

USB Type-C Detector

BD91N01NUX 機能解説

本製品は USB Type-C Rev2.1 規格に互換した Sink 側ポート用 IC です。Type-C プラグがレセプタクルに挿入されるとスタンドアロン動作し、VBUS からシステム側へ電源を供給します。本製品を採用することにより Type-C インタフェースを導入し、規格で定義された最大 5V@3A の電圧・電流を受電することが可能になります。

本製品は 5V 駆動で最大 15W までの電力で動作するアプリケーションに使用可能なため、従来の電源ポートと USB Standard/Micro/Mini B ポートを個別に持っていたアプリケーションのポートを 1 つにまとめることができます。

仕様概要

本製品は Sink 側ポート用です。Source 機器が Type-C ケーブルを介してセットに接続されると、本製品は VBUS を電源として動作を開始し、USB Type-C プラグ方向、挿抜検出、USB Type-C Current 判定を行い、各出力端子を介して外部に通知します。また、接続が検出されると VBUS パワーラインの Pch-MOS FET スイッチを制御して後段のシステム側回路に電源を供給します。

接続後、システム側は MCU 等で各デジタル出力端子をモニタすることにより接続結果を確認することが可能です。

本製品は入力設定端子を持たないため、MCU 側からの設定は不要です。

VBUS パワーラインの Pch-MOS FET スイッチは Source 機器との接続が解除されると、自動的に OFF します。

[印加電源仕様]

- VBUS = 4.0 ~ 5.5V
- VDDIO = 1.7 ~ 5.5V

[Type-C 接続仕様]

- SNK / UFP

[SNK (Power Sink) 仕様]

- TCC1/0 による外部通知

[保護機能]

- VBUS 過電圧保護
- VBUS 低電圧検出

[デジタル出力端子]

デジタル出力端子には以下の機能が割り振られています。

Table 1. デジタル出力端子機能

| 端子# | 端子名 | 出力レベル | 機能 |
|-----|--------|-------|---------------------------|
| 6 | TCC1 | VDDIO | Type-C 電流能力判定 2bit データ |
| 7 | TCC0 | VDDIO | |
| 8 | ORIENT | VDDIO | プラグ方向判定 |
| 9 | SWMONI | VDDIO | Pch-MOS FET 状態 |

全ての端子はプルダウンおよびプルアップを内蔵していません。

本製品のサポート範囲外の機能

本製品は Type-C Sink かつ UFP 専用のため、Table 2 に記載された機能には対応していません。別途弊社 USB PD コントローラシリーズをご用命ください。

Table 2. BD91N01NUX がサポートしない機能

| 未対応の機能 | |
|----------------------|-----------------------|
| OTG | Power Delivery |
| Dual Role Power Port | Power Role Swap |
| Dual Role Data Port | Data Role Swap |
| Source | PPS |
| DFP | Fast Role Swap |
| BC1.2 | VBUS OCP |
| 15W を超える Sink 機器 | 5V を超える電圧が必要な Sink 機器 |

仕様詳細

本製品の電源について

(VB 電源)

本製品の電源は VB 端子から供給されます。プラグの挿入により VBUS から VB 端子へ電力が供給されるとパワーオンリセットが行われ、起動を行います。

(VDDIO 電源)

デジタル出力端子にアサインされた各機能を全て使用しない場合、VDDIO への電源供給は不要です。

各デジタル出力端子は VDDIO を電源としてその出力を行います。VDDIO 電源は任意のタイミングで投入可能であり、規定されていません。もっとも単純なアプリケーションとしては Figure 4 の様に VDDIO をパワーラインの Pch-MOS FET の後段に接続し、一連の接続検出後自動的に VBUS から VDDIO へ電源が供給される形にします。

なお、Type-C 接続状態の各出力端子への反映は TCC 判定除去パルス幅 t_F 時間経過後に行われます。

各パラメータは Datasheet の参照をお願いします。

起動時間と動作判定について

本製品は VB 端子に印可された電源が VBUS 供給検出電圧 V_{UVREL} 以上になると最大 SWDRV ターンオン時間 t_2 経過後に SWMONI をアサートして Pch-MOS FET の状態を通知します。また同様に最大判定結果無効時間 t_1 経過後に TCC1 と TCC0 を安定させ接続された Source の電流能力を通知します。

各パラメータは Datasheet の参照をお願いします。

CC1/2 端子電圧クランパについて

本製品は、Dead Battery 動作を想定して設計されており、システム側からの給電は不要です。システム側の内部電源が枯渇したこの状態で、Source 機器からの接続検出を可能にするため、CC1 および CC2 端子に電圧クランパを内蔵しています。Dead Battery を前提としたスタンドアロン動作では当該素子を用いて R_d を代替的にアサートし Source からの検出を可能にします。当該電圧クランパは内部制御によって、VBUS 電圧が V_{UVREL} 以上になった直後自動的にリリースされ無効になります。

なお、本クランパは Dead battery 検出用であり、CC 端子の保護を目的とはしていません。一方本製品の CC 端子は 28V の高耐圧プロセスを使用しているため、外付けの保護素子は不要としております。

VBUS からの受電について

本製品は USB Type-C 規格に従って接続を行い、SWDRV 端子で VBUS パワーラインの Pch-MOS FET をオンし、自動的にシステムへの給電を開始した後、TCC1 および TCC0 端子で Type-C 電力を外部に通知します。

SWDRV オン条件と接続異常判定機能

Type-C 規格では従来の USB ポートと違い、Cold plug 機能を実現しており、Source 側が Sink 側に接続されたことを確認=CC1 端子もしくは CC2 端子電圧が確定して VBUS を出力する仕様となっております。

本製品はこの Cold plug 機構を利用し、接続異常判定を行います。Source 機器が接続を検出して VBUS の供給を行い、VB 電源の電圧が V_{UVREL} 以上になった時点で Source もしくはケーブルにより確定した CC1 端子と CC2 端子の電圧をモニタして異常が無いか判定を行います。

正常な場合は前述通りに SWDRV 端子で VBUS パワーラインの Pch-MOS FET をオンしてシステムへ電力を供給します。一方、異常状態が判定された場合 SWDRV 端子で VBUS パワーラインの Pch-MOS FET のオフを維持し、システムへの給電を遮断します。

正常/異常の判定に関する詳細は Table 3 と合わせて Datasheet P.4 CC Detection を参照してください。

Table 3. VB 端子印可時の接続異常判定結果

| CC1 端子 | CC2 端子 | 判定結果 | SWDRV |
|-------------|-------------|-----------------|-------|
| < 0.15V | < 0.15V | 異常* | オフ(H) |
| 0.25V~2.18V | < 0.15V | 正常 | オン(L) |
| < 0.15V | 0.25V~2.18V | | |
| 0.25V~2.18V | 0.25V~2.18V | Type-C 規格違反品 | オフ(H) |
| > 2.5V | Don't care | Source 側ブルアップ異常 | |
| Don't care | > 2.5V | | |

*本状態で VB 端子が印可された場合。

次の Table 4 は Type-C 規格上の仕様であり、この仕様を元に正常な接続含め、接続異常判定を行っています。

Table 4. Type-C 規格における CC 端子電圧の定義範囲

| 対象 | 定義 | CC 端子電圧 |
|-----------|-----------------|-------------|
| Sink 機器 | Open 状態 | < 0.15V |
| | 接続範囲 | 0.25V~2.18V |
| | USB Default | 0.25V~0.61V |
| | USB Type-C 1.5A | 0.70V~1.16V |
| | USB Type-C 3.0A | 1.31V~2.04V |
| Source 機器 | Open 判定 | > 2.5V |

正常/異常の判定に関わらず、SWDRV 端子の状態が一度確定された後は VBUS 電圧が V_{UVDET} を下回るまで解除されません。

通常のアプリケーションでは発生しませんが、評価上における治具等で VBUS 印可後、CC1 端子または CC2 端子に電圧を動的に印可して動作を確認する場合等は、SWDRV 端子の状態は維持される事をご留意ください。

VBUS 過電圧について

本製品は VB 端子電圧 (VBUS 電圧) に対して過電圧保護機能を持ちます。VBUS 過電圧検出電圧 V_{OVDET} を超える電圧を検知すると、VBUS パワーラインの Pch-MOS FET をオフして、過電圧が印可されないように Type-C プラグとシステムを遮断します。

この状態は VBUS 端子の過電圧検出状態が持続するとオフ状態でラッチされ、VBUS 電圧が V_{UVDET} を下回るまで解除されません。

このオフ状態でのラッチは「自動復帰」パルス幅 t_3 未満の場合は発生せず、即座に復帰が行われます。 t_3 は最大 10 μ s で定義され、この値以下のパルス状の過電圧状態が発生しても必ず復帰されることを意味する数値となります。

具体的には 10 μ s を超えるパルスが入った場合でも復帰することとなり、オフ状態でのラッチへ移行することを定義する値でないことにご留意ください。

検出結果と VBUS 電流制限に関して

本製品は Source 機器のアサートする R_p を検出して電流能力を TCC1 と TCC2 で通知しますが、判定した電流能力に対する電流検出機能を持ちません。検出された Source 機器の電流能力に足る Sink の電流制限は必ずシステム側で管理する必要があります。

VBUS 低電圧検出について

印可されている VBUS 電圧が V_{UVDET} を下回ると VBUS パワーラインの Pch-MOS FET をオフします。

低電圧検出状態はパワーオンリセット状態が継続し、一度 V_{UVDET} を VBUS 電圧が下回ると、接続結果全てがクリアされます。この状態からは、VBUS 電圧が起動時と同じく V_{UVREL} 以上になると復帰し、接続が維持されている場合は、再度接続検出を実行します。

Type-C プラグが抜去されると Source との接続が解除され、VBUS を喪失するため、本製品にはパワーオフ/リセット状態となります。この状態は VDDIO に依存しません。

起動時のシステムへの供給電圧に関して

本製品は VBUS パワーラインの制御に Pch-MOS FET を採用しているため、BD91N01NUX が起動して Pch-MOS FET のゲート電圧を確定させオフにするまで Figure 1 の様に VBUS 電圧が後段の VSRC に供給されます。

この起動時におけるゲート電圧が確定するまで後段に供給される電圧と時間は、Pch-MOS FET の前後にある容量等の回路構成に強く依存します。この現象を抑制したい場合は、極力ゲート容量 (C_{iss}) の小さな Pch-MOS FET をお選びください。

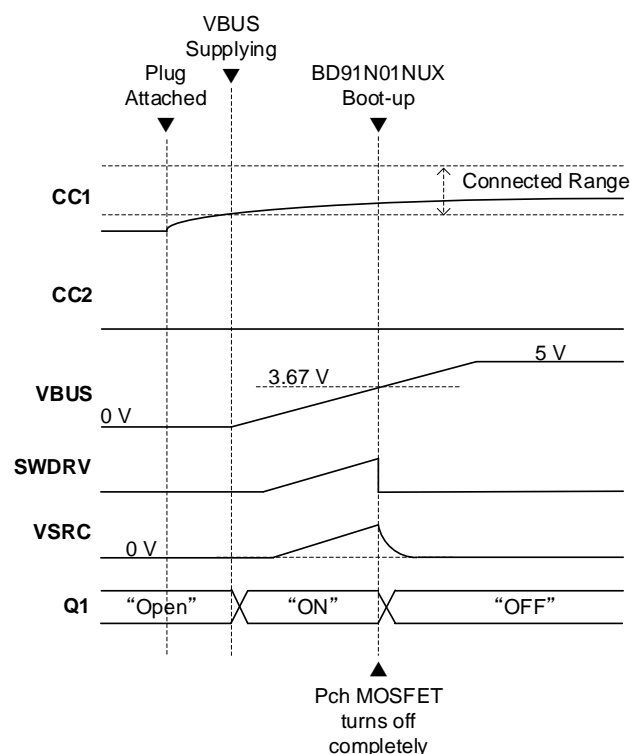


Figure 1. 起動時の VSRC 波形

Source 給電時のオーバ/アンダーシュート対策

本製品は Source 機器給電時のオーバシュートとアンダーシュートへの対策は施されていません。別途システム負荷側での検討をお願い致します。

なお、USBPD において電圧上昇、下降時のオーバシュート・アンダーシュートに関しては規格マスクが設定されておりますので、詳しくは USBPD 規格書(7.1.4 章等)のご参照をお願いします。

Type-C 接続検出に関して

本製品は Source 機器に接続が行われ、VBUS が V_{UVREL} 以上かつ CC1 および CC2 の電圧が Type-C 規格に定義された 0.25V ~ 2.18V に入ると、最大判定結果無効時間 t_1 経過後に TCC1 と TCC0 に接続結果を出力します。

接続後 CC1 または CC 2 の電圧が変動した場合は、それに応じて TCC1 と TCC0 が変化しますが、Type-C 規格上接続後に CC1 または CC2 の電圧が変動することはないため、実動作上問題ございません。

また Type-C/PD 機器と接続した場合、PD source 側から一定時間一連の PD communication が CC1 または CC2 上で通信を行われますが、この通信で検出結果が変動することはありません。

Type-C 以外の充電規格に関して

本製品は Type-C 規格にのみ対応し、BC1.2 規格の DCP / CDP または Quick Charge 等の各ベンダ独自規格充電には対応していません。接続された場合は、規格に準拠した Type-A to C ケーブルを介して標準の USB ポート (SDP) に接続されたと認識し、VBUS パワーラインの Pch-MOS FET を ON します。

また、BC1.2 は USB-IF が規定した公式の USB 充電規格となり、Type-C との併存が認められています。BC1.2 の DCP や CDP が外部の BC1.2 デテクタにより判定された場合、Type-C default を超えて 1.5A までの供給が許可されます。

Type-C/PD Source 機器との接続

本製品は Type-C のみに対応しており、USB PD には対応していません。一方、USB PD 規格は Type-C 規格を前提にしているため、接続された USB PD Source は Type-C 規格に基づいて判定を行う事になります。接続された USB PD Source 機器はアサートしている R_p で、Type-C 規格に準じて判定が行われ、結果は Type-C source 機器と同じように TCC1 と TCC0 に出力されます。

Type-A to C 変換ケーブルでの接続

本製品は Type-A to C ケーブルを介した Source 機器との接続も可能です。Type-A to C ケーブルの場合 Type-C プラグ内に R_p 抵抗が実装されています。またこの R_p 抵抗値は Source 側に過剰な電力を供給させないため、USB default をアサートする R_p が規格

で指定されております。このため、接続された場合は TCC1 と TCC0 は USB default を示す TCC1=L, TCC0=H となります。

Type-B to C ケーブルが接続された場合、Type-B 側ポートは VBUS の供給を行わないため、本 LSI は VB に電源が供給されず起動することができません。

代表的な機器と TCC1/TCC0 における判定結果は Table 5 を参照ください。

Table 5. 代表的な機器との接続と判定一例

| 接続機器 | ケーブル | TCC1 | TCC0 |
|------------------------|-------------|------|------|
| Source Type-C Default* | Type-C | L | H |
| Source Type-C 1.5A | | H | L |
| Source Type-C 3.0A | | H | H |
| Source Type-C USB PD | | H | H |
| Sink Type-C | | L | L |
| Sink Type-C USB PD | L | L | |
| Legacy-A (with BC1.2) | Type-A to C | L | H |
| Legacy-B | Type-B to C | L | L |

*Type-C default の電流は USB 規格の Version に依存します。

本製品は Type-A to C ケーブルは規格に準拠して USB default を示す 56k Ω の R_p が実装されていることを前提として設計されております。

ORIENT 機能に関して

ORIENT 機能は Type-C ケーブルのフリップ方向を判定し、USB 通信のピンアサイン先を決定するのに利用します。

CC1 が接続されている場合は起動時の "L" をそのまま維持し、CC2 が接続されている場合は ORIENT を "H" にします。

基本的に本機能は USB3.x 以降の高速作動信号のアサインを決定するために利用できます。

Type-C 規格においては、USB2.0 の LS/FS/HS 通信に使用される D+ (Dp1 / Dp2) と D- (Dn1 / Dn2) はそれぞれ Receptacle 端で短絡することが仕様として許容されており、D+ と D- のフリップを切り替えるため別途 USB スイッチを実装する必要はありません。

PCB レイアウトの制限で USB2.0 の信号品質を維持できない場合、本 ORIENT 信号を参照して切り替えを行う事も可能です。

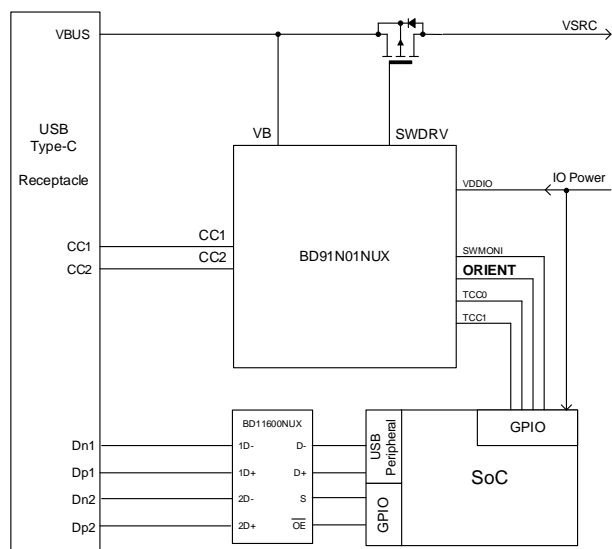


Figure 2. USB2.0 の切り替えアプリケーション例

SWMONI 機能に関して

SWMONI 機能は SWDRV 端子がオンになると必ず“H”にアサートされるため、システムへ電力が供給されたことを検出する信号として利用できます。内部電源を生成する POL の EN 端子に利用する他、MCU の GPIO に入力を行い、制御論理としても利用可能です。

TCC0/TCC1 機能と電流制限に関して

本製品は後述に記載されている様に、検出された Source が許容する電流に対して一切の電流制限を行いません。電流制限は別途システム内部にて制御をお願いします。

TCC0 と TCC1 機能は接続された Source 機器の電流能力を通知する信号として利用できます。TCC0 と TCC1 で定義された電流能力を参照して、MCU や論理素子を介して後段のチャージャや POL に充電電流や過電流保護設定を行う事ができます。

USB Default 判定時の場合は Type-C 規格で定義される電流により一意に決定しないため、実装している USB PHY の USB バージョンに準じて判定が必要です。なお、USB3.2 以降は Type-C ポート形状に加え USB PD が必須となるためこの範疇に入りません。

Table 6. USB 規格における default の電流制限定義

| USB 規格 | 電流制限 |
|--------------------------------|-------|
| USB1.0～3.1 のバージョンに関わらずエニユメレート前 | 100mA |
| USB1.x～2.0 | 500mA |
| USB3.0～3.1* | 900mA |

*USB3.2 以降は事実上 Type-C 1.5A 以上が Default に相当します。

TCC0 と TCC1 により判定された電流は、Source 機器の許容する最大電流を示すものであり、Sink 機器が稼働に必要な最小電力及び実際に引く電流負荷は、検出された Source 供給能力以下であることが求められます。

また、本製品は接続可能な Source であれば必ず VBUS パワーラインの Pch-MOS FET をオンしてシステム側へ給電を行うため、検出された Source 機器の供給電力が、Sink が必要とする最小動作電力よりも小さい場合、システム側が VBUS から電力を消費することを制限する必要があります。

Table 7. Source 機器と Sink 機器の電力制限

| 接続機器 | ケーブル | Sink 機器の最大電力 |
|------------------------|-------------|----------------------------------|
| Source Type-C Default* | Type-C | USB2.0 : 2.5W USB3.x : 4.5W** |
| Source Type-C 1.5A | | 7.5W |
| Source Type-C 3.0A | | 15W |
| Source Type-C USB PD | | 15W |
| Legacy-A (with BC1.2) | Type-A to C | 7.5W* |

*BC1.2 デテクタが別途必要

**USB3.2 以降は Type-C 必須で 1.5A が Default 相当。

接続解除と TCC0/TCC1 の判定タイミング

CC1/CC2～TCC 端子の変化は Type-C プラグの挿入/抜去のチャタリングの安定時間に強く依存するため、BD91N01NUX の Datasheet では CC1/2 からのタイミングを規定しておりません。

特に抜去時の判定に際して TCC0 と TCC1 端子の安定は、Type-C プラグの抜去により VBUS が 3.1V を下回ると 500 μ s 以内に SWMONI が立ち下がりますので、これをトリガすることで TCC を安定して判定することが可能です。

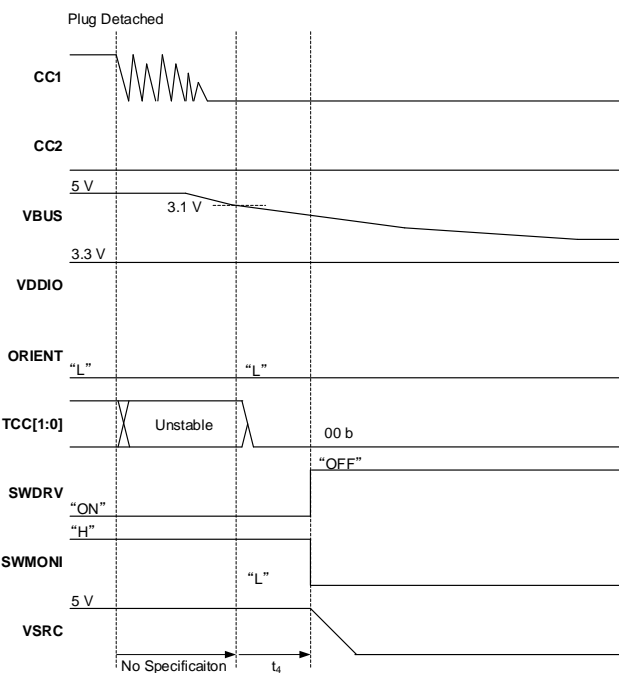


Figure 3. プラグ抜去発生時(Datasheet Figure 5 補完)

Table 8. The timing characteristic of TCC0 and TCC1

| Parameter | Symbol | Min | Typ | Max | Unit |
|---|--------|-----|-----|-----|---------|
| The stability timing from VBUS 3.1V threshold | t_4 | - | - | 500 | μ s |

EXP-PAD に関して

EXP-PAD は内部 GND と接続しておらず、GND に接続/Open どちらでもかまいません。

推奨回路例

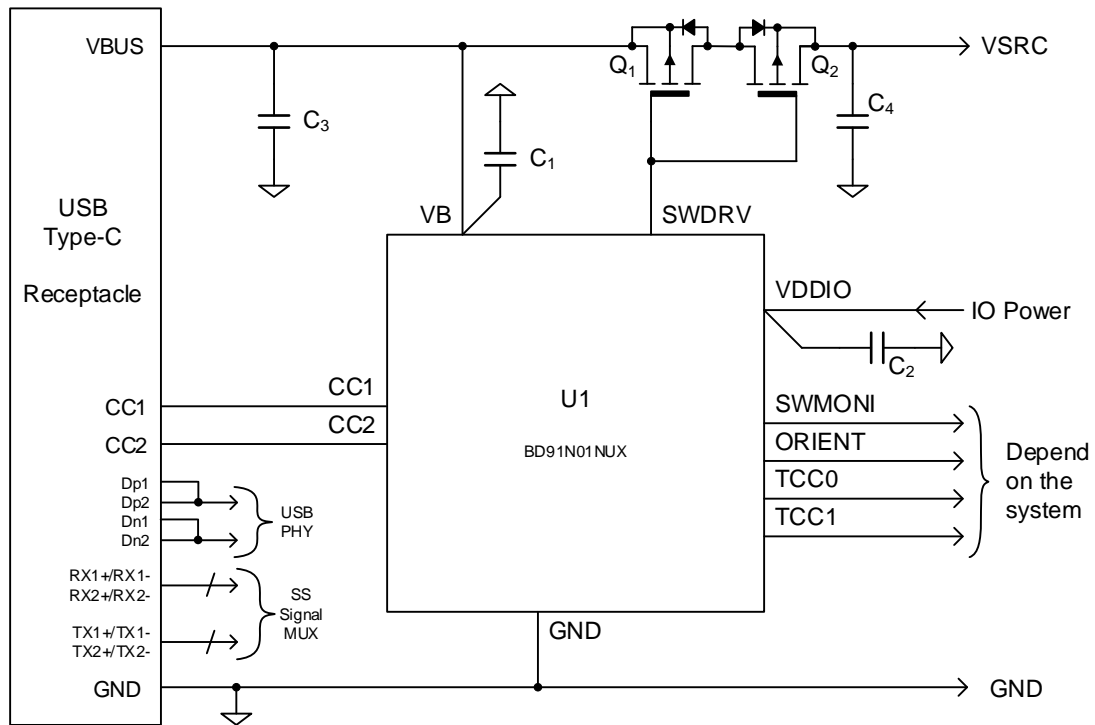


Figure 4. 動作推奨回路例 1 (VSRC 逆流防止対策、VDDIO はシステム側から供給し IO 電圧調整可能)

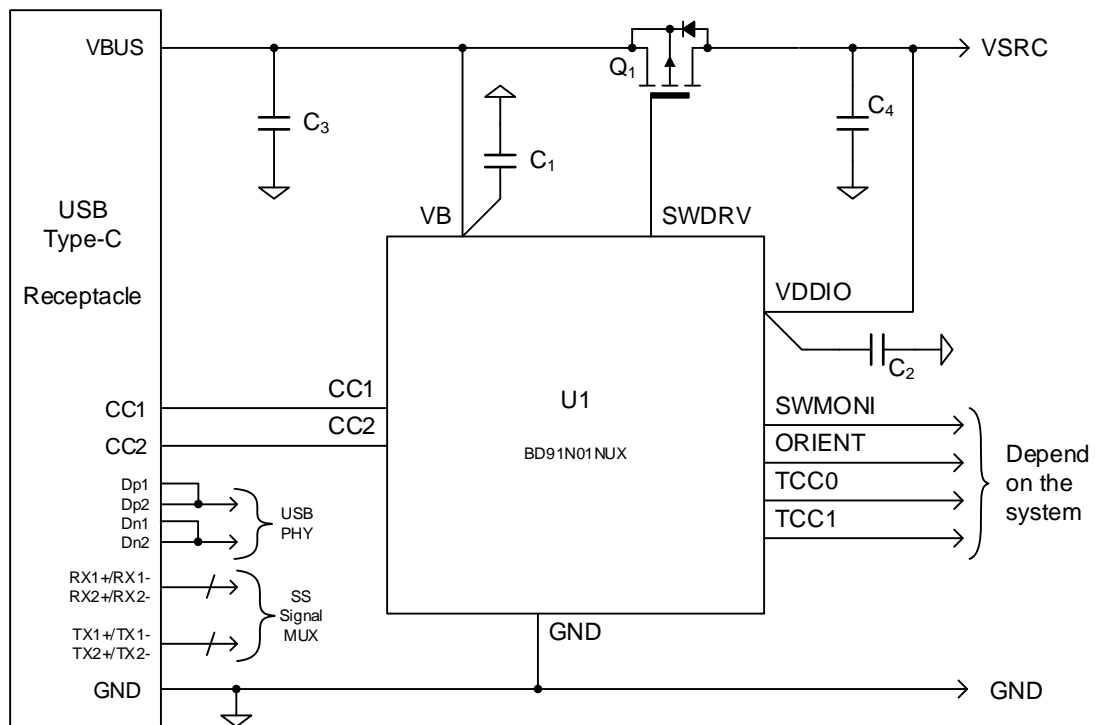


Figure 5. 動作推奨回路例 2 (VDDIO はVBUS から直接供給、VDDIO は 5V 系)

アプリケーション部品選定方法と推奨部品

Table 9. 部品選定方法

| Symbol Name | Contents | Characteristic | Comment/Recommendation |
|-------------|-----------|---------------------------|--|
| U1 | 本製品 | 3.0mm×2.0mm, VSON010X3020 | BD91N01NUX |
| C1 | Capacitor | 0.1μF, ≥16V, X5R/X7R | |
| C2 | Capacitor | 1μF, ≥16V, X5R/X7R | |
| C3 | Capacitor | 1μF~10μF, ≥16V, X5R/X7R | USB PD 規格に cSnkBulk として Q1 が開く前の容量が定義されています。C1 と C3 の総和が 1μF~10μF に入る様に調整してください。 |
| C4 | Capacitor | 1μF~100μF, ≥16V, X5R/X7R | USB PD 規格に cSnkBulkPd として Q1 が開いた後の容量が定義されています。後段のシステムに合わせて C1、C3 および C4 の総和が 1μF~100μF 以下になる様に調整してください。 |
| Q1, Q2* | FET | Pch-MOS FET | RW4C045BC |

*VSRC からの逆流防止のため Q1, Q2 で Back-to-Back を構成します。逆流防止が不要な場合は Q1 のみで問題ありません。

改訂履歴

| Date | Revision Number | Description |
|--------------|-----------------|-------------|
| 2021. 10. 14 | 001 | 新規作成 |

ご 注 意

- 1) 本資料の記載内容は改良などのため予告なく変更することがあります。
- 2) 本資料に記載されている内容は製品のご紹介資料です。ご使用に際しては、別途最新の仕様書を必ずご請求のうえ、ご確認ください。
- 3) ロームは常に品質・信頼性の向上に取り組んでおりますが、半導体製品は種々の要因で故障・誤作動する可能性があります。
万が一、本製品が故障・誤作動した場合であっても、その影響により人身事故、火災損害等が起こらないようご使用機器でのデレレーティング、冗長設計、延焼防止、バックアップ、フェイルセーフ等の安全確保をお願いします。定格を超えたご使用や使用上の注意書が守られていない場合、いかなる責任もロームは負うものではありません。
- 4) 本資料に記載されております応用回路例やその定数などの情報につきましては、本製品の標準的な動作や使い方を説明するものです。
したがって、量産設計をされる場合には、外部諸条件を考慮していただきますようお願いいたします。
- 5) 本資料に記載されております技術情報は、製品の代表的動作および応用回路例などを示したものであり、ロームまたは他社の知的財産権その他のあらゆる権利について明示的にも黙示的にも、その実施または利用を許諾するものではありません。上記技術情報の使用に起因して紛争が発生した場合、ロームはその責任を負うものではありません。
- 6) 本資料に掲載されております製品は、耐放射線設計はなされていません。
- 7) 本製品を下記のような特に高い信頼性が要求される機器等に使用される際には、ロームへ必ずご連絡の上、承諾を得てください。
・輸送機器（車載、船舶、鉄道など）、幹線用通信機器、交通信号機器、防災・防犯装置、安全確保のための装置、医療機器、サーバー、太陽電池、送電システム
- 8) 本製品を極めて高い信頼性を要求される下記のような機器等には、使用しないでください。
・航空宇宙機器、原子力制御機器、海底中継機器
- 9) 本資料の記載に従わないために生じたいかなる事故、損害もロームはその責任を負うものではありません。
- 10) 本資料に記載されております情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、万が一、当該情報の誤り・誤植に起因する損害がお客様に生じた場合においても、ロームはその責任を負うものではありません。
- 11) 本製品のご使用に際しては、RoHS 指令など適用される環境関連法令を遵守の上ご使用ください。
お客様がかかる法令を順守しないことにより生じた損害に関して、ロームは一切の責任を負いません。
本製品の RoHS 適合性などの詳細につきましては、セールス・オフィスまでお問合せください。
- 12) 本製品および本資料に記載の技術を輸出又は国外へ提供する際には、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」など適用される輸出関連法令を遵守し、それらの定めにしたがって必要な手続を行ってください。
- 13) 本資料の一部または全部をロームの許可なく、転載・複写することを堅くお断りします。



ローム製品のご検討ありがとうございます。
より詳しい資料やカタログなどご用意しておりますので、お問合せください。

ROHM Customer Support System

<http://www.rohm.co.jp/contact/>