

基本的な USB Type-C™ UFP (Upstream Facing Port) の実装

著者： Andrew Rogers
Microchip Technology Inc.

はじめに

USB Type-C™ 仕様は 2014 年 8 月に発行され、USB の機能を大幅に拡張しています。この拡張された機能セットを利用するには、USB ポートあたりの実装コストが著しく上昇すると考えられます。しかし低コストの設計も依然可能です。本書では、いくつかのディスクリット部品だけを使って基本的な USB Type-C UFP (Upstream Facing Port) を実装し、従来の Type-B、mini-B、micro-B 設計からの移行を簡単かつ低コストで実現する方法について説明します。

UFP (Upstream Facing Port) は USB デバイス側のポートで、VBUS からの電源で充電または動作するものとそうでないものがあります。UFP の最小要件は以下の通りです。

- USB 2.0 デバイス接続を備える事
- CC ピンに Rd プルダウン抵抗を接続する事

UFP には以下の機能を持たせる事もできます。

- ケーブルの挿入と向きを検出 (USB 3.0/3.1 を実装しない場合)
- DFP の電流供給能力の検出 (UFP がレガシー USB の電流負荷のみを駆動する場合)

対象読者

本書は、USB Type-C に対応させた USB 2.0 および USB 3.0 設計への移行に注目しているハードウェア設計者を対象としています。USB Type-C™ 仕様に関するある程度の基礎知識も必要です。

参考文献

本書をお読みになる際は、以下の文書を参考にしてください。資料の入手方法については弊社代理店にお問い合わせください。

- 『Universal Serial Bus Type-C™ Cable and Connector Specification, Revision 1.1』 (2015 年 4 月 3 日)

AN1914

1.0 USB Type-C の概要

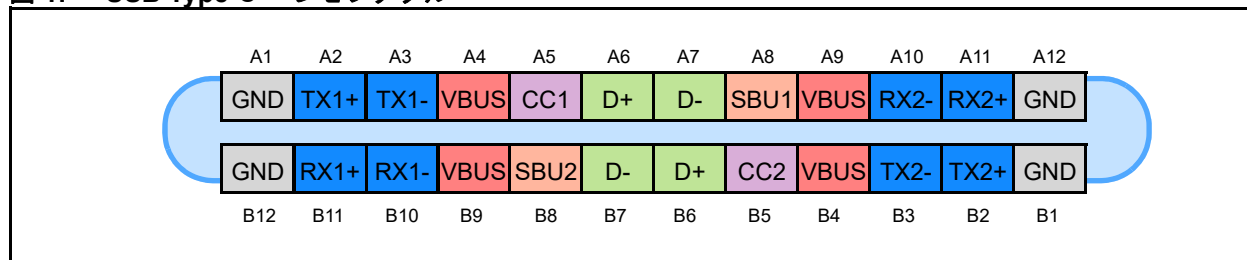
USB Type-C ケーブルは USB-IF が策定したリバーシブルな 24 ピン相互接続ケーブルです。USB Type-C™ 仕様の初版は 2014 年 8 月にリリースされました。

USB Type-C ケーブルはコンピューティング、ディスプレイ、充電という幅広いアプリケーション ニーズに対応した汎用ケーブルです。長期的には、USB Type-C ケーブルは機能全般を大幅に拡張しながら従来の各種 USB ケーブルを全て置き換える事を目指しています。最近発表された USB Power Delivery とオルタネート モードの機能は、USB 規格がより広く採用されるように USB 規格の潜在能力をさらに拡張します。

USB Power Delivery とオルタネート モードをサポートするには実装コストが従来の USB 設計より増えますが、これらの機能は全てのアプリケーションで必要という訳ではありません。本書では、USB Type-C レセプタクルを使った USB 2.0 および USB 3.0/3.1 デバイスを低コストで実装するための要件について説明します。

1.1 USB Type-C レセプタクル

図 1: USB Type-C™ レセプタクル



1.1.1 USB 2.0 差動ペア

コネクタピン内の 2 組の USB 2.0 差動ペアは、標準 USB 2.0 またはフル機能をサポートした USB Type-C ケーブル内の 1 組の差動ペアにのみ接続します。代表的な設計では、マルチプレクサまたはスイッチが不要なように D+ ピンと D- ピンを PCB 上で短絡させます。

2 組目の差動ペア (B6/B7) は、ドッキングタイプアプリケーションのように挿入の向きが 1 つに限定される場合のみ、別の用途に使えます。

1.1.2 USB 3.1 差動ペア

既定値では、ケーブルの向きに応じてどちらか 1 組の TX/RX 差動ペアのみを USB 3.0/USB 3.1 通信に使います。このケーブルはリバーシブルなため、USB 3.0/USB 3.1 レーンはケーブルの向きに応じてつなぎ換える必要があります。これは通常 2:1 マルチプレクサを使って実装します。

1.1.3 CC1/CC2 ピン

基本的な USB Type-C UFP 回路では、CC ピンを使ってケーブルの向きと USB Type-C の電流供給能力を検出します。

1.1.4 SBU1/SBU2

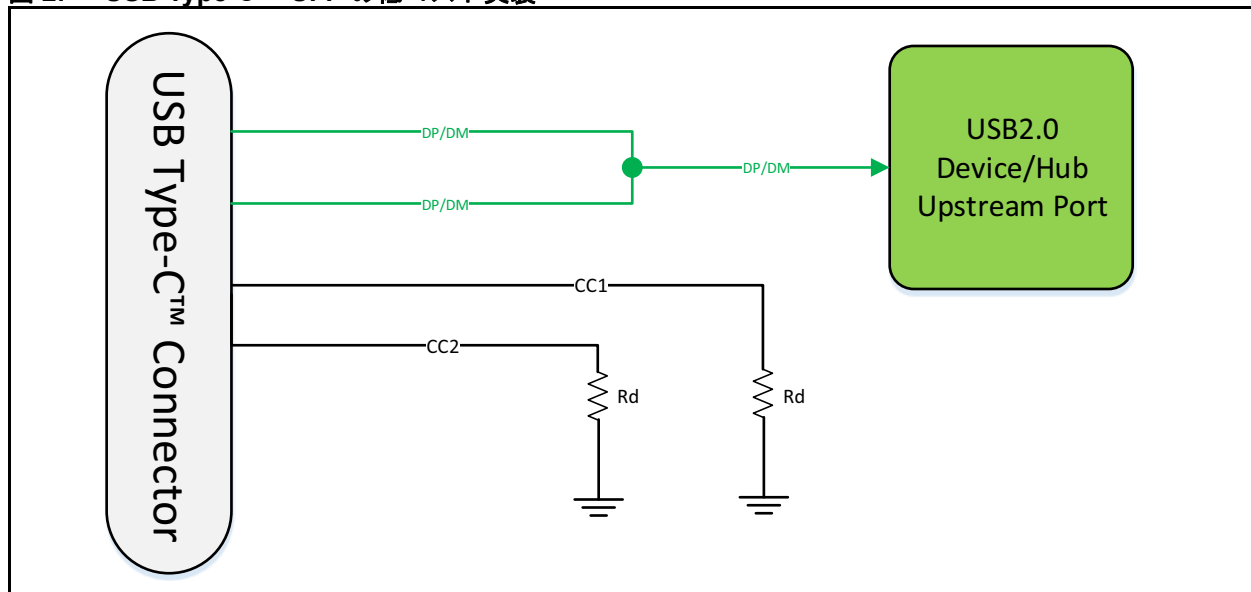
SBU はオルタネート モード専用割り当てられた低速信号線です。

2.0 UFP (Upstream Facing Port) の実装

USB Type-C UFP の最も基本的かつ低コストな実装には、以下の 3 つの部品が必要です。

- USB 2.0 デバイスまたはハブ アップストリーム ポート
- USB Type-C レセプタクル
- CC ピンの Rd プルダウン抵抗

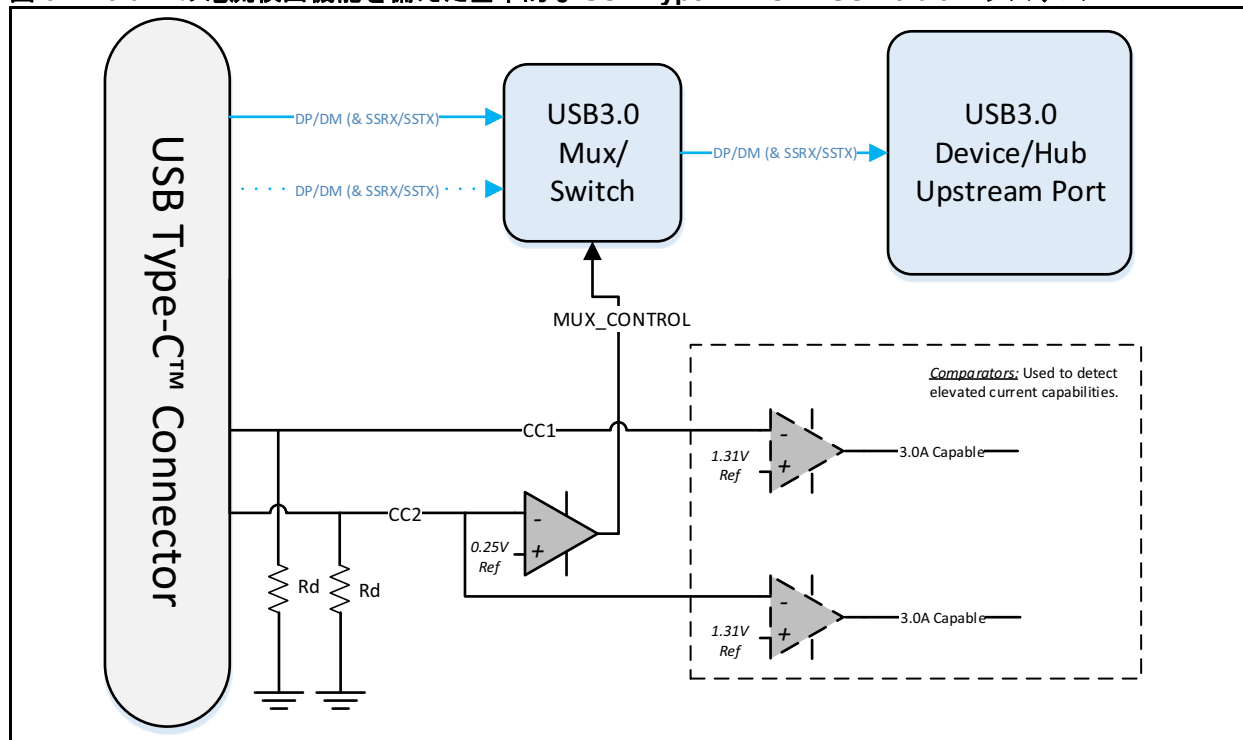
図 2: USB Type-C™ UFP の低コスト実装



USB Type-C の電流供給能力検出機能を備えた USB 3.0/3.1 デバイス / ハブを実装するには以下の部品が必要です。

- USB 3.0/3.1 デバイスまたはハブ アップストリーム ポート
- USB Type-C レセプタクル
- CC ピンの Rd プルダウン抵抗
- USB 3.0/3.1 2:1 マルチプレクサ
- CC コンパレータ :
 - 向き検出 : USB Type-C プラグの向きを検出し、USB 3.0/3.1 2:1 マルチプレクサを制御するために少なくとも 1 つのコンパレータが必要です。
 - USB Type-C の電流供給能力検出 : 1.5 A の検出には 2 つのコンパレータ、3.0 A の検出には 2 つのコンパレータ、1.5 A と 3.0 A 両方の検出には 4 つのコンパレータが必要です。

図 3: 3.0 A の電流検出機能を備えた基本的な USB Type-C™ UFP USB 3.0/3.1 システム



2.1 USB 2.0 または 3.0/3.1 デバイスまたはハブ アップストリーム ポート

USB 規格に準拠した USB 2.0 または USB 3.0/3.1 デバイスポートまたはハブ アップストリーム ポートが使えます。

2.2 USB Type-C レセプタクル

標準 24 ピン USB Type-C レセプタクルが使えます。

2.3 CC ピン回路

2.3.1 Rd プルダウン抵抗

UFP は、両方の CC ピンを Rd 抵抗を介してグランドに接続する必要があります。DFP は両方の Rp プルアップ抵抗を介して 5.0 V または 3.3 V に接続する必要があります。DFP と UFP を接続すると抵抗分圧器が形成され、CC ピン電圧を計測する事で接続タイプを判断できます。表 1 に、使用可能な Rd プルダウン抵抗の値を示します。

Note: プルダウン抵抗の代わりに電圧クランプを実装する事もできますが、その場合電流供給能力は検出できません。

表 1: RD プルダウン抵抗の値

Rd の実装	抵抗値	電流供給能力の検出	最大ピン電圧
± 10% 精度の抵抗で GND に接続	5.1 kΩ	可	2.04 V
± 20% 精度の抵抗で GND に接続	5.1 kΩ	不可	2.18 V
± 20% 精度の電圧クランプ	1.1 V	不可	1.32 V

2.3.2 コンパレータ バンク

2.3.2.1 ケーブルの向きを検出

UFP にはマイクロコントローラは不要です。しかしプラグの向きと DFP の電流供給能力 (レガシー USB のレベルを超えるシンク電流が必要な場合) を検出するために CC ピンの電圧を監視する必要があります。コンパレータを使うと簡単に検出できます。

CC1 または CC2 ピンに参照電圧 0.25 V のコンパレータを 1 つ接続するだけでケーブルの向きを検出できます。例えば VBUS が供給されて CC ラインが CC1 ピンに接続された場合、コンパレータ出力はアサートされず UFP はケーブルが「非反転」の向きに挿入されたと判定します。VBUS が供給されて CC ラインが CC2 ピンに接続され、CC2 の電圧が 0.25 V を超えた場合、コンパレータ出力がアサートされ UFP はケーブルが「反転」の向きに挿入されたと判定できます。

2.3.2.2 USB Type-C 電流の供給能力

レガシー USB を超える電流が必要な場合、DFP の電流供給能力を検出するためにコンパレータを追加する必要があります。USB Type-C™ 仕様では、DFP の電流供給能力と CC ピンの電圧レンジとの関係を定義しています。表 2 に、これらの電圧レンジを示します。

表 2: CC ピンの電圧レンジ

CC ピンの電圧	
0.00 ~ 0.25 V	未接続
0.25 ~ 0.70 V	レガシー電流 (USB 2.0 で 500 mA、USB 3.0/3.1 で 900 mA)
0.70 ~ 1.31 V	1.5 A 対応
> 1.31 V	3.0 A 対応

電流供給能力の検出は、デバウンスのために tPDDebounce の期間だけ待ってから計測を実行し、DFP の電流アドバタイズを確定する必要があります。この検出が確定したら、UFP は tSinkAdj の期間内に負荷を調整する必要があります。これらタイミングパラメータについては、最新版の USB Type-C™ 仕様を参照してください。

2.4 USB 信号マルチプレクサ (オプション)

USB 信号を USB Type-C レセプタクルに接続する方法はいくつかあります。どの方法で接続するかは、アプリケーションが USB 2.0 か USB 3.0/3.1 かでやや異なります。

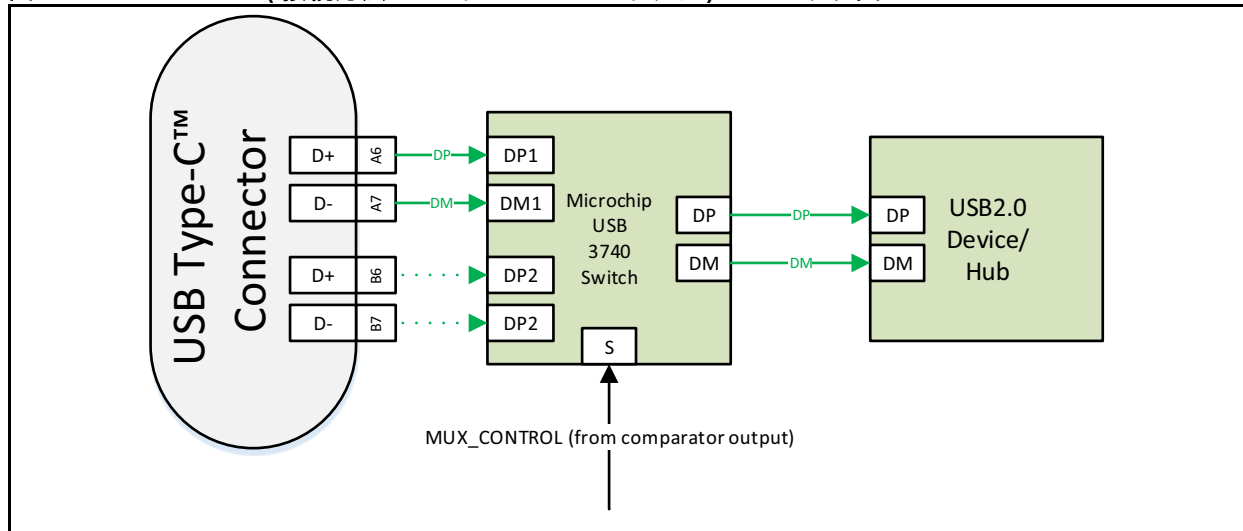
2.4.1 USB 2.0 UFP (接続方法 1: ハイスピード マルチプレクサ / スイッチ)

USB 2.0 アプリケーションの最も堅牢なソリューションは、ハイスピード USB スイッチを使って USB 信号のルーティングを制御する事です。Microchip 社の USB3740 は、この目的に適した低コストソリューションであり、以下の利点を備えています。

- 非常に優れた ESD 耐量: ± 15 kV (IEC)
- 低消費電力: 5 μ A (ON), 1 μ A (OFF)
- OFF 時のアイソレーション: -40 dB 未満
- 広い帯域幅: 最大 1 GHz
- シグナルインテグリティを維持
- 小型パッケージ: 1.3 x 1.8 mm – 10 ピン DFN (0.4 mm ピッチ)

AN1914

図 4: USB 2.0 UFP(接続方法 1: ハイスピードスイッチ)のブロック図

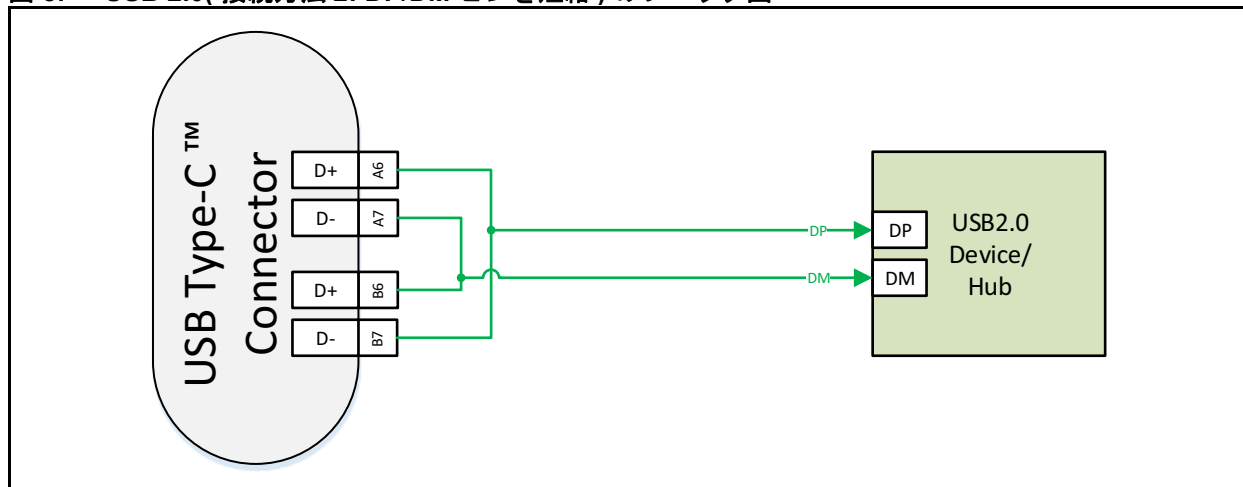


2.4.2 USB 2.0 UFP(接続方法 2: DP/DM ピンを短絡)

最も単純なソリューションは、レセプタクルで DP/DM ピンを短絡する事です。コネクタ内で一度にアクティブにできる DP/DM ペアは 1 つだけです。

Note: この実装方法では、USB 配線パターン上に形成されるスタブが USB 信号のインテグリティに悪影響を及ぼします。

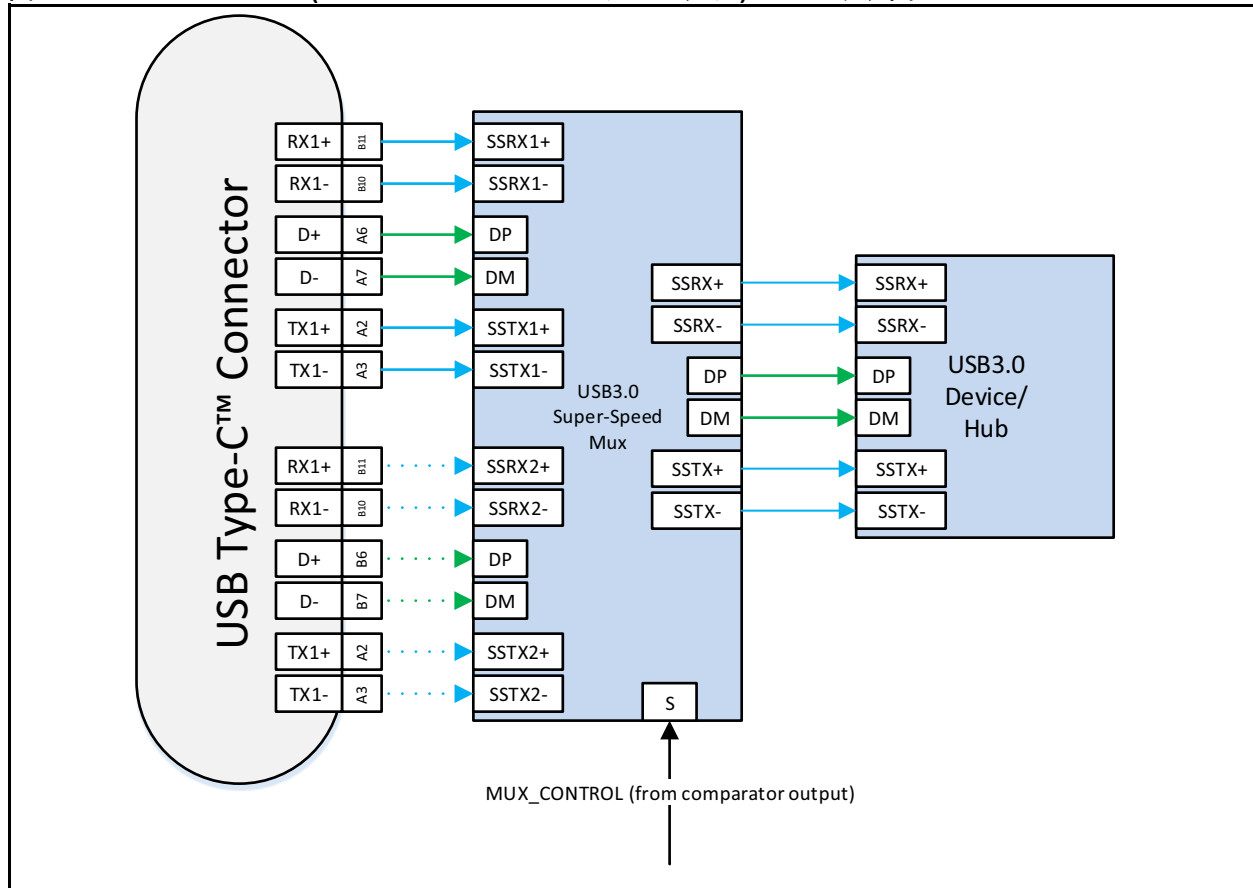
図 5: USB 2.0(接続方法 2: DP/DM ピンを短絡)のブロック図



2.4.3 USB 3.0/USB 3.1 UFP(スーパースピード マルチプレクサ/スイッチ)

USB 3.0/3.1 UFP では、スーパースピード USB 3.0/3.1 スイッチを使って USB 信号の接続を制御するのが唯一の方法です。

図 6: USB 3.0/3.1 UFP(スーパースピードマルチプレクサ)のブロック図



補遺 A: アプリケーションノート改訂履歴

表 A-1: 改訂履歴

リビジョンレベル/日付	セクション/図/項目	改訂内容
リビジョン A (2015 年 5 月)	本書は初版です。	
リビジョン B (2015 年 9 月)	文書全体	見出しのフォーマットを修正しました。「USB 3.0」を全て「USB 3.0/3.1」に変更しました。
	図 2	図を更新しました。
	図 3	図を更新しました。
	セクション 2.2	第 1 段落を更新しました。
	表 1	表とタイトルを更新しました。
	セクション 2.3.2.1	セクション番号を修正しました。第 1 段落を更新しました。
	セクション 2.3.2.2	セクション番号を修正しました。
	セクション 2.4.1	箇条書きの第 1 項を更新しました。
	図 4	図とタイトルを更新しました。
	セクション 2.4.2	セクション名を更新しました。段落を更新し、最後の文を Note にしました。
	図 5	図とタイトルを更新しました。
	セクション 2.4.3	セクション名を更新しました。
図 6	図とタイトルを更新しました。	

NOTE:

Microchip 社のウェブサイト

Microchip 社は、ウェブサイト (www.microchip.com) でオンライン サポートを提供しています。このウェブサイトを通じて、お客様はファイルと情報を簡単に入手できます。一般的なインターネット ブラウザから以下の内容がご覧になれます。

- **製品サポート** – データシートとエラッタ、アプリケーション ノートとサンプル プログラム、設計リソース、ユーザ ガイドとハードウェア サポート文書、最新のソフトウェアと過去のソフトウェア
- **技術サポート** – よく寄せられる質問 (FAQ)、技術サポートのご依頼、オンライン ディスカッション グループ、Microchip 社コンサルタント プログラムとメンバーの一覧
- **ご注文とお問い合わせ** – 製品セレクトと注文ガイド、最新プレスリリース、セミナー / イベントの一覧、お問い合わせ先 (営業所 / 販売代理店) の一覧

お客様向け変更通知サービス

Microchip 社のお客様向け変更通知サービスは、お客様に Microchip 社製品の最新情報をお届けするサービスです。ご興味のある製品ファミリまたは開発ツールに関する変更、更新、リビジョン、エラッタ情報をいち早くメールにてお知らせします。

Microchip 社のウェブサイト (www.microchip.com) にアクセスし、[Customer Change Notification] からご登録ください。

お客様サポート

Microchip 社製品をお使いのお客様は、以下のチャンネルからサポートをご利用になれます。

- 販売代理店
- 各地の営業所
- 技術サポート

サポートは販売代理店にお問い合わせください。各地の営業所もご利用になれます。本書の最後のページには各国営業所の一覧を記載しています。

技術サポートは以下のウェブページからもご利用になれます。

<http://microchip.com/support>

Microchip 社製デバイスのコード保護機能に関して以下の点にご注意ください。

- Microchip 社製品は、該当する Microchip 社データシートに記載の仕様を満たしています。
- Microchip 社では、通常の条件ならびに仕様に従って使用した場合、Microchip 社製品のセキュリティ レベルは、現在市場に流通している同種製品の中でも最も高度であると考えています。
- しかし、コード保護機能を解除するための不正かつ違法な方法が存在する事もまた事実です。弊社の理解では、こうした手法は Microchip 社データシートにある動作仕様書以外の方法で Microchip 社製品を使用する事になります。このような行為は知的所有権の侵害に該当する可能性が非常に高いと言えます。
- Microchip 社は、コードの保全性に懸念を抱いているお客様と連携し、対応策に取り組んでいきます。
- Microchip 社を含む全ての半導体メーカーで、自社のコードのセキュリティを完全に保証できる企業はありません。コード保護機能とは、Microchip 社が製品を「解読不能」として保証するものではありません。

コード保護機能は常に進歩しています。Microchip 社では、常に製品のコード保護機能の改善に取り組んでいます。Microchip 社のコード保護機能の侵害は、デジタル ミレニアム著作権法に違反します。そのような行為によってソフトウェアまたはその他の著作物に不正なアクセスを受けた場合、デジタル ミレニアム著作権法の定めるところにより損害賠償訴訟を起こす権利があります。

本書に記載されているデバイス アプリケーション等に関する情報は、ユーザの便宜のためにのみ提供されているものであり、更新によって無効とされる事があります。お客様のアプリケーションが仕様を満たす事を保証する責任は、お客様にあります。Microchip 社は、明示的、暗黙的、書面、口頭、法定のいずれであるかを問わず、本書に記載されている情報に関して、状態、品質、性能、商品性、特定目的への適合性をはじめとする、いかなる類の表明も保証も行いません。Microchip 社は、本書の情報およびその使用に起因する一切の責任を否認します。生命維持装置あるいは生命安全用途に Microchip 社の製品を使用する事は全て購入者のリスクとし、また購入者はこれによって発生したあらゆる損害、クレーム、訴訟、費用に関して、Microchip 社は擁護され、免責され、損害を受けない事に同意するものとします。暗黙的あるいは明示的を問わず、Microchip 社が知的財産権を保有しているライセンスは一切譲渡されません。

商標

Microchip 社の名称とロゴ、Microchip ロゴ、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、JukeBlox、KEELOQ、KEELOQ logo、Kleer、LANCheck、MediaLB、MOST、MOST logo、MPLAB、OptoLyzer、PIC、PICSTART、PIC³² logo、RightTouch、SpyNIC、SST、SST Logo、SuperFlash および UNI/O は米国およびその他の国における Microchip Technology Incorporated の登録商標です。

Embedded Control Solutions Company、mTouch は米国における Microchip Technology Incorporated の登録商標です。

Analog-for-the-Digital Age、BodyCom、chipKIT、chipKIT logo、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、ECAN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Inter-Chip Connectivity、KleerNet、KleerNet logo、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified logo、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、RightTouch logo、REAL ICE、SQL、Serial Quad I/O、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA、および ZENA は米国およびその他の Microchip Technology Incorporated の商標です。

SQTP は米国における Microchip Technology Incorporated のサービスマークです。

Silicon Storage Technology は他の国における Microchip Technology Inc. の登録商標です。

GestIC は Microchip Technology Inc. の子会社である Microchip Technology Germany II GmbH & Co. & KG 社の他の国における登録商標です。

その他本書に記載されている商標は各社に帰属します。

© 2015, Microchip Technology Incorporated, All Rights Reserved.

ISBN: 978-1-5224-0166-7

**QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949 ==**

Microchip 社では、Chandler および Tempe (アリゾナ州)、Gresham (オレゴン州) の本部、設計部およびウェハー製造工場そしてカリフォルニア州とインドのデザインセンターが ISO/TS-16949:2009 認証を取得しています。Microchip 社の品質システム プロセス および手順は、PIC[®] MCU および dsPIC[®] DSC、KEELOQ[®] コード ホッピング デバイス、シリアル EEPROM、マイクロペリフェラル、不揮発性メモリ、アナログ製品に採用されています。さらに、開発システムの設計と製造に関する Microchip 社の品質システムは ISO 9001:2000 認証を取得しています。

各国の営業所とサービス

北米

本社

2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 480-792-7200
Fax: 480-792-7277
技術サポート：
[http://www.microchip.com/
support](http://www.microchip.com/support)
URL:
www.microchip.com

アトランタ

Duluth, GA
Tel: 678-957-9614
Fax: 678-957-1455

オースティン、TX

Tel: 512-257-3370

ボストン

Westborough, MA
Tel: 774-760-0087
Fax: 774-760-0088

シカゴ

Itasca, IL
Tel: 630-285-0071
Fax: 630-285-0075

クリーブランド

Independence, OH
Tel: 216-447-0464
Fax: 216-447-0643

ダラス

Addison, TX
Tel: 972-818-7423
Fax: 972-818-2924

デトロイト

Novi, MI
Tel: 248-848-4000

ヒューストン、TX

Tel: 281-894-5983

インディアナポリス

Noblesville, IN
Tel: 317-773-8323
Fax: 317-773-5453

ロサンゼルス

Mission Viejo, CA
Tel: 949-462-9523
Fax: 949-462-9608

ニューヨーク、NY

Tel: 631-435-6000

サンノゼ、CA

Tel: 408-735-9110

カナダ - トロント

Tel: 905-673-0699
Fax: 905-673-6509

アジア / 太平洋

アジア太平洋支社

Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2943-5100
Fax: 852-2401-3431

オーストラリア - シドニー

Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

中国 - 北京

Tel: 86-10-8569-7000
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都

Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

中国 - 重慶

Tel: 86-23-8980-9588
Fax: 86-23-8980-9500

中国 - 東莞

Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 杭州

Tel: 86-571-8792-8115
Fax: 86-571-8792-8116

中国 - 香港 SAR

Tel: 852-2943-5100
Fax: 852-2401-3431

中国 - 南京

Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

中国 - 青島

Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

中国 - 上海

Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

中国 - 瀋陽

Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳

Tel: 86-755-8864-2200
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 武漢

Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

中国 - 西安

Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

アジア / 太平洋

中国 - 厦門

Tel: 86-592-2388138
Fax: 86-592-2388130

中国 - 珠海

Tel: 86-756-3210040
Fax: 86-756-3210049

インド - バンガロール

Tel: 91-80-3090-4444
Fax: 91-80-3090-4123

インド - ニューデリー

Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

インド - プネ

Tel: 91-20-3019-1500

日本 - 大阪

Tel: 81-6-6152-7160
Fax: 81-6-6152-9310

日本 - 東京

Tel: 81-3-6880-3770
Fax: 81-3-6880-3771

韓国 - 大邱

Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

韓国 - ソウル

Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 または
82-2-558-5934

マレーシア - クアラルンプール

Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

マレーシア - ペナン

Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

フィリピン - マニラ

Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

シンガポール

Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

台湾 - 新竹

Tel: 886-3-5778-366
Fax: 886-3-5770-955

台湾 - 高雄

Tel: 886-7-213-7830

台湾 - 台北

Tel: 886-2-2508-8600
Fax: 886-2-2508-0102

タイ - バンコク

Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

ヨーロッパ

オーストリア - ヴェルス

Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

デンマーク - コペンハーゲン

Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

フランス - パリ

Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

ドイツ - デュッセルドルフ

Tel: 49-2129-3766400

ドイツ - カールスルーエ

Tel: 49-721-625370

ドイツ - ミュンヘン

Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

イタリア - ミラノ

Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

イタリア - ヴェニス

Tel: 39-049-7625286

オランダ - ドリユネン

Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

ポーランド - ワルシャワ

Tel: 48-22-3325737

スペイン - マドリッド

Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

スウェーデン - ストックホルム

Tel: 46-8-5090-4654

イギリス - ウォーキンガム

Tel: 44-118-921-5800
Fax: 44-118-921-5820