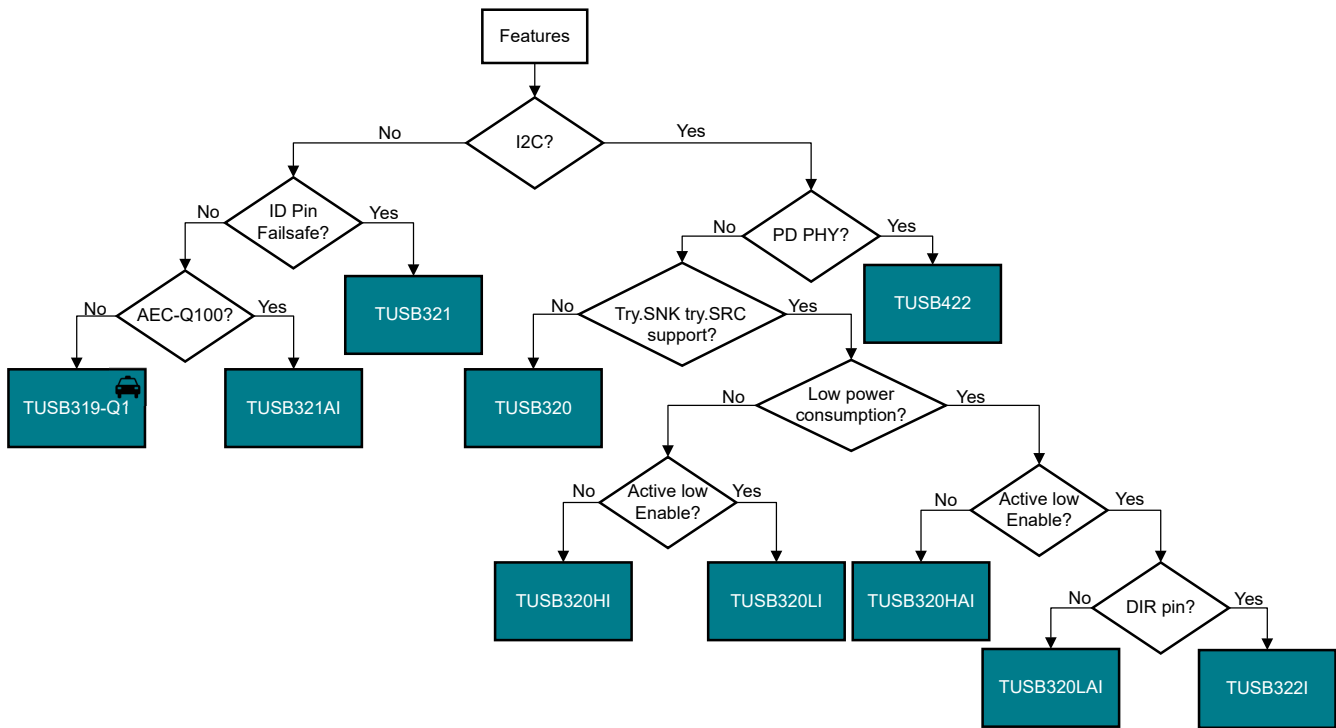


図 2-3. CC コントローラの選択のフローチャート

3 まとめ

CC コントローラ製品ラインアップは、USB Type-C 仕様で定義されている多くのニーズに対応しています。このカバレッジにより、現在のところ、このポートフォリオを拡張する予定はありません。より大電力、代替モード機能、マイコンの機能が必要な場合は、TI.com の [PD コントローラ製品ポートフォリオ](#)をご覧ください。

4 参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、『TI の製品ポートフォリオによる USB Type-C® の実装』アプリケーション ノート。
2. テキサス インスツルメンツ、『TUSB32x および HD3SS3220 CC コントローラ デバイスの代表的なアプリケーションの問題』、アプリケーション ノート。
3. USB、<https://www.usb.org>、Web ページ。

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むいかなる保証も、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、

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](#) 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