
単線動作でのUSART

序説

著者: Eivind Berntsen, Amund Aune, Microchip Technology Inc.

時々、Dallas単線または単に単線として参照される1-Wire[®]規約は多分、最も広く知られる単線半二重直列通信の方式です。けれども、1-Wireは単線上の半二重直列通信だけの方式ではありません。

通信に対して単線を使うことは時によって製品の総費用を減らすことができ、一方で直列通信に対して複数線を使うことはより多いピン数のデバイスへの変更を強制するでしょう。

この資料に於いて、用語の1-Wireは独占的に1-Wire規約を指します。用語の単線はDallas 1-Wire規約に制限されないものも含む単線半二重通信の何れの方式を指します。

万能同期非同期送受信器(USART: Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter)と単線で通信するためには、オープントレインまたはオープンコレクタの回路が必要とされます。旧AVR[®]デバイスはこれを成し遂げるために外部部品と2つのピンを必要とします。新しいtinyAVR[®] 0と1系統及びmegaAVR[®] 0系統では1つのピンで充分で、外部部品は必要とされません。新旧の解決策をもっと詳しく考察する前に、半二重とオープントレインについてのいくつかの背景情報が提供されます。

要点

- 半二重の説明
- 何故オープントレインが必要とされるのかの説明
- 旧tinyAVR[®]とmegaAVR[®]の単線解決策を調査
- tinyAVR[®] 0と1系統及びmegaAVR[®] 0系統での新しい解決策を紹介
- tinyAVR[®] 0と1系統及びmegaAVR[®] 0系統用の3つのコード例

本書は一般の方々の便宜のため有志により作成されたもので、Microchip社とは無関係であることを御承知ください。しおりの[はじめに]での内容にご注意ください。

目次

序説	1
要点	1
1. 関連デバイス	3
1.1. tinyAVR® 0系統	3
1.2. tinyAVR® 1系統	3
1.3. megaAVR® 0系統	3
2. 背景情報	4
2.1. 単線での半二重	4
2.2. オープントレイン	4
3. 古いmegaAVR®とtinyAVR®の解決策	5
3.1. ハードウェア変更とでのUSART	5
3.2. ビット操作	5
4. tinyAVR® 0と1系統及びmegaAVR® 0系統での新しい解決策	5
4.1. 実装	5
5. 規約	6
6. 結び	6
7. Atmel STARTからのソースコード取得	7
8. 改訂履歴	7
Microchipウェブ サイト	8
お客様への変更通知サービス	8
お客様支援	8
Microchipデバイス コード保護機能	8
法的通知	8
商標	9
DNVによって認証された品質管理システム	9
世界的な販売とサービス	10

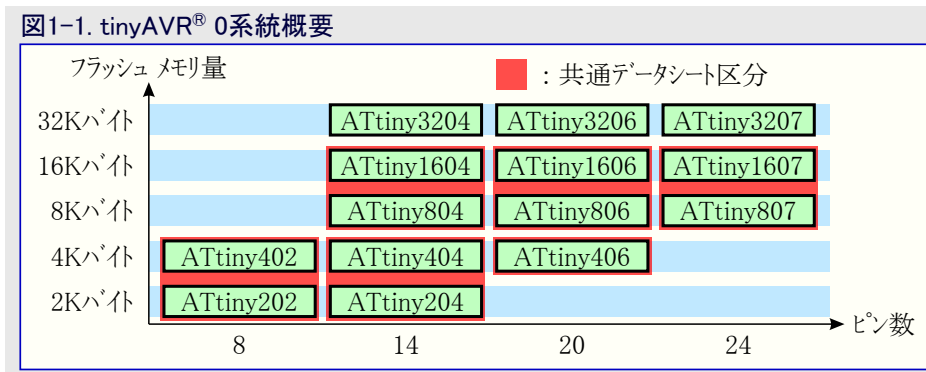
1. 関連デバイス

本章はこの資料に関連するデバイスを一覧にします。

1.1. tinyAVR[®] 0系統

下図はピン数の変種とメモリ量を展開してtinyAVR[®] 0系統デバイスを示します。

- これらのデバイスが完全にピンと機能が互換のため、垂直方向移植はコード変更なしで可能です。
- 左への水平方向移植はピン数、従って利用可能な機能を減らします。

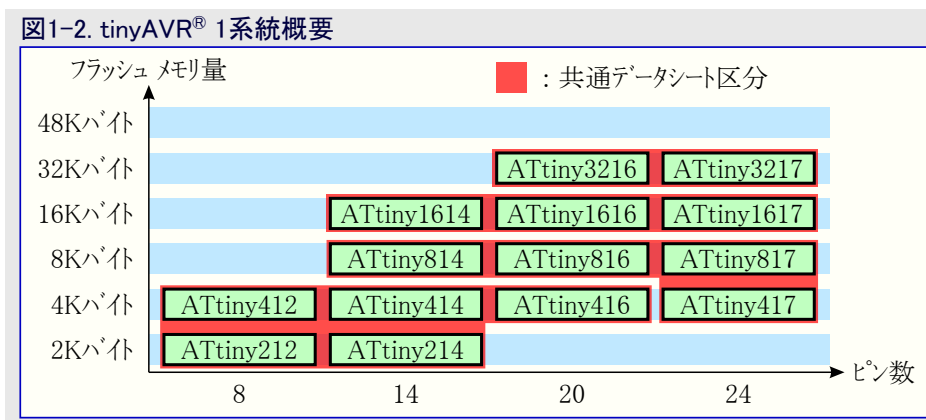


異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

1.2. tinyAVR[®] 1系統

下図はピン配置変種とメモリ量を展開してtinyAVR[®] 1系統デバイスを示します。

- これらのデバイスがピン互換で同じまたはより多くの機能を提供するため、垂直上方向移植はコード変更なしに可能です。下方向移植はより少ない利用可能ないくつかの周辺機能の実体のためにコード変更が必要かもしれません。
- 左への水平方向移植はピン数、従って利用可能な機能を減らします。

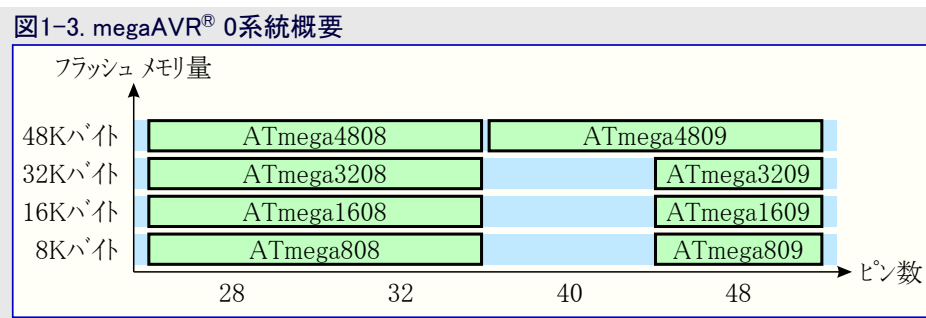


異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

1.3. megaAVR[®] 0系統

下図はピン配置変種とメモリ量を展開してmegaAVR[®] 0系統デバイスを示します。

- これらのデバイスが完全にピンと機能が互換のため、垂直方向移植はコード変更なしで可能です。
- 左への水平方向移植はピン数、従って利用可能な機能を減らします。



異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

2. 背景情報

単線通信は多様な方法で行うことができます。ここで集中するのはUSARTを使うことによる単線通信です。USARTは受信用の1つ(RXD)と送信用の1つ(TXD)の2つのピンを使う通信周辺機能です。USARTが単線通信に使われる時に、TXDとRXDは互いに接続されることが必要です。

電気装置での通信は3つの区分、単方向、半二重、全二重に分けることができます。単方向通信でのデータは1つの方向でだけ伝わります。半二重通信でのデータは両方向で伝わるのですが、同時にはできません。全二重通信でのデータは同時に両方向で伝わるすることができます。

単線通信の殆どの方式では単方向または半二重が使われます。単方向は実装が最も容易でUSARTに対してどんな特別な考慮も必要とされず、一方で半二重は通信の時間多重化がソフトウェアによって処理されなければならないために複雑さが加わり、RXDとTXDが同じデバイスで共に接続されます。

2.1. 単線での半二重

単線機構での半二重通信では同じ線に接続された全ての装置が線の状態を変更できることが必要です。線の状態はHighまたはLowのどちらかです。線がHighの時に測定される電圧は通常、供給電圧(VCC)と同じです。線がLowの時のそれは通常、接地(GND)に引かれ、入力で0Vが測定されるでしょう。

装置の通信がない時は、線が予め定義された状態、通常はHighです。1つの装置がデータ送出を望む時にそれは線をLowに引かなければなりません。全ての装置が同じ線上のため、それらは同時に全てがデータを送ることはできません。装置はいくつかの時間多重化の方式を通して線を共用しなければなりません。

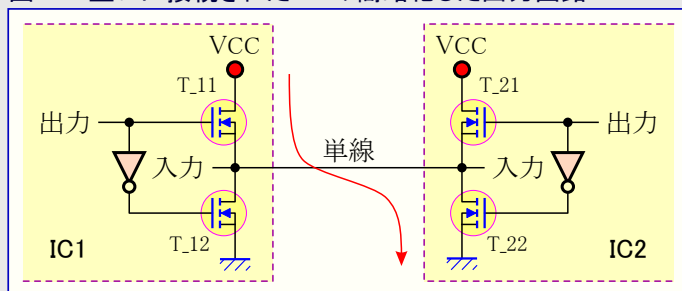
線がHighの時に全ての装置が線をLowに引くことができるため、潜在的な回路短絡に対して保護のために特別な出力回路が必要とされます。次の項はオープンドレインと呼ばれる、これに対する解決策を検討します。

2.2. オープンドレイン

オープンドレインとオープンコレクタの回路は接続された全ての装置がLowへ引くことができる、線への安全な接続を複数装置に許します。何故オープンドレインやオープンコレクタの開路が必要とされるのかをもっと良く理解するため、次の回路を考察してください。

右図は互いに接続された簡略化した2つの出力回路を示します。この回路での問題は、例えば、IC1が線をHighに保とうとする一方でIC2が線をLowに引こうとする場合に発生します。このような状況はT₁₁とT₂₂の両方が電流を伝導するためにVCCから接地(GND)への低抵抗経路を作成します。赤線は低抵抗経路を示します。回路が何れかの方式の過電流保護を持たないなら、これはデバイスに損傷し得る短絡回路を作り出します。回路がそのような保護を持つ場合、デバイス上で入力が何かを予測することは難しいでしょう。

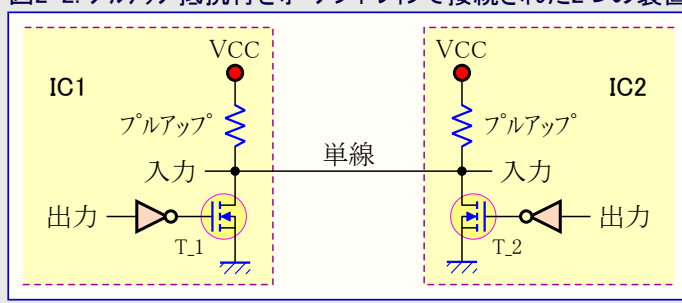
図2-1. 互いに接続された2つの簡略化した出力回路



この問題に対する解決策はプルアップ抵抗を持つ出力でのオープンドレインまたはオープンコレクタを使うことです。これはVCCとGND間の低抵抗経路作成を避け、入力はバスから正しい値を読むことができます。

「1. 関連デバイス」章で言及したデバイスはオープンドレイン機能が特徴です。オープンドレインとオープンコレクタの両回路は、別の装置によって線がLowに引かれるのと、それ自身、線をLowに引く能力があります。違いは線を引くのにオープンコレクタがBJTトランジスタを使い、一方でオープンドレインはMOSFETを使うことによってそれを行います。右図はオープンドレイン接続によって接続された2つの装置を示します。

図2-2. プルアップ抵抗付きオープンドレインで接続された2つの装置



両装置の出力がhighの時にトランジスタは電流を伝導しません。入力は両側でVCC(High)としてトランジスタを渡る電圧を読みます。1つまたは両方の装置が線をLowに引く場合、トランジスタは伝導を開始し、両入力にはバスで(ほぼ)0Vを読みます。電流はどの場合でもプルアップ抵抗を通して流れ、それはVCCと接地(GND)間の電流を制限します。この回路はVCCから接地への高電流経路を決して作り出さず、入力は正しい値を読みます。

3. 古いmegaAVR[®]とtinyAVR[®]の解決策

古いtinyAVRとmegaAVRのUSART周辺機能で単線通信を動かす時には外部オープントレイン(またはオープンコレクタ)回路が必要とされます。USARTはこの解決策のために2つの汎用入出力(GPIO)ピンを費やします。代わりに、単線通信を実行するのにビット操作(ビットバンキング)を使うことができます。これは高く激しくなるCPUの代償を払って、外部ハードウェアの必要をなくし、1つのピンだけを必要とします。

3.1. ハードウェア変更とでのUSART

単線通信にUSARTを使うにはRXDとTXDのピンを外部的に接続することが必要です。線をLowに引くことを他の装置に許す追加の外部回路も必要とします。下で示される回路は古いtinyAVRとmegaAVRのデバイスで単線(通信)を実装するための推奨回路です。

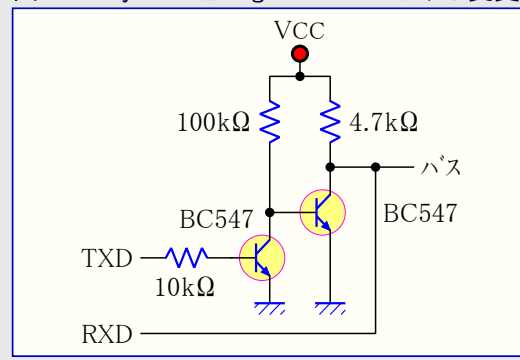
この回路はオープンコレクタ解決策です。出力ピンであるTXDは後ろのオープンコレクタ回路で保護され、一方で入力ピンとして設定されるRXDはバスに直接的に接続することができます。

TXDがHighの時に左側のトランジスタが伝導します。これは右側のトランジスタをそのベースで0Vを参照させ、従ってバスと接地(GND)間で伝導せず、抵抗器を通してHighに引かれることをバスに許します。TXDが未だHighの間にバス上の装置が線をLowに引く場合、VCCと0Vに引かれた線間で低抵抗経路を作り出すことなく右側のプリアップ抵抗を通して電流が流れます。

一方、TXDがLowになる場合、左側のトランジスタは伝導を停止します。右側のトランジスタがその後そのベースでVCCを参照し、伝導を開始します。バスはLowになり、右側のトランジスタがVCCと接地(GND)間の低抵抗経路を防ぎます。RXDの入力回路は高インピーダンス(高抵抗)で、とりわけバスに影響しません。

回路はVCCと接地(GND)間で作り出される直接的な電流経路がないことと、USARTが同じ線でデータを送受信できることを保証します。

図3-1. tinyAVR[®]とmegaAVR[®]のハードウェア変更



3.2. ビット操作

ビット操作(ビットバンキング)はソフトウェアによって直接駆動される直列通信の何れかの実装を示します。専用周辺機能を使う代わりに、ソフトウェアが入力と入力ピンを読み書きしてタイミングを処理します。

バスタイミングを処理するのに遅延ルーチンを使うことができます。遅延ルーチンは予め定義されたCPUクロック周期数を計数する多忙待ち繰り返しです。遅延ルーチンが終了されると、CPUはピンを採取、ピン出力を切り替え、ピンを出力から入力ピンに変更のような通信に使われるピンでのいくつかの活動を取ります。

遅延ルーチン実行時、CPUは他の作業を行うことができません。割り込み処理ルーチン(ISR)はCPUがビット操作を終えるまで待たなければなりません。このため、ISRによって使われるCPU周期数が遅延ルーチンから正しく減算されず、信号タイミングは正しくありません。1-Wire規約の場合、これはほぼ1msの最悪割り込み遅延を与えます。

Arduino[®]はビット操作を使ってAVRに1-Wire規約を実装します。1-Wireをビット操作する時に、オープントレインやオープンコレクタの回路は不要です。代わりに、規約がデータの送信または受信を求めるかに応じて、ピン方向が出力から入力へ切り替えられます。

4. tinyAVR[®] 0と1系統及びmegaAVR[®] 0系統での新しい解決策

tinyAVR[®] 0と1系統及びmegaAVR[®] 0系統によって支援されるUSART周辺機能は単線通信を単純化する機能を持ちます。TXDとRXDを内部的に接続することができ、2つのピンに対する必要性を無くします。TXDピンが入力と出力の両方に使われます。このピンはオープントレイン動作と構成設定可能な内部プリアップを支援し、外部ハードウェアの必要性を無くします。更に、1-Wireビット操作例と比べて、CPU周期数に対する必要性が最小で、割り込みは全部の時間で許可することができます。

4.1. 実装

単線を許すにはUSART内の以下の2ビットが'1'を書かれることが必要です。

- 制御A(CTRLA)レジスタの折り返し動作許可(LBME)ビット。このビットはTXDピンとRXDピン間の内部接続を許可します。
- 制御B(CTRLB)レジスタのオープントレイン動作許可(ODME)ビット。このビットはTXDピンに対してオープントレイン機能を許可します。USARTによってRXDピンは使われません。

少なくとも1つのプリアップ抵抗がバスに接続されることが必要なため、使われるピンに対して各自のプリアップ許可(PULLUPEN)に(1)を書くことも必要かもしれません。次のコード断片はポーリング動作構成で1-Wire主装置としてUSARTがどう構成設定されるかを示します。

```
// 内部プルアップ許可
PORTB. PIN2CTRL = PORT_PULLUPEN_bm;
// 折り返し動作許可
USART0. CTRLA = USART_LBME_bm;
// オープンドレイン動作許可、送受信許可
USART0. CTRLB = USART_ODME_bm | USART_RXEN_bm | USART_TXEN_bm;
// USARTを8ビット、1停止ビットに設定
USART0. CTRLC = USART_CHSIZE_8BIT_gc | USART_SBMODE_1BIT_gc;
// ボーレートを115200に設定
USART0. BAUD = BAUD_115200;
```

割り込みが使われるなら、「データレジスタ空」と「受信完了」に対する割り込み要求フラグも許可されなければなりません。TXDとRXDが共に接続されるため、送信されたデータは受信もされます。送った最後のバイトの読み出しは異常検査の一部として使うことができます。

規約のタイミングが送信したデータを読む付随処理を許さない場合、送信中に受信割り込みまたは受信部それ自身のどちらかを禁止することができます。受信割り込みは制御A(CTRLA)レジスタの受信完了割り込み許可(RXCIE)ビットを用いて禁止することができます。受信部は制御B(CTRLB)レジスタの受信許可(RXEN)ビットを用いて禁止することができます。受信時には受信部と受信割り込みが許可されなければなりません。

5. 規約

複数の装置が同じ線上で通信をする時に規約が必要とされます。このような規約の複雑さは以下の単線機構の複数の要因に依存します。

- 接続される装置の量
- 主装置の量
- 装置に対する接続と切断の可能性
- バスが動作する環境での信号の完全性
- 装置に対する種々のクロック速度
- データ速度

1-Wire規約は上の点の殆ど全てに関して良好な解決策を提供しますが、データ転送速度は制限されます。これの最大転送速度は14400(bps)で、バス時間とデータのいくつかが規約付随処理に使われます。

以降の「7. Atmel | STARTからのソースコード取得」章は単線を使ってより速い速度でUSART通信を示す簡単な例へのリンクを提供します。この例は1つの装置を通信を聞くように、別のものを通信を始めるように設定します。装置間で送られるデータは固定長です。最初に転送を始める装置は新しいデータを送る前に他の装置から返されるデータを受け取ることを常に期待します。

6. 結び

古いtinyAVRとmegaAVRのデバイスでの単線通信に対してUSARTは2つピンを消費します。また、ビット操作(ビットバンキング)が使われない限り、外部のオープンドレインかオープンコレクタの回路が必要とされます。

新しいtinyAVR® 0と1系統及びmegaAVR® 0系統での単線解決策は更新されたUSART周辺機能のおかげでより低い部品(BOM)費用と低いCPU付随負荷で実装することができます。RXDとTXD間の内部接続とピンでのオープンドレイン動作で、それらは下表で見ることができる優位点をもたらします。

表6-1. 1-Wire技法の比較

比較項目	旧USART解決策	新USART解決策	ビット操作(ビットバンキング)
割り込み	活性	活性	禁止
必要ピン	2 (TXDとRXD)	1 (TXD)	1 (何れか)
CPU負荷	低	低	高
部品	要外部部品	追加費用なし	追加費用なし

表から見るように、新しいtinyAVR® 0と1系統及びmegaAVR® 0系統で利用可能な解決策はビット操作(ビットバンキング)のようにどのピンを使うことができる代わりに、専用のTXDピンが使われる必要がある事実を除き、他の解決策からの最良の面全てを提供します。これらのデバイスは単線応用を開発するための素晴らしい基盤です。

7. Atmel | STARTからのソースコード取得

コード例は画像ユーザーインターフェース(GUI)を通して応用コードの構成設定を許すウェブに基づくAtmel | STARTを通して利用可能です。コードは下の直接コード例リンクまたはAtmel | START先頭頁のBROWSE EXAMPLES(例検索)鉤経由Atmel StudioとIAR Embedded Workbench®の両方に対してダウンロードすることができます。

Atmel | STARTウェブ ページ : <http://microchip.com/start>

コード例

ポートポーリング動作での単線 (One-wire in polled port mode)

- http://microchip.com/start/#example/Atmel:one-wire:1.0.0::Application:Onewire_in_polled_port_mode:

UARTポーリング動作での単線 (One-wire in polled UART mode)

- http://microchip.com/start/#example/Atmel:one-wire:1.0.0::Application:Onewire_in_polled_uart_mode:

簡単な単線例 (Simple one-wire example)

- http://microchip.com/start/#example/Atmel:one-wire:1.0.0::Application:Simple_one-wire_example:

例プロジェクトについての詳細と情報に関してはAtmel | STARTでUser guide(使用者の手引き)をクリックしてください。User guide鉤はAtmel | STARTプロジェクト構成設定部内の一覧画面でプロジェクト名をクリックすることにより、例閲覧部で見つけることができます。

Atmel Studio

DOWNLOAD SELECTED EXAMPLE(選んだ例をダウンロード)をクリックすることにより、Atmel | STARTで例閲覧部からAtmel Studio用.atzipファイルとしてコードをダウンロードしてください。Atmel | START内からファイルをダウンロードするには、EXPORT PROJECT(プロジェクトをエクスポート)に続いてDOWNLOAD PACK(一括ダウンロード)をクリックしてください。

ダウンロードした.atzipファイルをダブルクリックしてください。プロジェクトがAtmel Studio 7.0に導入されます。

IAR Embedded Workbench

IAR Embedded Workbenchでプロジェクトをインポートする方法の情報についてはAtmel | START使用者の手引きを開き、Using Atmel Start Output in External Tools(外部ツールでAtmel START出力を使用)とIAR Embedded Workbenchを選んでください。Atmel | START使用者の手引きへのリンクは共に頁の右上隅に置かれたAtmel | START先頭頁からHelp(手助け)またはプロジェクト構成設定部内のHelp And Support(手助けと支援)をクリックすることによって見つけることができます。

8. 改訂履歴

資料改訂	日付	注釈
A	2018年4月	初版資料公開
B	2018年6月	Atmel START例へのリンクを修正
C	2018年10月	「関連デバイス」章で図1-1、図1-2、図1-3を更新。文法と句読法を修正。

Microchipウェブ サイト

Microchipは<http://www.microchip.com/>で当社のウェブ サイト経由でのオンライン支援を提供します。このウェブ サイトはお客様がファイルや情報を容易に利用可能にする手段として使われます。お気に入りのインターネット ブラウザを用いてアクセスすることができ、ウェブ サイトは以下の情報を含みます。

- **製品支援** – データシートと障害情報、応用記述と試供プログラム、設計資源、使用者の手引きとハードウェア支援資料、最新ソフトウェア配布と保管されたソフトウェア
- **一般的な技術支援** – 良くある質問(FAQ)、技術支援要求、オンライン検討グループ、Microchip相談役プログラム員一覧
- **Microshipの事業** – 製品選択器と注文の手引き、最新Microchip報道発表、セミナーとイベントの一覧、Microchip営業所の一覧、代理店と代表する工場

お客様への変更通知サービス

Microchipのお客様通知サービスはMicrochip製品を最新に保つのに役立ちます。加入者は指定した製品系統や興味のある開発ツールに関連する変更、更新、改訂、障害情報がある場合に必ず電子メール通知を受け取ります。

登録するには<http://www.microchip.com/>でMicrochipのウェブ サイトをアクセスしてください。”Support”下で”Customer Change Notification”をクリックして登録指示に従ってください。

お客様支援

Microchip製品の使用者は以下のいくつかのチャネルを通して支援を受け取ることができます。

- 代理店または販売会社
- 最寄りの営業所
- 現場応用技術者(FAE:Field Application Engineer)
- 技術支援

お客様は支援に関してこれらの代理店、販売会社、または現場応用技術者(FAE)に連絡を取るべきです。最寄りの営業所もお客様の手助けに利用できます。営業所と位置の一覧はこの資料の後ろに含まれます。

技術支援は<http://www.microchip.com/support>でのウェブ サイトを通して利用できます。

Microchipデバイスコード保護機能

Microchipデバイスでの以下のコード保護機能の詳細に注意してください。

- Microchip製品はそれら特定のMicrochipデータシートに含まれる仕様に合致します。
- Microchipは意図した方法と通常条件下で使われる時に、その製品系統が今日の市場でその種類の最も安全な系統の1つであると考えます。
- コード保護機能を破るのに使われる不正でおそらく違法な方法があります。当社の知る限りこれらの方法の全てはMicrochipのデータシートに含まれた動作仕様外の方法でMicrochip製品を使うことが必要です。おそらく、それを行う人は知的財産の窃盗に関与しています。
- Microchipはそれらのコードの完全性について心配されているお客様と共に働きたいと思います。
- Microchipや他のどの半導体製造業者もそれらのコードの安全を保証することはできません。コード保護は当社が製品を”破ることができない”として保証すると言うことを意味しません。

コード保護は常に進化しています。Microchipは当社製品のコード保護機能を継続的に改善することを約束します。Microchipのコード保護機能を破る試みはデジタル ミレニアム著作権法に違反するかもしれません。そのような行為があなたのソフトウェアや他の著作物に不正なアクセスを許す場合、その法律下の救済のために訴権を持つかもしれません。

法的通知

デバイス応用などに関してこの刊行物に含まれる情報は皆さまの便宜のためにだけ提供され、更新によって取り換えられるかもしれません。皆さまの応用が皆さまの仕様に合致するのを保証するのは皆さまの責任です。Microchipはその条件、品質、性能、商品性、目的適合性を含め、明示的にも黙示的にもその情報に関連して書面または表記された書面または黙示の如何なる表明や保証もしません。Microchipはこの情報とそれの使用から生じる全責任を否認します。生命維持や安全応用でのMicrochipデバイスの使用は完全に購入者の危険性で、購入者はそのような使用に起因する全ての損害、請求、訴訟、費用からMicrochipを擁護し、補償し、免責にすることに同意します。他に言及されない限り、Microchipのどの知的財産権下でも暗黙的または違う方法で許認可は譲渡されません。

商標

Microchipの名前とロゴ、Mcirochipロゴ、AnyRate、AVR、AVRロゴ、AVR Freaks、BitCloud、chipKIT、chipKITロゴ、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、KeeLoqロゴ、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOSTロゴ、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32ロゴ、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SSTロゴ、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O、XMEGAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge、Quiet-Wireは米国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNetロゴ、memBrain、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certifiedロゴ、MPLAB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、View Sense、WiperLock、Wireless DNA、ZENAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの商標です。

SQTPは米国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの役務標章です。

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

GestICは他の国に於けるMicrochip Technology Inc.の子会社であるMicrochip Technology Germany II GmbH & Co. KGの登録商標です。

ここで言及した以外の全ての商標はそれら各々の会社の所有物です。

© 2018年、Microchip Technology Incorporated、米国印刷、不許複製

DNVによって認証された品質管理システム

ISO/TS 16949

Microchipはその世界的な本社、アリゾナ州のチャンドラーとテンペ、オレゴン州グラシャムの設計とウェハー製造設備とカリフォルニアとインドの設計センターに対してISO/TS-16949:2009認証を取得しました。当社の品質システムの処理と手続きはPIC[®] MCUとdsPIC[®] DSC、KEELOQ符号飛び回りデバイス、直列EEPROM、マイクロ周辺機能、不揮発性メモリ、アナログ製品用です。加えて、開発システムの設計と製造のためのMicrochipの品質システムはISO 9001:2000認証取得です。

日本語© HERO 2021.

本応用記述はMicrochipのAN2658応用記述(DS00002658C-2018年10月)の翻訳日本語版です。日本語では不自然となる重複する形容表現は省略されている場合があります。日本語では難解となる表現は大幅に意識されている部分もあります。必要に応じて一部加筆されています。頁割の変更により、原本より頁数が少なくなっています。

必要と思われる部分には()内に英語表記や略称などを残す形で表記しています。

青字の部分はリンクとなっています。一般的に赤字の0,1は論理0,1を表します。その他の赤字は重要な部分を表します。



MICROCHIP

世界的な販売とサービス

米国	亜細亜/太平洋	亜細亜/太平洋	欧州
本社 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 Tel: 480-792-7200 Fax: 480-792-7277 技術支援: http://www.microchip.com/support ウェブアドレス: www.microchip.com アトランタ Duluth, GA Tel: 678-957-9614 Fax: 678-957-1455 オースチン TX Tel: 512-257-3370 ホストン Westborough, MA Tel: 774-760-0087 Fax: 774-760-0088 シカゴ Itasca, IL Tel: 630-285-0071 Fax: 630-285-0075 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 Tel: 317-536-2380 ロサンゼルス Mission Viejo, CA Tel: 949-462-9523 Fax: 949-462-9608 Tel: 951-273-7800 ローリー NC Tel: 919-844-7510 ニューヨーク NY Tel: 631-435-6000 サンホセ CA Tel: 408-735-9110 Tel: 408-436-4270 カナダ - トロント Tel: 905-695-1980 Fax: 905-695-2078	オーストラリア - シドニー Tel: 61-2-9868-6733 中国 - 北京 Tel: 86-10-8569-7000 中国 - 成都 Tel: 86-28-8665-5511 中国 - 重慶 Tel: 86-23-8980-9588 中国 - 東莞 Tel: 86-769-8702-9880 中国 - 広州 Tel: 86-20-8755-8029 中国 - 杭州 Tel: 86-571-8792-8115 中国 - 香港特別行政区 Tel: 852-2943-5100 中国 - 南京 Tel: 86-25-8473-2460 中国 - 青島 Tel: 86-532-8502-7355 中国 - 上海 Tel: 86-21-3326-8000 中国 - 瀋陽 Tel: 86-24-2334-2829 中国 - 深圳 Tel: 86-755-8864-2200 中国 - 蘇州 Tel: 86-186-6233-1526 中国 - 武漢 Tel: 86-27-5980-5300 中国 - 西安 Tel: 86-29-8833-7252 中国 - 廈門 Tel: 86-592-2388138 中国 - 珠海 Tel: 86-756-3210040	インド - ハンガロール Tel: 91-80-3090-4444 インド - ニューデリー Tel: 91-11-4160-8631 インド - フネー Tel: 91-20-4121-0141 日本 - 大阪 Tel: 81-6-6152-7160 日本 - 東京 Tel: 81-3-6880-3770 韓国 - 大邱 Tel: 82-53-744-4301 韓国 - ソウル Tel: 82-2-554-7200 マレーシア - クアラルンプール Tel: 60-3-7651-7906 マレーシア - ペナン Tel: 60-4-227-8870 フィリピン - マニラ Tel: 63-2-634-9065 シンガポール Tel: 65-6334-8870 台湾 - 新竹 Tel: 886-3-577-8366 台湾 - 高雄 Tel: 886-7-213-7830 台湾 - 台北 Tel: 886-2-2508-8600 タイ - バンコク Tel: 66-2-694-1351 ベトナム - ホーチミン Tel: 84-28-5448-2100	オーストラリア - ウェルズ 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 フィンランド - エスポー Tel: 358-9-4520-820 フランス - パリ Tel: 33-1-69-53-63-20 Fax: 33-1-69-30-90-79 ドイツ - ガルピング Tel: 49-8931-9700 ドイツ - ハーン Tel: 49-2129-3766400 ドイツ - ハイムブロン Tel: 49-7131-67-3636 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 ドイツ - ローゼンハイム Tel: 49-8031-354-560 イスラエル - ラーナナ Tel: 972-9-744-7705 イタリア - ミラノ Tel: 39-0331-742611 Fax: 39-0331-466781 イタリア - ハドバ Tel: 39-049-7625286 オランダ - デルネン Tel: 31-416-690399 Fax: 31-416-690340 ノルウェー - トロンハイム Tel: 47-72884388 ポーランド - ワルシャワ Tel: 48-22-3325737 ルーマニア - ブカレスト Tel: 40-21-407-87-50 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 - イェテボリ Tel: 46-31-704-60-40 スウェーデン - ストックホルム Tel: 46-8-5090-4654 イギリス - ウォーキングム Tel: 44-118-921-5800 Fax: 44-118-921-5820