
ATtiny817を使う1-Wire®模倣

序説

著者: Daniel Xiong, Microchip Technology Inc.

1-Wire®装置との通信はGNDに加えて1線だけを必要とすることに於いて独特です。電源と通信が1つの接続を通して取り扱われます。Maximの1-Wire装置との通信には汎用入出力ピンが必要とされるだけです。この応用記述は1-Wire従装置(DS2433)がATtiny817をつかってどう模倣され得るかを示します。

要点

- ・ 標準速Maximの1-Wire®規約を支援
- ・ 全AVR®デバイス適合
- ・ 割り込み駆動実装
- ・ 外部ハードウェア不要

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. 動作の理屈 – Maximの1-Wire®規約	3
1.1. 基本バス信号	3
1.2. ROM機能命令	4
1.3. メモリ機能命令	4
1.4. 一斉に適用	5
2. 実装	5
2.1. 初期化	5
2.2. ビット段階関数	5
2.3. バイト段階関数	6
2.4. ROM機能命令	6
2.5. メモリ機能命令	6
2.6. 巡回冗長検査(CRC)	6
3. 結び	6
4. 参考文献	6
5. 改訂履歴	6
Microchipウェブ サイト	7
製品変更通知サービス	7
お客様支援	7
Microchipデバイスコード保護機能	7
法的通知	7
商標	8
品質管理システム	8
世界的な販売とサービス	9

1. 動作の理屈 – Maximの1-Wire[®]規約

1-Wireバスは信号と電力に関して1線だけを使います。通信は同期、半二重で、主従機構に厳密に従います。1つまたは多数の従装置をバスへ同時に接続することができますが、1つの主装置だけがバスに接続されるべきです。

バスはアイドルがHighで、故にプルアップ抵抗が必要です。プルアップ抵抗の値を決めるには従装置のデータシートをご覧ください。バスに接続される全ての装置はバスをLowに駆動できなければなりません。装置がHi-Zにして置けないピンを通して接続される場合、オープンコレクタまたはオープンドレインの緩衝器が必要とされます。

1-Wireバス上の合図は60 μ sの時間幅(スロット)に分けられます。1つのデータビットはこの時間幅毎にバスへ送信されます。従装置は名目の時間基準と違う意味の時間基準をもつことを許されます。けれども、これは異なる時間基準を持つ従装置との正しい通信を保証するために、非常に正確な主装置のタイミングが必要です。従って以降の項で記述される時間制限に従うことが非常に重要です。

1.1. 基本バス信号

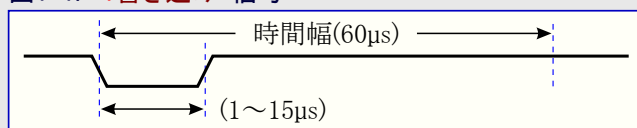
主装置はバス上に於いてビット単位で毎回の通信を始めます。これは方向に拘らず、送信されるべきビット毎に主装置がビット送信を始めなければならないことを意味します。これはバスをLowに引っ張ることによって行われ、そしてこれは全ての部署のタイミング論理回路を同期化します。1-Wireバス上の通信には次のような5つの基本命令があります。

1. '1書き込み'
2. '0書き込み'
3. '読み込み'
4. 'リセット'
5. '存在'

1.1.1. '1書き込み' 信号

'1書き込み'信号は右図で示されます。主装置は1~15 μ s間、バスをLowに引っ張ります。そして時間幅の残りの間、開放します。

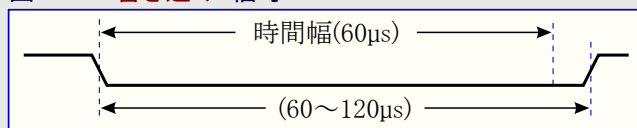
図1-1. '1書き込み' 信号



1.1.2. '0書き込み' 信号

'0書き込み'信号は右図で示されます。主装置は最低60 μ s、最大120 μ sの間、バスをLowに引っ張ります。

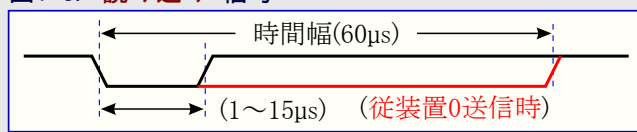
図1-2. '0書き込み' 信号



1.1.3. '読み込み' 信号

'読み込み'信号は右図で示されます。主装置は1~15 μ s間、バスをLowに引っ張ります。そして従装置は'0'の送出手を望むなら、バスをLowに保ちます。'1'の送出手を望むなら、単に線を開放します。バスがLowに引っ張られた後の15 μ s後にバスが採取されるべきです。主装置側から見ると、'読み込み'信号は'1書き込み'信号(と同じ)です。それが'1書き込み'または'読み込み'のどちらの信号を指示するかは、信号自体よりもむしろ従装置の内部状態です。

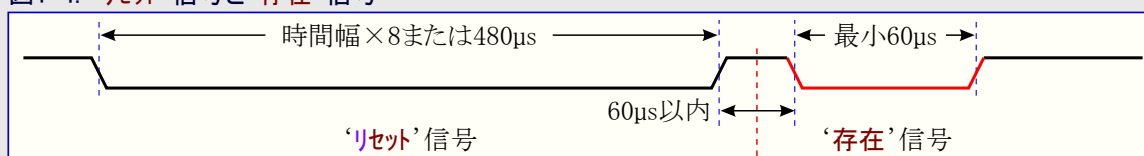
図1-3. '読み込み' 信号



1.1.4. 'リセット/存在' 信号

'リセット'と'存在'の信号は下図で示されます。先の波形と時間尺度が異なることに注意してください。主装置は最低8時間幅、または480 μ s間、バスをLowに引っ張り、そして開放します。この長いLow区間が'リセット'信号と呼ばれます。存在する従装置があるなら、それはバスが主装置によって開放された後の60 μ s以内にバスをLowに引っ張り、最低60 μ s間、Lowを保ちます。この応答が'存在'信号と呼ばれます。バス上に'存在'信号が全く出されなければ、主装置はバス上に装置が全く存在せず、更なる通信が不可能であると仮定しなければなりません。

図1-4. 'リセット' 信号と'存在' 信号



1.1.5. ソフトウェアでの信号生成

ソフトウェアによってAVRで1-Wire信号を生成するのは簡単です。単に汎用入出力ピンの方向と値を変更して必要な遅延を生成することで充分です。この詳細な説明は「実装」章で与えられます。

1.2. ROM機能命令

全ての1-Wire装置はROM内に格納された世界的に固有の64ビット識別番号を含みます。この番号はバスに於ける個別装置の識別やアドレス指定を容易にするのに使うことができます。識別子は8ビットの系統符号、48ビットの通番、先の56ビットから計算された8ビットのCRCの3つの部分から成ります。64ビット識別子に対して操作するROM機能命令と呼ばれる小さな命令群が定義されています。右表は6つの定義済みROM命令を一覧にします。

表1-1. ROM命令

命令	符号	使い方
READ ROM	\$33	認証(ID読み込み(単一従装置用))
SKIP ROM	\$CC	アドレス指定省略(基本的に単一従装置用)
MATCH ROM	\$55	従装置アドレス指定(次命令応答装置選択)
SEARCH ROM	\$F0	バス上の全ての装置のIDを取得
OVERDRIVE SKIP ROM	\$3C	SKIP ROMの過速(高速動作)版
OVERDRIVE MATCH ROM	\$69	MATCH ROMの過速(高速動作)版

1.2.1. READ ROM命令

‘READ ROM’命令は単一従装置バス上で64ビットの固有識別子を読むのに使うことができます。バスに接続された従装置が多数ある場合、この命令の結果は従装置識別子のAND(負論理OR)の結果になるでしょう。誤ったCRCは多数の従装置の存在を示します。

1.2.2. SKIP ROM命令

‘SKIP ROM’命令はどの特定従装置を目標とせず使うことができます。単一従装置バスではアドレス指定に関して‘SKIP ROM’命令で充分です。複数従装置バスでは一度に全ての従装置をアドレス指定するのに使うことができます。これは従装置へ命令を送る、例えば、一度に多数の温度感知器の温度変換を開始する時にだけ有用です。複数従装置バス上の従装置から読む時に‘SKIP ROM’命令を使うのは不可能です。

1.2.3. MATCH ROM命令

バス上の個別従装置をアドレス指定するのに‘MATCH ROM’命令を使ってください。‘MATCH ROM’命令後、バス上に完全な64ビット識別子が送信されます。それが終わると、次のリセットパルスが受信されるまで、この識別子を持つ従装置だけが応答を許されます。

1.2.4. SEARCH ROM命令

‘SEARCH ROM’命令は先立って全ての従装置の識別子を知らない時に使うことができます。これはバス上に存在する全ての従装置の識別子を発見することを可能にします。最初に‘SEARCH ROM’命令がバス上に送信されます。そして主装置はバスから1ビットを読み取ります。各従装置は自身の識別子の先頭ビットをバス上に置きます。主装置はこれを全ての従装置の識別子の先頭ビットの論理AND(負論理OR)の結果として読み取ります。そして主装置はバスから更に1ビットを読み取ります。各従装置は自身の識別子の先頭ビットの補数(論理反転値)をバス上に置きます。主装置はこれを全ての従装置の識別子先頭ビットの補数の論理AND(負論理OR)の結果として読み取ります。全ての従装置が先頭ビットとして‘1’を持つなら、主装置は‘10’を読むでしょう。同様に全ての従装置が先頭ビットとして‘0’を持つなら、主装置は‘01’を読むでしょう。これらの場合では全アドレスの先頭ビットとしてこのビットを格納することができます。そして主装置はこのビット書き戻し、要するに送っている識別子のビットの維持を全ての従装置に告げます。バス上に識別子の先頭ビットとして‘0’と‘1’の両方の装置がある場合、主装置は‘00’を読むでしょう。この場合の主装置はこの時点で‘0’か‘1’のどちらかを持つアドレスでの継続を決めなければなりません。この選択がバス上に送信され、現実的に識別子のこの時点に於けるこのビットを持たない全ての従装置をアイドル状態にします。(訳補:即ち1ビットの確定に3ビットを要します。)

そして主装置は次ビットの読み込みを進め、64ビットを読むまでこの処理が繰り返されます。そして主装置は1つの完全な64ビット識別子を見出すでしょう。もっと識別子を見出すには‘SEARCH ROM’命令を再び動かすべきですが、この時に先刻に於いて不一致があったビット値に対して違う選択にされるべきです。各従装置に対するこの1度の繰り返しが全ての従装置を見出すでしょう。1つの検索が実行されてしまうと、1つ以外の全ての従装置がアイドル状態へ移行されていることに注意してください。‘MATCH ROM’命令での特別なアドレス指定なしに活性の従装置と直ぐに通信することが可能です。

1.2.5. OVERDRIVE ~ ROM命令

‘OVERDRIVE ~ ROM’命令はこの文書の範囲外です。この応用記述は標準速だけを網羅します。

1.3. メモリ機能命令

メモリ機能命令は1つの装置または装置の分類部を指定する命令です。これらの命令は代表的に従装置内部のメモリレジスタの読み書きを扱います。いくつかのメモリ機能命令が定義されていますが、全ての命令が全ての装置によって使われる訳ではありません。読み書きの命令は各装置特有で、一般的な仕様の部分ではありません。右表はDS2433のメモリ機能命令を一覧にします。

表1-2. DS2433のメモリ機能命令

命令	符号	使い方
WRITE SCRATCHPAD	\$0F	作業領域にデータ書き込み
READ SCRATCHPAD	\$AA	作業領域データと従装置アドレスを確認
COPY SCRATCHPAD	\$55	データを作業領域からメモリに複写
READ MEMORY	\$F0	メモリからデータを読み込み

1.3.1. WRITE SCRATCHPAD命令

この命令は作業領域にデータを書くのに使われます。作業領域はメモリへ書く時に緩衝部として働く付加的な頁です。‘WRITE SCRATCHPAD’命令発行後、主装置は最初に2バイトの従装置アドレスと後続する作業領域に書かれるデータを提供しなければなりません。データはバイト変位(T4:T0)で始まる作業領域に書かれます。最終変位(E4:E0)は主装置がデータ書き込みを停止するバイト変位で、完全なデータバイトだけが受け入れられます。最後のデータバイトが未完了の場合、その内容は無視され、不完全バイトフラグ(PF)が設定されます。

1.3.2. READ SCRATCHPAD命令

この命令は作業領域データと従装置アドレスを確認するのに使われます。‘READ SCRATCHPAD’命令発行後、主装置は読み込みを始めます。最初の2バイトは従装置アドレスです。次のバイトは終了変位/データ状態バイト(E/S)で、バイト変位(T4:T0)で始まる作業領域データが後続します。主装置は作業領域の最後までデータを読むことができ、その後のデータ読み込みは全て論理‘1’です。

1.3.3. COPY SCRATCHPAD命令

この命令は作業領域からメモリにデータを複写するのに使われます。‘COPY SCRATCHPAD’命令発行後、主装置は確認のために作業領域を読むことによって得ることができる3バイトの認証様式を提供しなければなりません。この様式は(TA1、TA2、E/Sの順で)3つのアドレスレジスタに含まれたデータと正確に一致しなければなりません。様式が一致したなら、認証容認(AA)フラグが設定され、複写が始まります。複写は最大5msかかり、その間、1-Wireバスの電圧は2.8V未満に下降してはなりません。データが複写された後、主装置によって“リセット”パルスが発行されるまで、‘1’と‘0’の切り替え様式が受信されます。

1.3.4. READ MEMORY命令

この命令はメモリからデータを読むのに使われます。‘READ MEMORY’命令発行後、主装置は2バイトの従装置アドレスを提供しなければなりません。この2バイト後、主装置は従装置アドレスから始まるデータを読み、メモリの最後まで続くかもしれず、その時点で論理‘1’が読まれます。これは従装置アドレスレジスタが提供されたアドレスを含むことを実現するために重要です。

1.4. 一斉に適用

全ての1-Wire装置は次のような基本通信手順に従います。

1. 主装置が‘リセット’パルスを送ります。
2. 従装置が‘存在’パルスで応答します。
3. 主装置がROM機能命令を送ります。これが1つまたは多数の従装置を効率的にアドレス指定します。
4. 主装置がメモリ機能命令を送ります。

注: 手順全体を完了する必要はありません。例えば、ROM機能命令終了後に新しい通信を始めるために新規の“リセット”を送ることが可能です。

2. 実装

どんな特別なハードウェアを使うこともなくソフトウェアだけで1-Wire規約を実装することが可能です。この解決策はハードウェアが1つの汎用入出力ピン(GPIO)だけを必要とする利点を持ちます。AVRの全てのGPIOが双方向で選択可能な内部プルアップ抵抗を持つので、AVRは外部の支援回路を全くなして1-Wireバスを制御することができます。内部プルアップ抵抗が主装置の電流構成設定に適合しない場合は、1つの外部抵抗が必要なだけです。この解決策は1-Wireバスの下降端を捕獲するのにGPIOの下降端割り込みを使い、その後割り込み処理部で規約を実行します。

2.1. 初期化

初期化手順は非常に簡単です。1-Wireピンを入力動作で設定し、内部プルアップ抵抗を許可し、GPIO割り込みに割り込み処理部を割り当ててください。

2.2. ビット段階関数

ビット段階関数は1-Wire規約に従って実装されます。全てのタイミング要素はDS2433データシートでの推奨値に従います。

ビット段階関数	説明
uint8_t OW_detect_reset (void);	この関数は‘リセット’信号を検出するのに使われます。
void OW_presence(void);	この関数は‘存在’信号を送るのに使われます。
void OW_write_bit (uint8_t write_data);	この関数は主装置へデータのビットを送信するのに使われます。
uint8_t OW_read_bit (void);	この関数は主装置からデータのビットを受信するのに使われます。

OW_PULL_BUS_LOW()とOW_RELEASE_BUS()の2つのマクロはバスをLowに駆動するとバスを開放するために含まれます。これらはそれらが頻繁に起きるため、マクロとして実装され、厳しいタイミング要件のため、関数呼び出しによって起こされる付随負荷は望まれません。

2.3. バイト段階関数

バイト段階関数	説明
<code>void OW_write_byte(uint8_t write_data);</code>	この関数は主装置へデータのバイトを送信するのに使われます。
<code>uint8_t OW_read_byte(void);</code>	この関数は主装置からデータのバイトを受信するのに使われます。

2.4. ROM機能命令

標準速通信用の全ての一般的なROM機能命令が実装されます。また、全ての一般的なROM機能命令は状態機構を使って `void OW_InterruptHandler(void)` 関数で実装されます。この状態機構はDS2433データシートに従って実装されますが、どの1-Wire装置を模倣する時にも使うことができます。最も簡単なROM機能命令は‘SKIP ROM’命令で、これはバス状態をROM機能命令待ちからメモリ機能命令待ちに変更します。

2.5. メモリ機能命令

標準速通信用の全てのメモリ機能命令が実装されます。また、全てのメモリ機能命令は状態機構を使って `void DS2433_Memory_Function(uint8_t cmd)` 関数で実装されます。この状態機構はDS2433データシートに従って実装され、DS2433を模倣する時にだけ使うことができます。

2.6. 巡回冗長検査(CRC)

データ整合性を保証するために1-Wire装置によって巡回冗長検査(CRC)が使われます。CRCの背後の理論はこの文書の範囲外で、更なる検討は行われません。

一般的に1-Wire装置で、またDS2433データシートで、次のような2つの異なるCRCが見つかります。

- 1つの8ビットCRC(Maximの1-Wire CRC、DOW-CRC、または簡単なCRC8): 全ての1-Wire装置のROM部分で使われます。CRC8はバスで発行された命令のような他のデータを確認するためにいくつかの装置でも使われます。
- 1つの16ビットCRC(CRC16): より大きなデータの組に対して検査するためにいくつかの装置によって使われます。

CRC関数	説明
<code>uint8_t crc8_maxim(uint8_t *data, uint8_t length)</code>	この関数はCRC8を計算するのに使われます。
<code>uint16_t crc16_maxim(uint8_t *data, uint8_t length)</code>	この関数はCRC16を計算するのに使われます。

3. 結び

この応用記述はATtiny817マイクロコントローラを使って1-WireデバイスのDS2433を模倣する方法を示します。この応用記述では標準速だけが記述されます。他の1-Wire従装置を模倣するには `void DS2433_Memory_Function(uint8_t cmd)` がそのデバイスのデータシートに従って実装されることが必要です。

4. 参考文献

4Kバイト1-Wire EEPROM用データシート

5. 改訂履歴

文書改訂	日付	注釈
A	2020年11月	初版文書公開

Microchipウェブ サイト

Microchipは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のに使われます。利用可能な情報のいくつかは以下を含みます。

- **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設計協力課程会員一覧
- **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

製品変更通知サービス

Microchipの製品変更通知サービスは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www.microchip.com/pcnへ行っ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
- 組み込み解決技術者(ESE:Embedded Solutions 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ESE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、その製品系統が安全であると考えます。
- Microchipデバイスのコード保護機能を破ろうとする試みに使われる不正でおそらく違法な方法があります。当社はこれらの方法が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とされると確信しています。これらのコード保護機能を破ろうとする試みは、おそらく、Microchipの知的財産権に違反することなく達成することはできません。
- Microchipはそのコードの完全性について心配されている何れのお客様とも共に働きたいと思えます。
- Microchipや他のどの半導体製造業者もそのコードの安全を保証することはできません。コード保護は製品が”破ることができない”ことを当社が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

この刊行物含まれる情報はMicrochip製品を使って設計する唯一の目的のために提供されます。デバイス応用などに関す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。

この情報はMicrochipによって「現状そのまま」で提供されます。Microchipは非侵害、商品性、特定目的に対する適合性の何れの黙示的保証やその条件、品質、性能に関する保証を含め、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。

如何なる場合においても、Microchipは情報またはその使用に関連するあらゆる種類の間接的、特別的、懲罰的、偶発的または結果的な損失、損害、費用または経費に対して責任を負わないものとします。法律で認められている最大限の範囲で、情報またはその使用に関連する全ての請求に対するMicrochipの全責任は、もしあれば、情報のためにMicrochipへ直接支払った料金を超えないものとします。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、Microchipロゴ、Adaptec、AnyRate、AVR、AVRロゴ、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、chipKIT、chipKITロゴ、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemiロゴ、MOST、MOSTロゴ、MPLAB、OptoLyzer、PackeTime、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32ロゴ、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SSTロゴ、Super Flash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron、XMEGAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

AgileSwitch、APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、FlashTec、Hyper Speed Control、Hyper Light Load、IntelliMOS、Liberio、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plusロゴ、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、Vite、WinPath、ZL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、Augmented Switching、BlueSky、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、IdealBridge、In-Circuit Serial Programming、ICS P、INICnet、Intelligent Paralleling、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPAS M、MPF、MPLAB Certifiedロゴ、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICKtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simple MAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SMART-I.S.、storClad、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、VectorBlox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect、and 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。

Adaptecロゴ、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology、Symmcom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。

© 2020年、Microchip Technology Incorporated、米国印刷、不許複製

品質管理システム

Microchipの品質管理システムに関する情報についてはwww.microchip.com/qualityを訪ねてください。

日本語© HERO 2020.

本応用記述はMicrochipのAN3699応用記述(DS00003699A-2020年11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: 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 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 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: 45-4485-5910 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 - ガルヒング Tel: 49-8931-9700 ドイツ - ハーン Tel: 49-2129-3766400 ドイツ - ハイムブロン Tel: 49-7131-72400 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 - パドバ Tel: 39-049-7625286 オランダ - デルフト 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