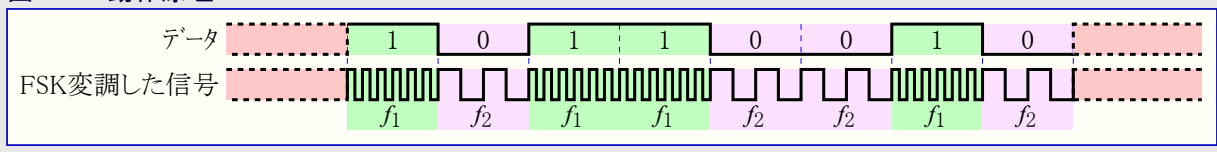


序説

周波数偏移変調(FSK:Frequency-shift keying)はデジタル情報を送信するのに搬送信号の周波数の変化を伴うデジタル変調技法です。搬送信号はFSKでの様々な2進数状態を表すために2つ以上の周波数間で偏移されます。2つの状態間の周波数偏移は一般的に低く、その信号は周波数偏移を検出することによって復調されます。FSKは一般的に無線通信、RFID、遠隔測定系のような応用で使われます。

2つの周波数だけを使うFSK変調法は2値FSK(BFSK)と呼ばれます。搬送信号周波数は2値データを表すのに2つの周波数間を偏移される一方で、搬送波信号の位相はこの処理の間、一定に留まります。2進数の1を表すのに使われる周波数は”マーク”として知られる一方で、2進数の0を表すのに使われる周波数は”スペース”として知られます。

図1. FSK動作原理



AVR® EB系マイクロコントローラ(MCU)特有の周辺機能を使うBFSKの変復調技法がこの技術概説で扱われます。これらの技法はタイマ/カウンタB型、E型、F型(TCB、TCE、TCF)の周辺機能を使って実装されます。1つのコード例がAVR16EB32 MCUを中心にして開発され、BFSK変復調を通して2つのCuriosity Nano(CNANO)基板間の全2重通信を見せます。このコード例はデバイスと周辺機能の初期化にMPLAB®コード構成部(MCC)を使います。これはMicrochip MPLAB Discoverウェブサイトに対応するウェブページを持ち、ハードウェアとソフトウェアの要件の包括的な記述を提供します。



MPLAB DISCOVERでコード例を見るにはクリックしてください。

目次

序説	1
1. 周辺機能概要: タイマ/カウンタ	3
1.1. タイマ/カウンタB型	3
1.2. タイマ/カウンタE型	4
1.3. タイマ/カウンタF型	4
2. 変調技法	6
3. 復調技法	7
4. 結果	9
5. 参照	12
6. 改訂履歴	13
Microchip情報	14
Microchipウェブ サイト	14
製品変更通知サービス	14
お客様支援	14
Microchipデバイス コード保護機能	14
法的通知	14
商標	15
品質管理システム	15
世界的な販売とサービス	16

1. 周辺機能概要: タイマ/カウンタ

AVR EB系統MCUは計数捕獲、比較出力、パルス幅変調(PWM)、周波数生成能力を持つ複数のタイマ/カウンタが特徴です。

- ・ 捕獲用計数捕獲と信号測定を持つ2つの16ビット タイマ/カウンタB型(TCB)
- ・ 4つの比較チャンネルとPWM生成用の波形拡張(WEX)を持つ1つの16ビット タイマ/カウンタE型(TCE)
- ・ 周波数生成用の1つの24ビット タイマ/カウンタF型(TCF)
- ・ 外部クリスタルまたは内部発振器から走行することができる1つの16ビット実時間計数器(RTC)

1.1. タイマ/カウンタB型

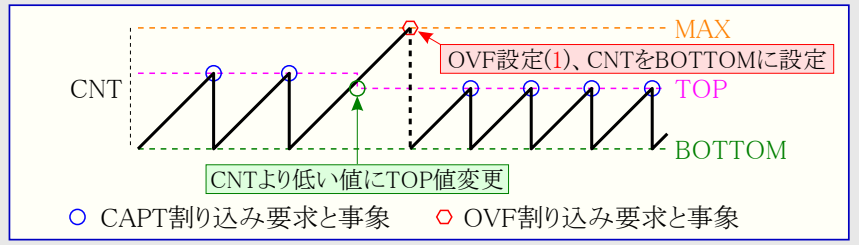
16ビット タイマ/カウンタB型(TCB)の能力は周波数調整可能な波形生成、デジタル信号の時間と周波数の測定を持つ事象での計数捕獲を含みます。TCBは基本計数器と各動作形態が独特な機能を提供する8つの異なる動作形態の1つに設定することができる制御論理回路から成ります。基本計数器は任意選択の前置分周を持つ周辺機能クロックによってクロック駆動されます。TCBは以下の特性が特徴です。

- ・ 16ビット タイマ/カウンタ
- ・ 任意選択動作形態
 - 周期的割り込み
 - 制限時間検査
 - 計数捕獲
 - ・ 事象での捕獲
 - ・ 周波数測定
 - ・ パルス幅測定
 - ・ 周波数とパルス幅の測定
 - ・ 32ビット捕獲
- 単発
- 8ビットPWM
- ・ 事象入力での雑音除去器
- ・ TCEとの同期動作

この技術概説の文脈ではTCBの両実体が使われ、焦点は周期的割り込み動作と計数捕獲周波数測定動作です。

周期的割り込み動作では計数器が捕獲値まで加算してBOTTOMから再始動します。計数器値がTOPと等しい時に捕獲の割り込みと事象が生成されます。TOP値が計数器値よりも小さな値に更新された場合、MAX(計数の流れでの最大値)到達で溢れの割り込みと事象が生成され、計数器はBOTTOMから再始動します。

図1-1. TCB周期的割り込み動作

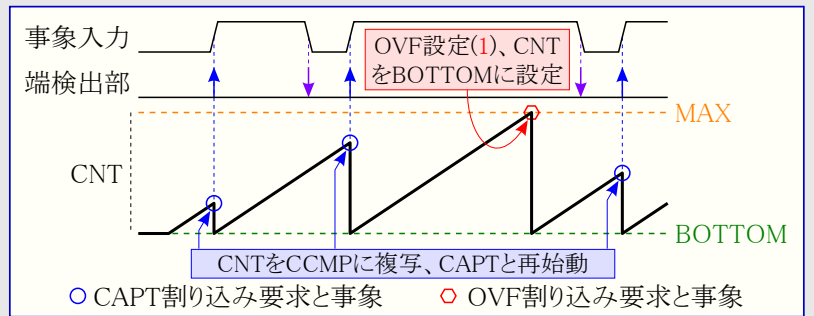


計数捕獲周波数動作では事象制御(TCBn.EVCTRL)レジスタの事象端選択(EDGE)ビットに応じてTCBが事象入力信号の正端または負端のどちらかで計数器値を捕獲して再始動します。計数レジスタ値は比較/捕獲(TCBn.CCMP)レジスタに転送され、捕獲の割り込みと事象が生成されます。捕獲割り込みフラグは比較/捕獲レジスタの下位バイト読み込み後に自動的に解除(0)されます。計数器値がMAXに達する時に溢れの割り込みと事象が生成されます。

計数捕獲周波数測定動作は事象制御レジスタの捕獲事象入力許可(CAPTEI)ビットへの1書き込みによって事象使用部として構成設定されたTCBと、応用の要件に従った事象システム(EVSY S)の設定が必要とされます。事象は認知されるのに最低1周辺機能クロック周期持続しなければなりません。

入力信号の追加濾波が望まれる場合、TCBの雑音除去器機能を使うことができます。事象制御レジスタの捕獲入力雑音除去濾波器許可(FILTER)が許可されると、周辺機能は事象チャンネルを監視して最後に観測した4つの採取の記録を保持します。連続する4つの採取が等しければ、その入力は安定と見做され、その信号が事象検出部に供給されます。

図1-2. TCB計数捕獲周波数測定



1.2. タイマ/カウンタE型

TCEは正確なプログラム実行タイミング、周波数と波形の生成、指令実行を提供します。TCEは基本計数器と複数の比較チャンネルから成ります。基本計数器はクロック周期または事象を計数するのに使うことができ、またクロック周期をどう計数するかを事象に制御させます。計数方向と周期設定制御は正確なタイミングに使われます。比較チャンネルは基本計数器と共に、比較一致制御、周波数生成、パルス幅波形変調に使うことができます。TCEは以下の特性が特徴です。

- 16ビット タイマ/カウンタ
- 4つの比較チャンネル
- 2重緩衝されたタイマ定期間設定
- 2重緩衝された比較チャンネル
- 波形生成:
 - 周波数生成
 - 単一傾斜PWM(パルス幅変調)
 - 2傾斜PWM
- 事象での計数
- 計時器溢れ割り込み/事象
- 比較チャンネル当たり1つの比較一致
- 波形生成器分解能を8倍(3ビット)まで増加

動作形態に応じて、計数器は各タイマ/カウンタ クロックまたは事象入力で解消、再設定、増加、減少されます。この技術概説の文脈での焦点は標準動作形態です。

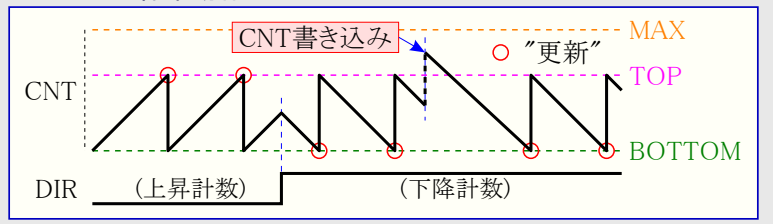
動作中、計数器は制御E(TCEn. **CTRL**E)レジスタの方向(DIR)ビットによって選ばれた方向でクロック刻みを計数します。クロック刻みは制御A(TCEn. **CTRL**A)レジスタのクロック選択(CLKSEL2~0)ビット領域に従って前置分周した周辺機能クロックによって与えられます。

計数器値は計数器がTOP(計数の流れでの最高値)またはBOTTOM(0)に達したかどうかを判断するために0と定期レジスタ値と継続的に比較されます。計数方向が上昇に設定されている間にTOPに達すると、計数器は次のクロック刻みで0へ回り込みます。下降計数時、BOTTOM到達時、計数器は定期レジスタ値で再設定されます。

計数器レジスタの計数器値は動作中に変更することができます。レジスタへの書き込みアクセスは計数、解消、再設定の動作よりも高い優先権を持ち、直ちに行います。計数器の方向も方向ビットへの書き込みによって標準動作中に変更することができます。

溢れの割り込みと事象は計数方向に応じて、計数器がTOPまたはBOTTOMに達した時に生成されます。

図1-3. TCE標準動作



1.3. タイマ/カウンタF型

TCFの能力は周波数と波形の生成を含みます。TCFは基本計数器と各々固有の機能を提供する各種動作形態に設定することができる制御論理回路から成ります。基本計数器は任意選択の前置分周と共に選択可能なクロック元によってクロック駆動されます。TCFは以下の特性が特徴です。

- 24ビット タイマ/カウンタ
- 動作形態:
 - 周波数生成
 - 数値制御発振器(NCO: Numerical Controller Oscillator)
 - パルス周波数
 - 固定デューティ サイクル
 - 8ビット パルス幅変調(PWM)
- 7ビット前置分周器
- 計時器溢れと2つの比較一致の事象/割り込み
- パルスまたは波形出力としての事象生成
- 複数のクロック元

動作形態に応じて、この周辺機能のレジスタ機能が異なるかもしれません。この技術概説での本項はNCO(数値制御発振器)固定デューティ サイクル動作に焦点を当てます。

NCO固定デューティ サイクル周波数生成動作では、入力クロック速度で比較レジスタによって定義された固定値(増加値)を累積器(計数器レジスタ)に繰り返し追加することによってTCFが動作します。累積器は周期的な繰り上げで溢れ、最大累積値に追加する値の比率によって効率的に入力クロックを減らします。

生成される波形の周波数(f_{FRQ})は以下の式によって定義されます。

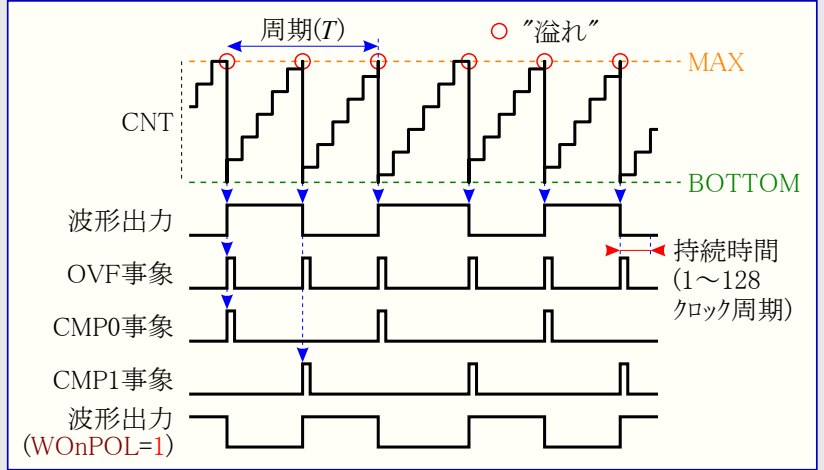
$$f_{FRQ} = \frac{f_{CLK_TCF} \times \text{Increment}}{2^{SIZE_CNT}}$$

これは加算値(Increment)と波形周波数間を線形関係にし、正確な周波数波形生成を効率的に許します。n分周計時器を超えるこの線形の優位性は出力揺らぎの犠牲を伴います。けれども、周期的に起こるこの揺らぎは剰余に応じて常に±1クロック周期です。

波形出力は毎回の累積器溢れで交互切り替えされます。増加値が一定に留まるとすれば、結果として波形は50%デューティサイクルを持ちます。

2つの比較の割り込みと事象は1つが波形の上昇端、他方が下降端に一致する溢れ切り替えで生成されます。溢れの割り込み/事象は全ての溢れで生成されず。

図1-4. TCF NCO固定デューティサイクル周波数波形生成



2. 変調技法

万能同期非同期送受信器(USART:Universal Synchronous and Asynchronous Receiver and Transmitter)周辺機能は直列端末で提供された入力データを受け取ります。変調処理はUSART受信緩衝部に利用可能なデータがある時に開始します。

TCFはNCO固定デューティサイクル動作に構成設定され、変調されたデータ信号を生成します。生成した信号の周波数が増加値に比例し、従って正確性を確立することができるため、この動作形態は優れた柔軟性を提供します。周波数偏移も突然の出力波形位相不連続なしで起きます。

TCEは標準動作で構成設定され、ms毎に1回、溢れ割り込みを生成します。この周期的な割り込みがTCFの増加値を変えることによってデータバイトを変調し、各データビットの状態に基づいて対応する”マーク”または”スペース”のどちらかに出力波形の周波数を効率的に切り替えます。

TCFによって生成した変調された信号のフレーム形式はUSARTフレーム形式と同様です。データバイト毎に合計11ビットが変調されて送信されます。TCFの出力状態は送信するデータがない時にこの周辺機能が禁止されるため最初は論理Lowです。

変調処理が始まると直ぐにTCFが許可され、開始ビットを模倣するために”スペース”が後続する”マーク”が生成されます。次にデータバイトが変調され、TCFが禁止される前に停止ビットを模倣するために別の”マーク”が後続します。このフレーム形式は復調が起る通信線の他端での同期法として働きます。

図2-1. 変調処理構成図

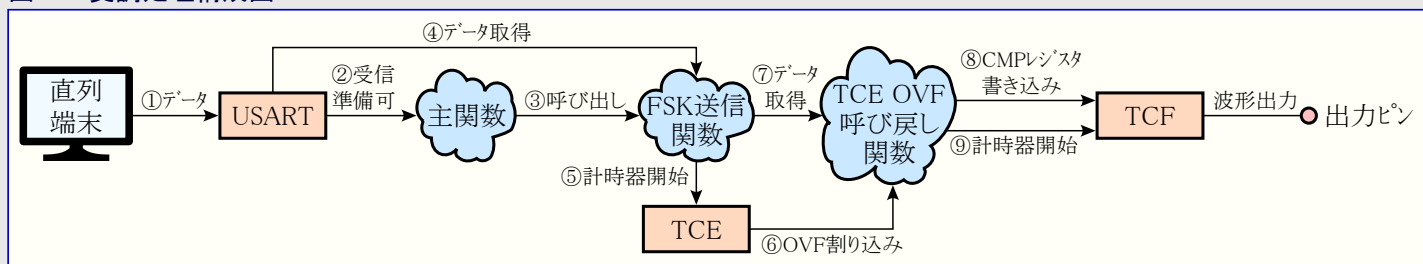


図2-2. 単一データバイトの変調

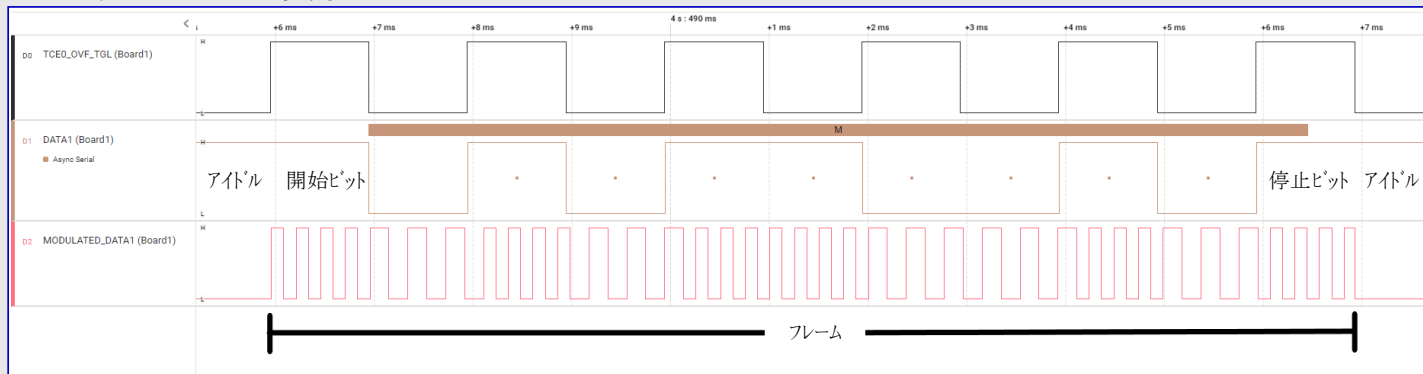
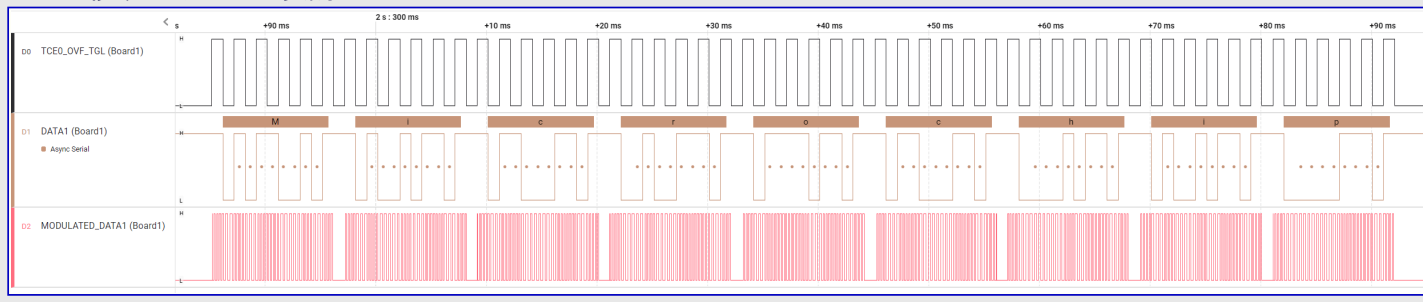


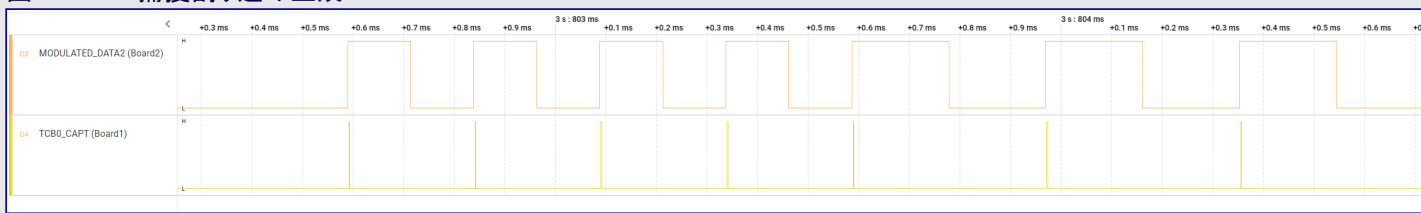
図2-3. 複数データバイトの変調



3. 復調技法

復調処理はTCB周辺機能の2つの実体を使って実装されます。1つ目の実体は計数捕獲周波数測定動作で動き、2つのFSK周波数間の区別に使われます。受信した変調された信号はEVSYSの手助けでTCB入力チャンネルに供給され、各波形周期で捕獲割り込みが生成されます。捕獲した値に基づき、ソフトウェアは測定した周波数が”マーク”または”スペース”に対応するかを判定しそれによって状態変数を更新します。

図3-1. TCB捕獲割り込み生成



周期的割り込み動作で動く2つ目のTCB実体は状態変数を採取するのに使われ、最初に割り込みが25 μ s毎に生成され、状態変数の現在値が前の値と比較されます。(開始ビットに等しい)状態変数の”マーク”から”スペース”への遷移が検出されると、復調処理が始まります。採取速度は変調処理中に使われるものに一致するように変更されますが、正しいデータ解釈を保証するため、追加の時間変位を導入する前には行われません。

周期的割り込みは今や1ms毎に1回生成され、データバイトは状態変数に従ってビット毎に再構築されます。一旦データバイトが成功裏に再構築され、状態変数の値が(停止ビットに等しい)”マーク”を示すと、採取速度が25 μ sに戻され、USART周辺機能の手助けで復調されたデータバイトが直列端末で表示されます。

図3-2. TCB周期的割り込み生成

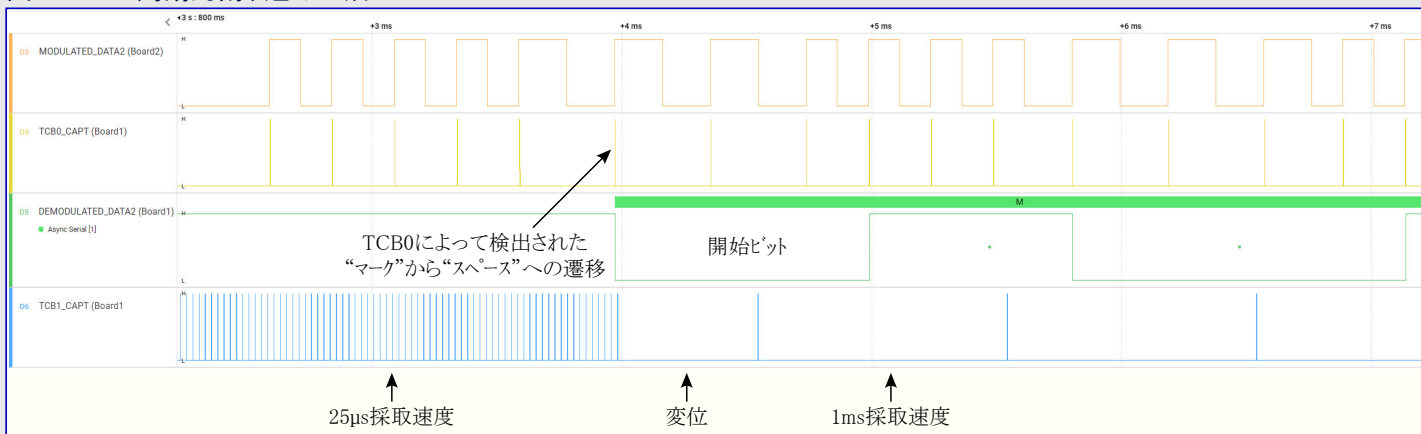


図3-3. 復調処理構成図

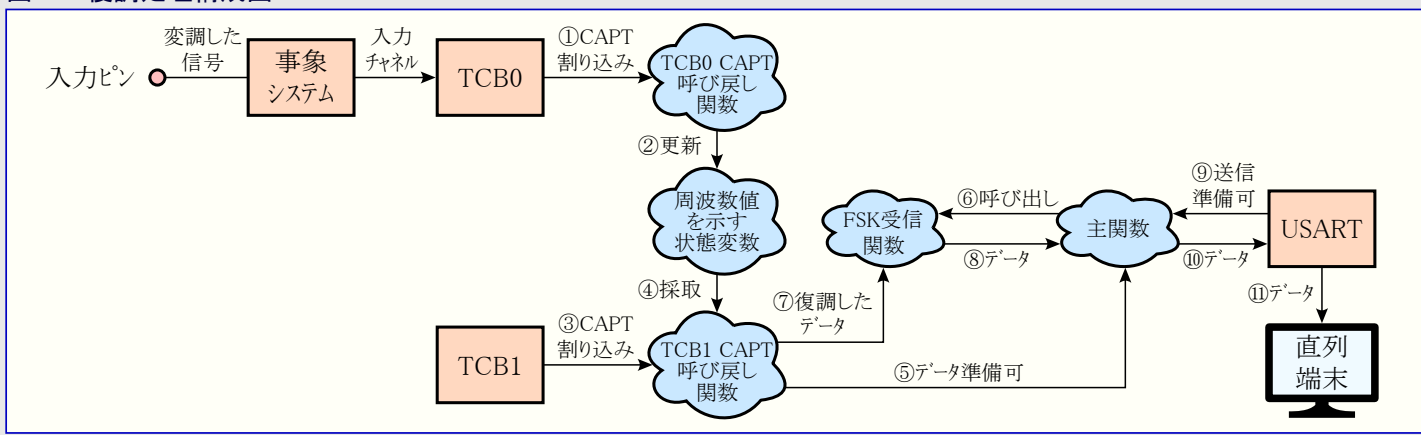


図3-4. 単一データバイトの復調

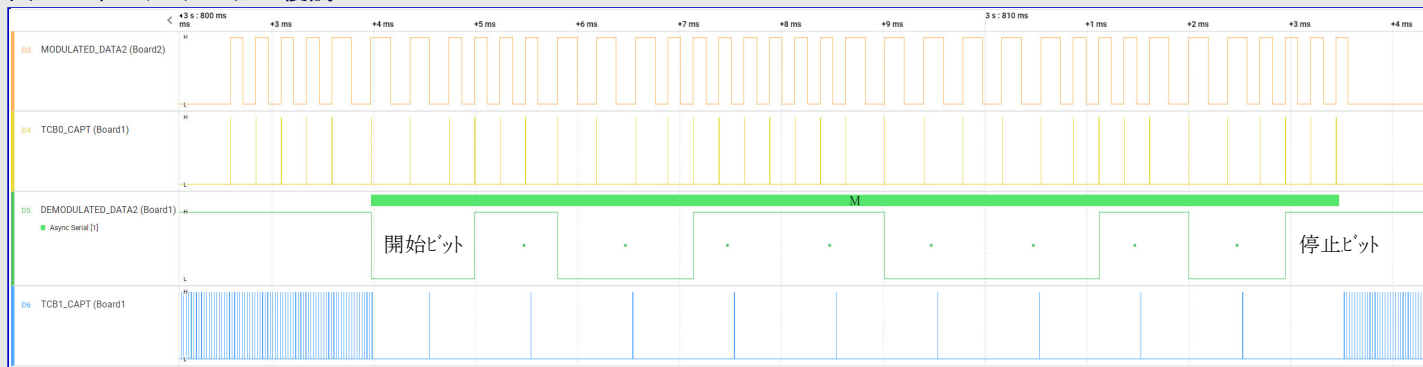
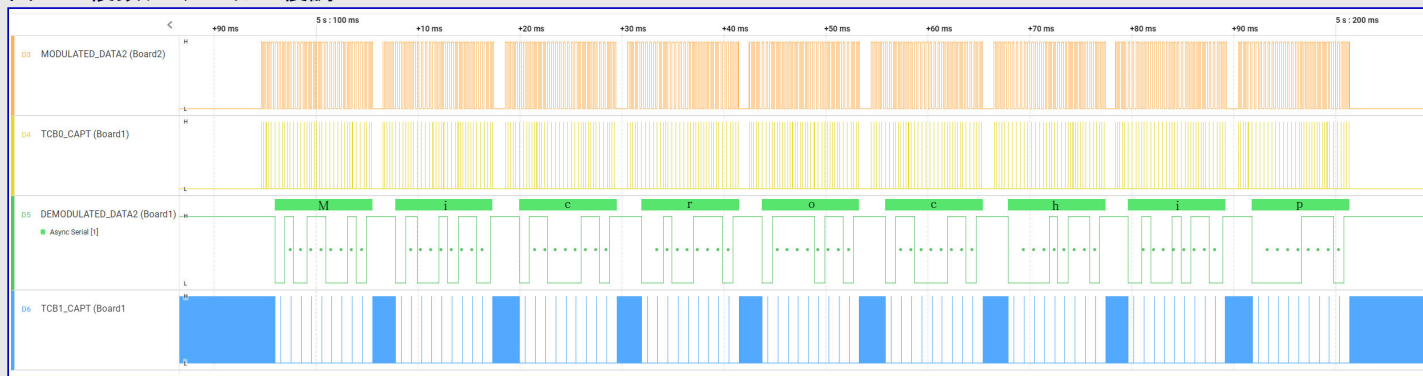


図3-5. 複数データバイトの復調



4. 結果

開発したコード例は前記で記述したFSK変復調技法を使って2つのAVR16EB32 CNANO基板間での全2重通信を実行します。2つのCNANO基板が同じノート/PCに接続される場合はそれら間の通信は2線だけを使います。各CNANO基板が違うPCに接続される場合、接地のために追加の線が必要とされます。CNANO Base上のI/O1 Xplained Pro拡張ヘッダが2つの基板を接続します。

図4-1. 構成図

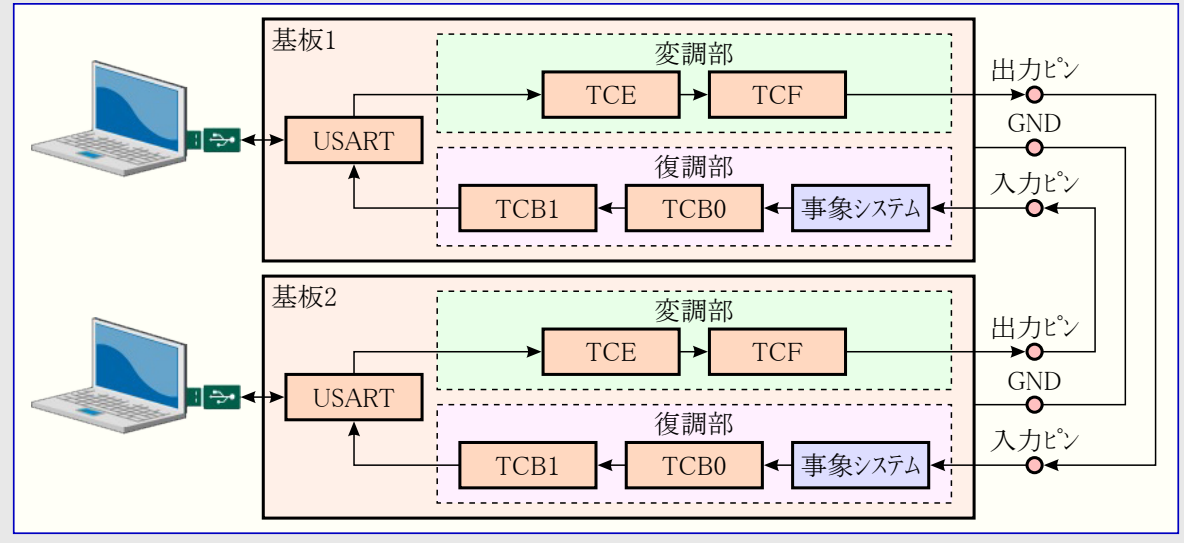


図4-2. ハードウェア設定

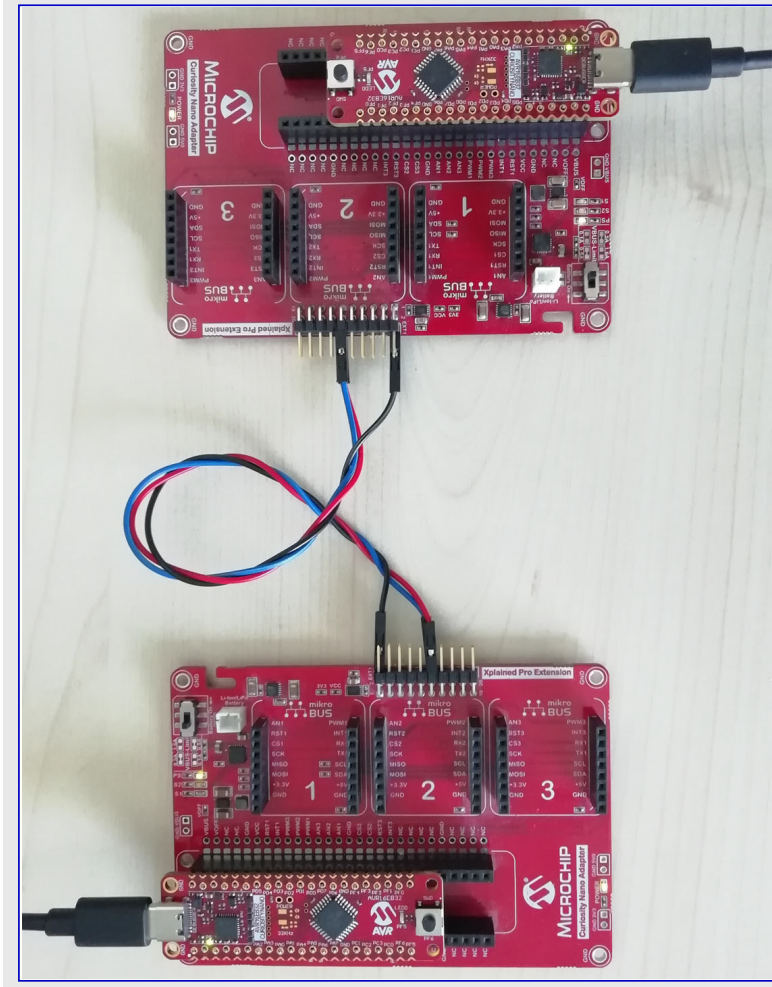
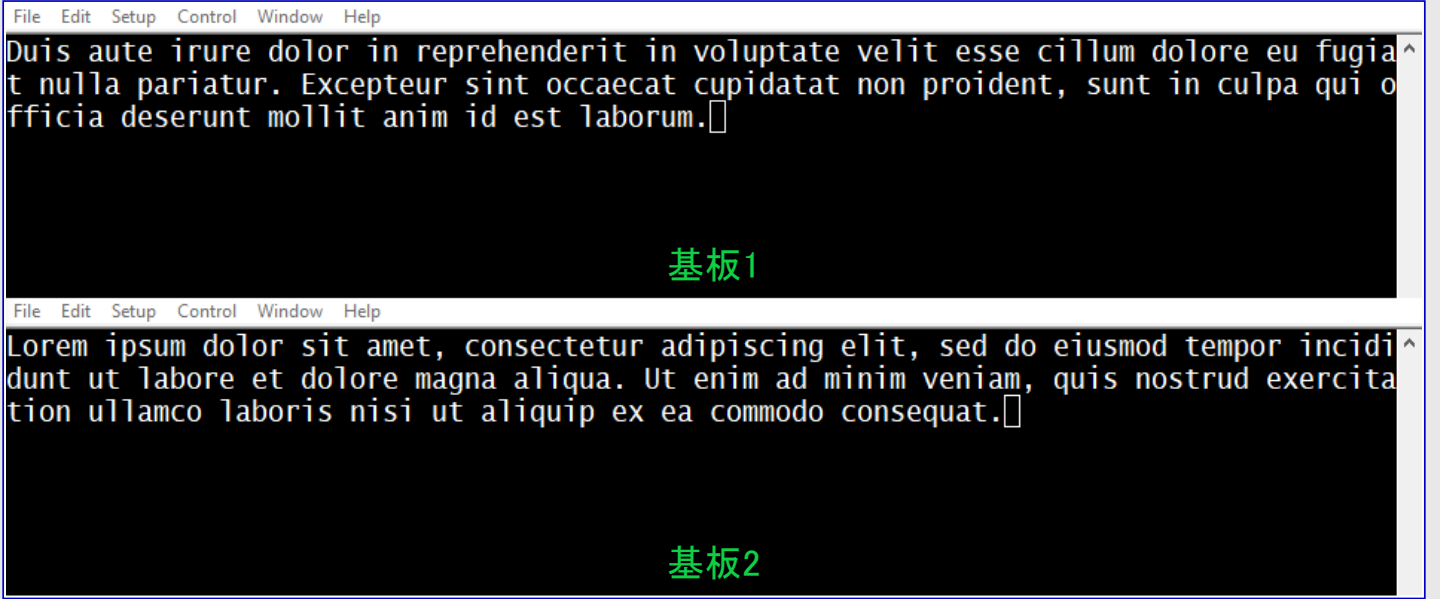


図4-3. 直列端末ウィンドウ



2つのCNANO基板間の通信が図4-3で説明されます。基板は同じポート/PCに接続されています。下側のウィンドウは上側のウィンドウで入力した文字を表示し、その逆も同様です。

図4-4. CNANO基板で同時に行われている変復調処理

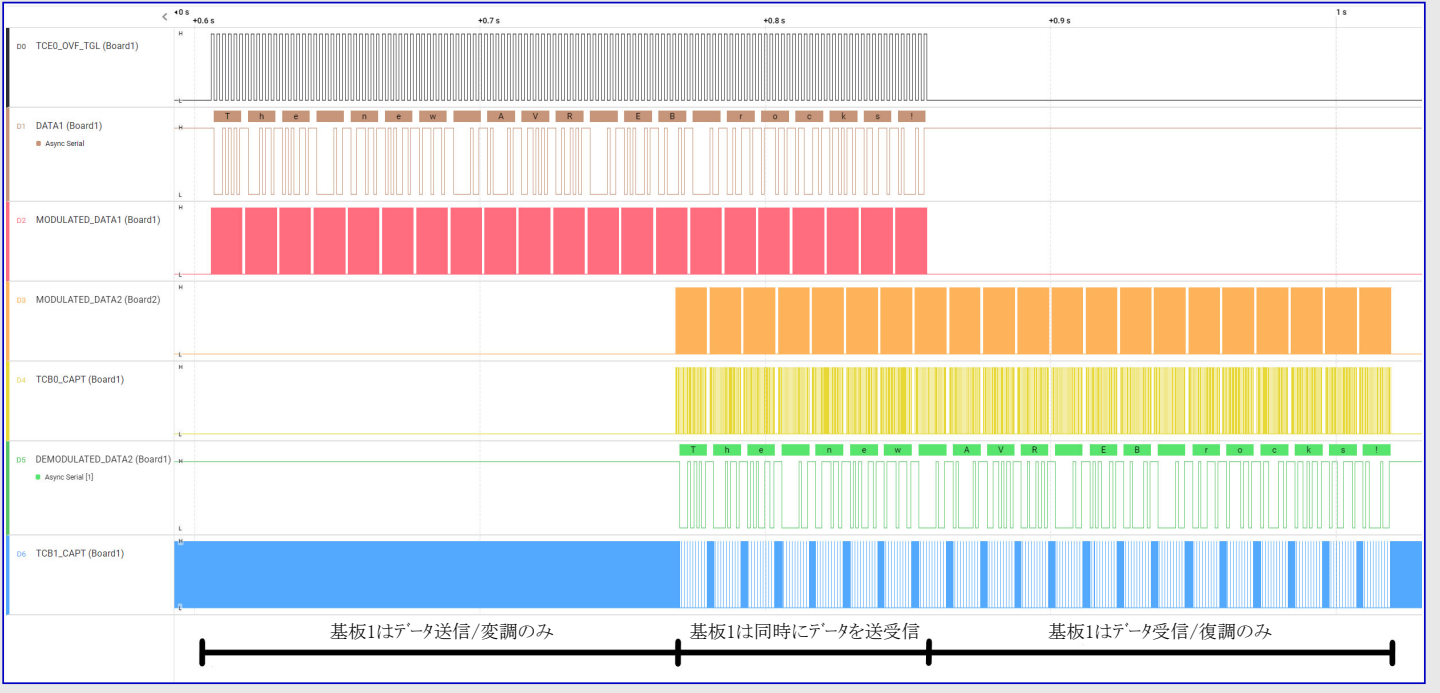
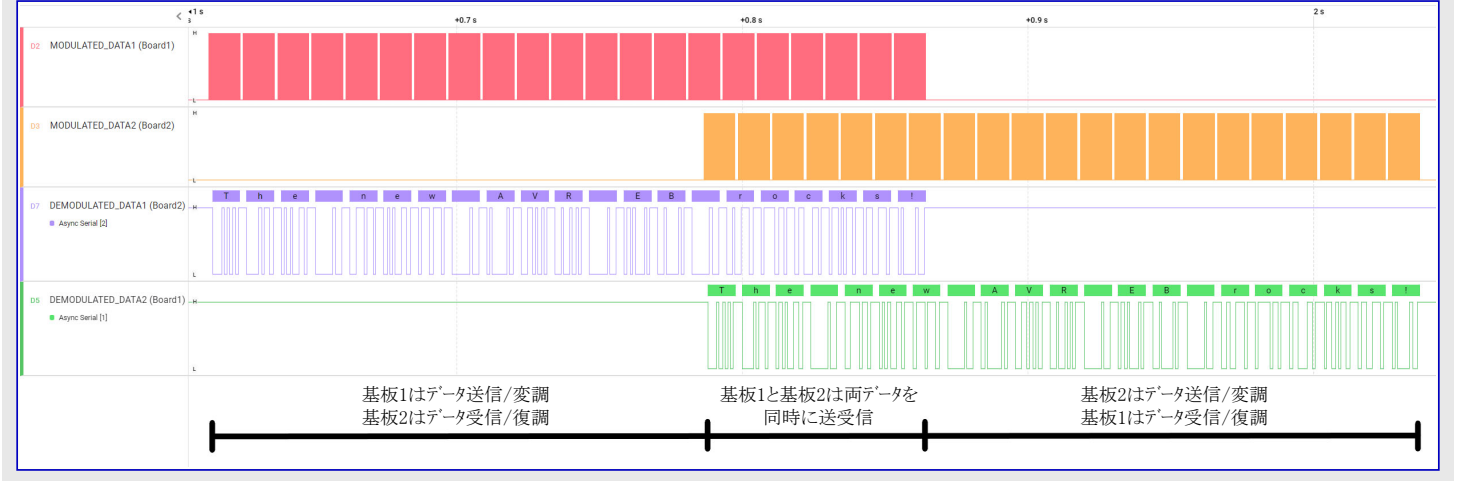


図4-5. 両CNANO基板で同時に行われている変復調処理



5. 参照

- “AVR16EB14/20/28/32 暫定データシート”(DS40002522)、Microchip Technology Inc.
- “AVR16EB32 Curiosity Nanoピン配置” Microchip Technology Inc.
- “Click boards™用Curiosity Nano Baseハードウェア使用者の手引き”(DS50002839)、Microchip Technology Inc.
- “MPLAB®コード構成部v3.xx使用者の手引き”(DS40001829)、Microchip Technology Inc.
- AVR16EB32 Curiosity Nano評価キット

6. 改訂履歴

文書改訂	日付	注釈
A	2024年2月	初版文書公開

Microchip情報

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
- **Microchip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製品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は動作仕様内で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はその知的所有権を尊重し、積極的に保護します。Microchip製品のコード保護機能を侵害する試みは固く禁じられ、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。
- 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。

法的通知

この刊行物と契約での情報は設計、試験、応用とのMicrochip製品の統合を含め、Microchip製品でだけ使えます。他の何れの方法でのこの情報の使用はこれらの条件に違反します。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。追加支援については最寄りのMicrochip営業所にお問い合わせ頂くか、www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-support-servicesで追加支援を得てください。

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、Adaptec、AVR、AVR、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maxStylus、maxTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi、MOST、MOST、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST、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、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Flashtec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、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、Clockstudio、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、EyeOpen、GridTime、IdealBridge、IGaT、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、IntelliMOS、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、Knob-on-Display、MarginLink、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified、MPLIB、MPLINK、mSiC、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICKit、PICtail、Power MOS IV、Power MOS 7、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simpleMAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SmartHLS、SMART-I.S.、storClad、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、Total Endurance、Trusted Time、TSHARC、Turing、USBCheck、VariSense、Vector Blox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect、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、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。

© 2024年、Microchip Technology Incorporatedとその子会社、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 2024.

本技術概説はMicrochipのTB3349技術概説(DS90003350A-2024年2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。

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	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 - 香港特别行政区 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 - プネー 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: 49-7131-72400 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 - ハットバ Tel: 39-049-7625286 オランダ - テルネン 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 - マドリード 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
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			