

RA シリーズ

USB2.0 基板設計ガイドライン

要旨

本アプリケーションノートは、USB2.0 基板設計時のガイドラインを掲載しています。

動作確認デバイス

この資料で説明する応用例は以下に適用されます。

- ・ RA シリーズ

注：この資料に掲載している内容は、USB 規格をもとにした参考例であり、システムでの信号品質を保証するものではありません。実際のシステムに組み込む場合は、システム全体で十分検討評価し、お客様の責任において、適用可否判断してください。

目次

1. はじめに	3
2. USB 伝送線路	3
3. USBHS_RREF 配線	5
4. 電源・GND 処理	5
4.1 USBHS の電源・GND	5
4.1.1 USBHS 接続例	6
4.2 USBFS の電源・GND	7
5. VBUS 外付け回路	8
6. EMI/ESD 対策	10
改訂記録	11

1. はじめに

本アプリケーションノートでは、USB の端子については明記していません。各端子については RA シリーズのユーザーズマニュアルを参照してください。

2. USB 伝送線路

USB 伝送線路とは、USB コネクタと RA シリーズ内蔵 USB トランシーバを接続する配線パターンを表します。

USB2.0 には、High-Speed、Full-Speed、Low-Speed の通信モードがあります。この中で High-Speed は 480Mbps の通信速度であるため、USB 伝送線路は高周波回路として設計する必要があります。

High-Speed : USB 伝送線路のインピーダンスコントロールは必須です。

Full-Speed、Low-Speed : USB 伝送線路のインピーダンスコントロールを推奨します。

以下に USB 伝送線路のパターン配線設計時の注意点について説明します。

- USB 伝送線路に要求される特性インピーダンスは、差動インピーダンス $90\Omega \pm 15\%$ です。
- インピーダンスコントロールは基板の厚さ、材質、層構成などによりパターン幅、パターン間隔が異なります。詳細は基板メーカーにご相談ください。
- USB 端子から USB コネクタまでの USB 伝送線路の配線パターン長は、USB 規格で規定されている最大遅延時間を超えないように設計する必要があります。表 2.1 に一般的な材料のプリント配線板における USB 伝送線路の推奨パターン設計値を示します。

表 2.1 USB 伝送線路の配線パターン設計推奨値

	最大遅延時間 (USB 規格)	配線長	D+, D-の配線長の差
ホストコントローラ	3ns	300mm 以下	2.5mm 以下
ペリフェラルコントローラ	1ns	100mm 以下	2.5mm 以下

- USB 伝送線路の下層はベタグランドにしてください。ベタグランドは USB 伝送線路より外側へ 2mm 以上確保してください。ベタグランドにする電源は GND となります。
- USB 伝送線路近くに他の信号線を配置しないでください。特にクロックやデータバスなど変化の激しい信号は USB 伝送線路から離してください。また、USB 伝送線路と他の信号が交差しないようにしてください。
- USB 伝送線路と同一層（表層）では、伝送線路より外側へ 1mm 程度離してグランドでガードリングすることを推奨します。
- USB 伝送線路はビアを通さず同じ階層で配線してください。また、USB 伝送線路は分岐配線しないでください。
- USB 伝送線路の間隔は、すべて一定になるように配線してください。
- USB 伝送線路は、発振器、電源回路、他の IO コネクタから離すようにしてください。

- ・ USB 伝送線路は可能な限り直線で配線してください。レイアウト上、USB 伝送線路を曲げる場合は、135° もしくは円弧を用いて緩やかに曲げてください。USB 伝送線路は急角度（直角）に曲げないでください。

図 2.1 にホストコントローラ時の USB 伝送線路パターン設計例を、図 2.2 にペリフェラルコントローラ時の USB 伝送線路パターン設計例を示します。

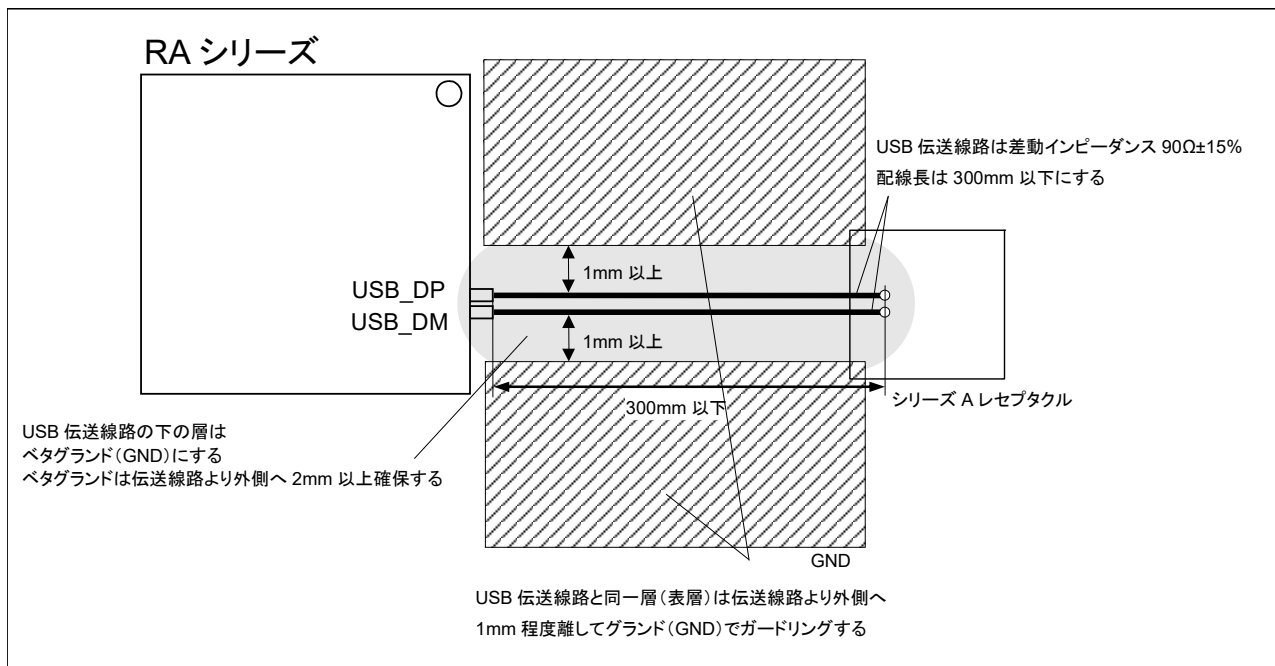


図 2.1 ホストコントローラ時の USB 伝送線路パターン設計例

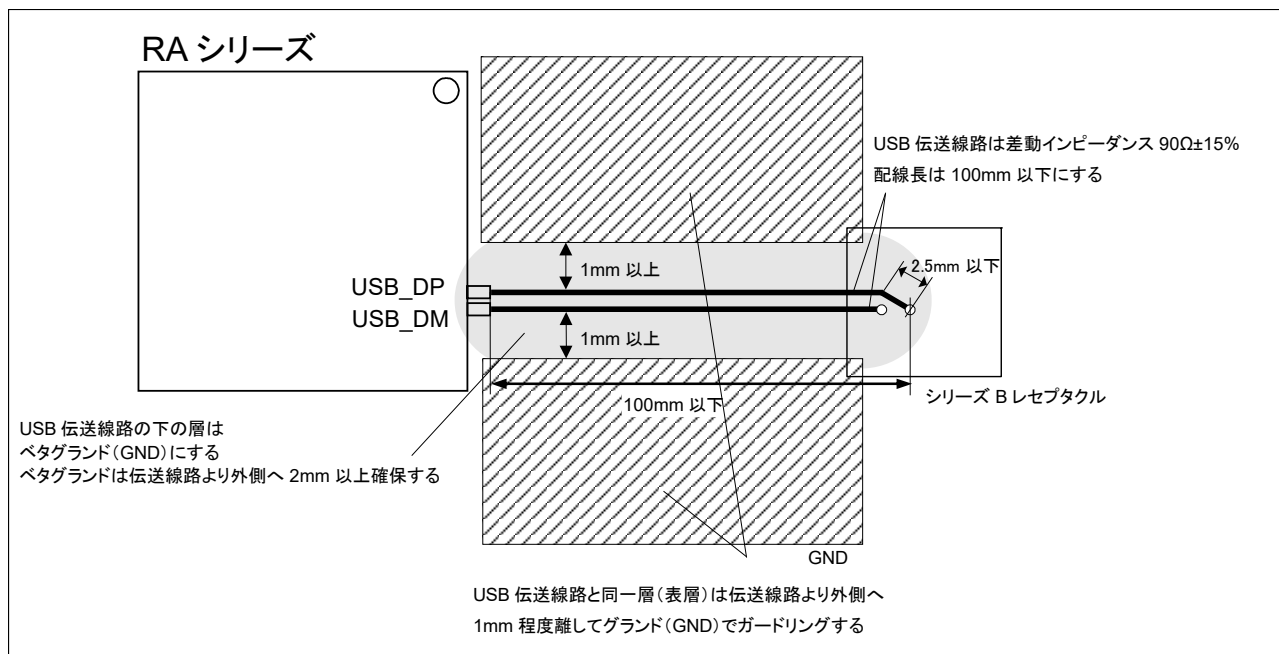


図 2.2 ペリフェラルコントローラ時の USB 伝送線路パターン設計例

3. USBHS_RREF 配線

RA シリーズの High-Speed 対応品種のドライバの定常電流や PLL のバイアス電流は、USBHS_RREF - GND 間の外付け抵抗によって決まる基準電圧によって生成されています。

つまり、USBHS_RREF 配線の電圧変動は、定常電流やバイアス電流を変動させ、PLL の安定性や送受信波形（送信波形のジッタや振幅）に影響を与えます。

従って、ノイズ対策が必要です。

RA シリーズの Full-Speed 品種には、この端子はありません。

- ・ USBHS_RREF – AVSS_USBHS 間にリファレンス抵抗 $2.2k\Omega$ （抵抗精度 $\pm 1\%$ ）を配置してください。
- ・ リファレンス抵抗と並列に容量等は配置しないで下さい。
- ・ リファレンス抵抗は他の信号との干渉を避けるようにしてください。
- ・ USBHS_RREF 配線の寄生抵抗を 0.5Ω 以下となるよう設計してください。
- ・ ノイズ源との干渉を防ぐ為に、USBHS_RREF 配線は内層を使うなど、他の信号との干渉を避けてください。
- ・ 他の信号配線が USBHS_RREF 配線を横切らないようにしてください。
- ・ USBHS_RREF 配線は他の信号配線から離してください。

4. 電源・GND 処理

4.1 USBHS の電源・GND

RA シリーズの High-Speed 対応品種は、高周波回路になるため以下のような電源・GND 処理が必要になります。

(1) アナログ系電源

AVCC_USBHS 端子はアナログ電源プレーンに接続してください。

アナログ電源の配線インピーダンスは極力小さくしてください。

アナログ電源はインダクタ、フェライトを介してデジタル電源と分離してください。その際はデジタル電源のレギュレータ近傍で分離してください。但し、セットによっては分離しなくても PLL の安定性や送受信波形に影響を与えない場合もあります。最終的にはセットで評価し、結果に問題なければインダクタ、フェライトを取り外しても問題ありません。

電圧変動を抑える為に、各電源-GND 間にデカップリングコンデンサを配置してください。セラミックコンデンサ $10000pF$ はチップ近傍に配置してください。

他の信号配線がアナログ電源プレーンを横切らないようにしてください。

アナログ電源プレーンは他の信号配線から離してください。

(2) デジタル系電源

VCC_USBHS 端子はデジタル電源プレーンに接続してください。

デジタル電源の配線インピーダンスは極力小さくしてください。

電圧変動を抑える為に、各電源-GND 間にデカップリングコンデンサを配置してください。セラミックコンデンサ $10000pF$ はチップ近傍に配置してください。電解コンデンサ $47\mu F$ はチップから離れても問題ありません。

(3) GND

VSSx_USBHS//PVSS_USBHS/AVSS_USBHS 端子は USB GND プレーンに接続してください。

GND の配線インピーダンスは極力小さくしてください。他の信号配線が USB GND プレーンを横切らないようにしてください。USB GND プレーンは他の信号配線から離してください。

4.1.1 USBHS 接続例

以下に USBHS 接続例を示します。

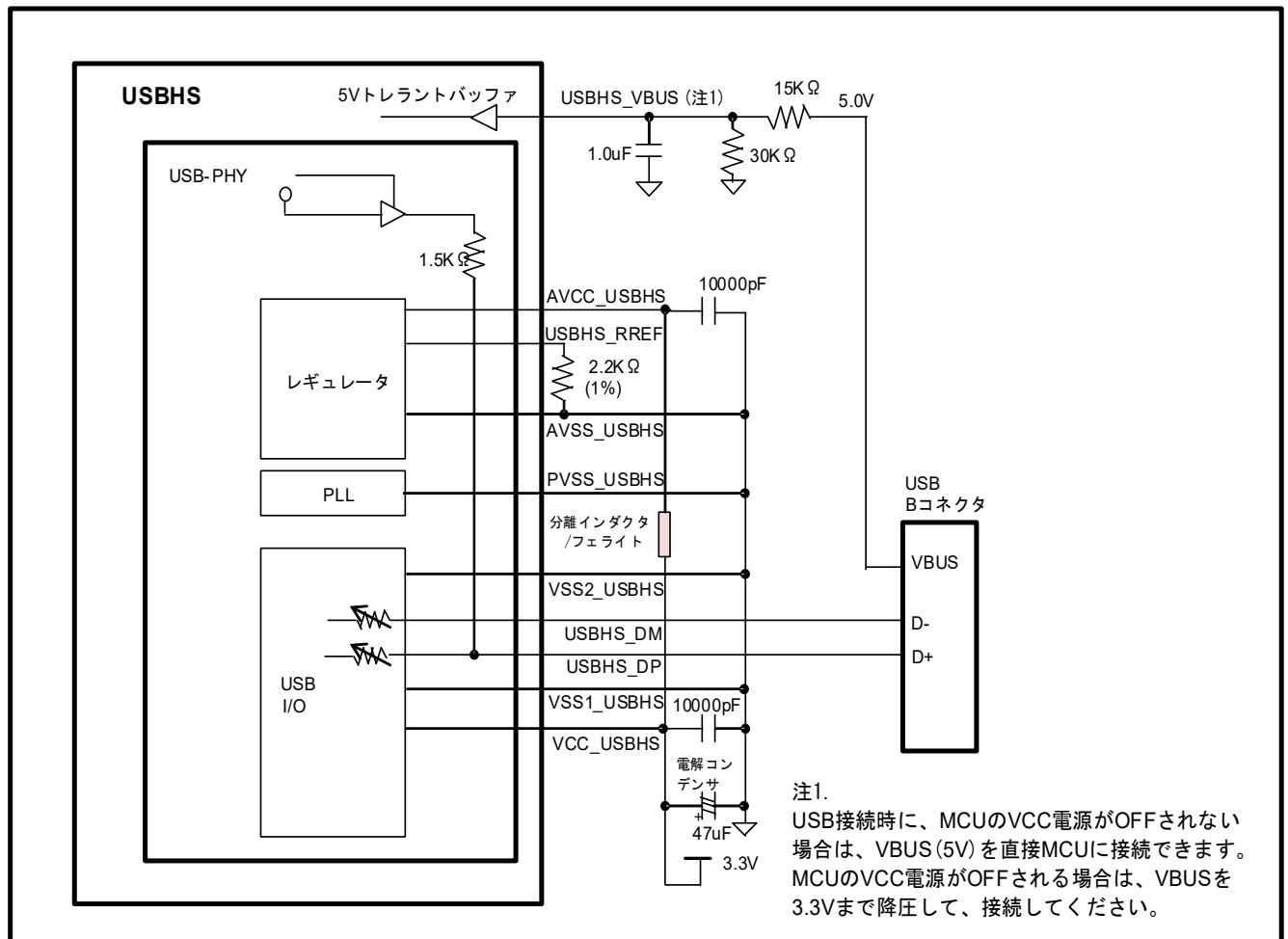


図 4.1 USBHS セルフパワー時のファンクション接続例

4.2 USBFS の電源・GND

以下に USBFS の電源・GND 設計時の注意点について説明します。

- ・ 電源・グラウンドは、できる限り広い面の層となるようにパターン設計してください。
- ・ 電源のコンデンサは高周波特性の良いセラミックコンデンサを推奨します。
- ・ アルミ電解コンデンサは EYE パターン測定時のジッタ値に影響がありますので、十分な設計、テストの上、使用ください。
- ・ デカップリングコンデンサの容量値としては、0.1 μ F, 10 μ F の容量を USB 電源端子の直近に配置することを推奨します。図 4.2 USBFS の電源・GND 接続例にデカップリングコンデンサの配置例を示します。

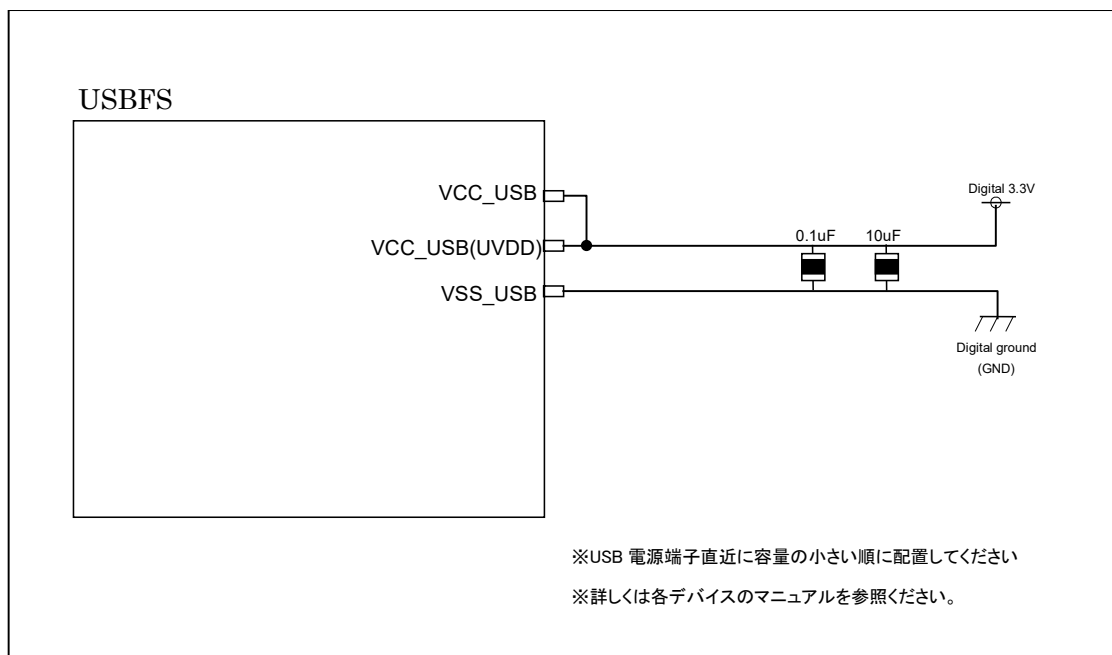


図 4.2 USBFS の電源・GND 接続例

5. VBUS 外付け回路

以下に VBUS 外付け回路設計時の注意点について説明します。

- ・ RA シリーズをホストコントローラとして使用する場合、VBUS ラインの付加容量が 120uF 以上になるように設計してください。
- ・ RA シリーズをペリフェラルコントローラとして使用する場合、VBUS ラインの付加容量が 1.0uF～10uF 以内になるように設計してください。
- ・ VBUS ラインには、USB ケーブル接続時にインピーダンスの不整合によって、オーバーシュートが発生する場合があるため、フィルタ回路を設けてください。フィルタ回路として、容量 1.0uF～10uF と抵抗 100Ω～1KΩ を付けてください。最終的な定数は、基板上でオーバーシュートが発生しないことを確認した上で決定してください。なお、1KΩ 以上の抵抗は付けしないでください。
- ・ RA シリーズをホストコントローラとして使用する場合、ペリフェラル機器に対して、VBUS 電源を供給する必要があります。VBUS 電源の制御には、USB 電源バス用過電流制限機能付きパワースイッチ IC（以降 USB 電源スイッチ IC と記載）を使用することを推奨します。
VBUS 電源ラインの電流の制限値は、適用するシステムの電源、通信する USB ペリフェラル機器が必要とする電流値をもとに検討してください。また、VBUS 電源制御回路は、使用する USB 電源スイッチ IC のデータシートに記載されている回路例等を参考に設計してください。

図 5.1 にホストコントローラとして使用する場合の VBUS 外付け回路例を、図 5.3、図 5.3 にペリフェラルコントローラとして使用する場合の VBUS 外付け回路例を示します。

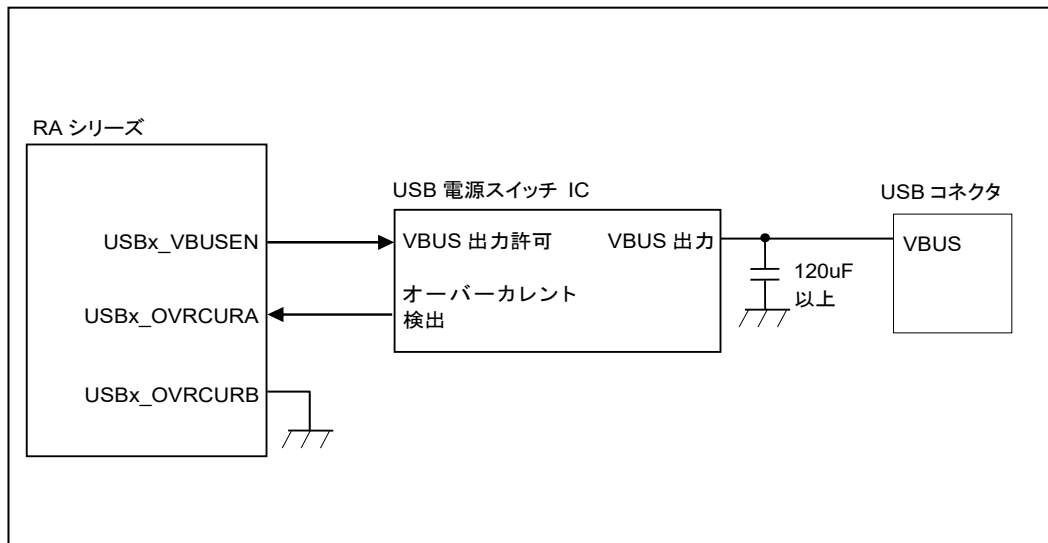


図 5.1 ホストコントローラ VBUS 外付け回路例

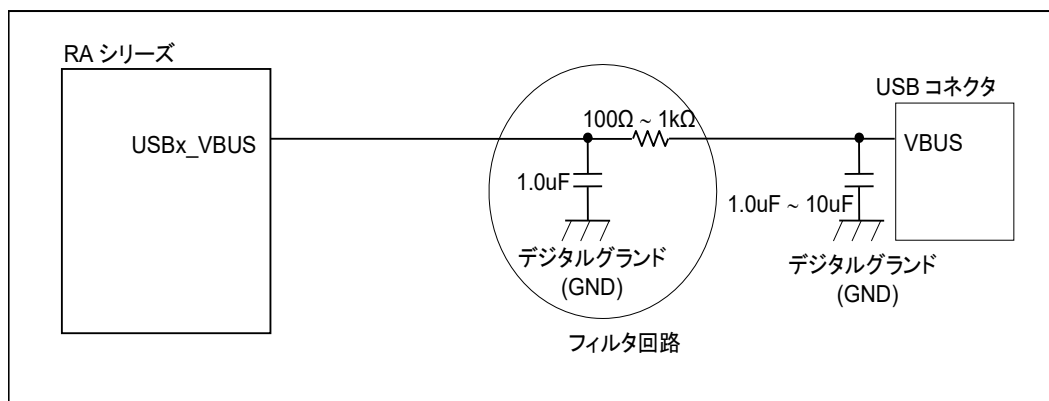


図 5.2 ペリフェラルコントローラ VBUS 外付け回路例 1

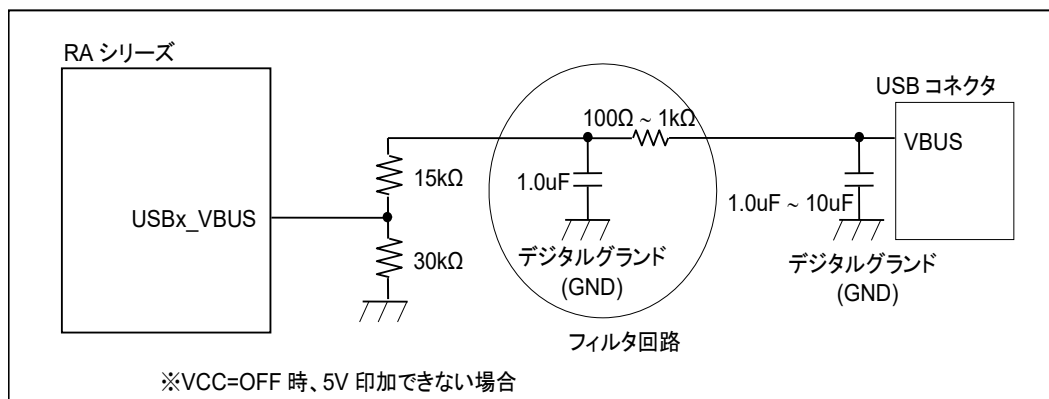


図 5.3 ペリフェラルコントローラ VBUS 外付け回路例 2

6. EMI/ESD 対策

以下に EMI、ESD 対策時の注意点について説明します。

- ・ コイルやダイオードなどの EMI、ESD 対策用部品を USB 伝送線路に実装する場合は、USB 伝送線路の近くに配置し、配線は可能な限り短くしてください。
- ・ EMI、ESD 対策用部品は、必ず USB2.0 High-Speed 対応品を使用してください。なお、EMI、ESD 対策用部品を実装することで、USB 伝送線路のインピーダンスに不整合が生じ、波形が乱れることがありますので、十分に評価した上で使用する部品を決定してください。

図 6.1 に EMI、ESD 対策用部品使用時の接続図例を示します。

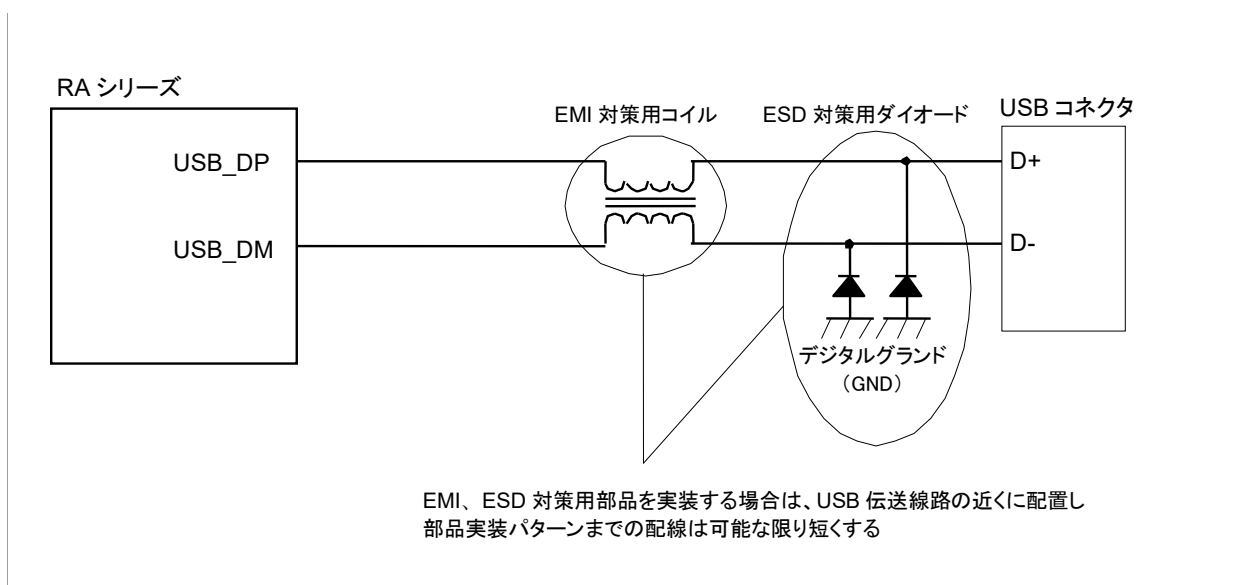


図 6.1 EMI、ESD 対策用部品使用時の接続例

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	Dec.22.21	-	初版発行

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

1. 静電気対策

CMOS 製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS 製品は強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレーやマガジンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS 製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。

2. 電源投入時の処置

電源投入時は、製品の状態は不定です。電源投入時には、LSI の内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

3. 電源オフ時における入力信号

当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力ブルアップ電源を入れないでください。入力信号や入出力ブルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。

4. 未使用端子の処理

未使用端子は、「未使用端子の処理」に従って処理してください。CMOS 製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI 周辺のノイズが印加され、LSI 内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。

5. クロックについて

リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

6. 入力端子の印加波形

入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOS 製品の入力がノイズなどに起因して、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定の場合はもちろん、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。アドレス領域には、将来の拡張機能用に割り付けられている リザーブアドレス（予約領域）があります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

8. 製品間の相違について

型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。同じグループのマイコンでも型名が違くと、フラッシュメモリ、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ幅射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含みます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 当社製品または本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
3. 当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を組み込んだ製品の輸出入、製造、販売、利用、配布その他の行為を行うにあたり、第三者保有の技術の利用に関するライセンスが必要となる場合、当該ライセンス取得の判断および取得はお客様の責任において行ってください。
5. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、改変、複製、リバースエンジニアリング等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
6. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。

標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等

高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通制御（信号）、大規模通信機器、金融端末基幹システム、各種安全制御装置等

当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じて、当社は一切その責任を負いません。

7. あらゆる半導体製品は、外部攻撃からの安全性を 100%保証されているわけではありません。当社ハードウェア／ソフトウェア製品にはセキュリティ対策が組み込まれているものもありますが、これによって、当社は、セキュリティ脆弱性または侵害（当社製品または当社製品が使用されているシステムに対する不正アクセス・不正使用を含みますが、これに限られません。）から生じる責任を負うものではありません。当社は、当社製品または当社製品が使用されたあらゆるシステムが、不正な改変、攻撃、ウイルス、干渉、ハッキング、データの破壊または窃盗その他の不正な侵入行為（「脆弱性問題」といいます。）によって影響を受けないことを保証しません。当社は、脆弱性問題に起因したまたはこれに関連して生じた損害について、一切責任を負いません。また、法令において認められる限りにおいて、本資料および当社ハードウェア／ソフトウェア製品について、商品性および特定目的との合致に関する保証ならびに第三者の権利を侵害しないことの保証を含め、明示または黙示のいかなる保証も行いません。
8. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
10. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
11. 当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
12. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものいたします。
13. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。
14. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社が直接的、間接的に支配する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

(Rev.5.0-1 2020.10)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

www.renesas.com

お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

www.renesas.com/contact/

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。