
自動調整機能を使う高周波数発振器校正

序説

著者: Ioan Pop, Microchip Technology Inc.

この文書の目的はAVR[®] DA MCU (AVR DA)系統の内部高周波数発振器(OSCHF)自動調整機能とそれを有効にする方法のより多くの詳細を提供します。自動調整機能はOSCHFを外部32.768kHz水晶用発振器と比べてそれを望む値にもっと合うようにその周波数を調節することを許します。

この文書は内部高周波数発振器が主クロックを駆動するのに使われる4つの使用事例を記述し、各使用事例は2つの筋書きを含みます。最初の3つの使用事例について2つの筋書きは自動調整機能の有効化と無効化です。最後の使用事例の目的は使用者によって提供された不正な調整値に対して自動調整機能を調べることで、従って、最後の使用事例に対する2つの筋書きは不正な調整値設定と自動調整許可です。2つの筋書き間の切り替えはPC7ピン(AVR128DA48 Curiosity Nano基板の基板上SW0釦)を使って行われます。加えて、主クロックはOSCHF出力周波数精度に於いて自動調整機能の改善を見せるためにCLKOUT(PA7)ピンに出力されます。この技術概要で記述される使用事例は次のとおりです。

- OSCHFを1MHzで動くように構成設定して自動調整機能を有効/無効

この使用事例の目的はOSCHFを1MHzで動くように構成設定して主クロックを駆動し、CLKOUTピンでの周波数出力を許可することです。CLKOUTピンでの2つの周波数測定は、自動調整機能有効と無効で、オシロスコープを使って行われます。

- OSCHFを4MHzで動くように構成設定して自動調整機能を有効/無効

この使用事例の目的はOSCHFを4MHzで動くように構成設定して主クロックを駆動し、CLKOUTピンでの周波数出力を許可することです。CLKOUTピンでの2つの周波数測定は、自動調整機能有効と無効で、オシロスコープを使って行われます。

- OSCHFを24MHzで動くように構成設定して自動調整機能を有効/無効

この使用事例の目的はOSCHFを24MHzで動くように構成設定して主クロックを駆動し、CLKOUTピンでの周波数出力を許可することです。CLKOUTピンでの2つの周波数測定は、自動調整機能有効と無効で、オシロスコープを使って行われます。

- OSCHFを不正な調整値と共に4MHzで動くように構成設定

この使用事例の目的はOSCHFを4MHzで動くように構成設定して主クロックを駆動し、CLKOUTピンでの周波数出力を許可することです。自動調整機構がそれを修正することができるかを調べるために調整レジスタに対して異常の注入が行われます。CLKOUTピンでの2つの周波数測定は、不正な周波数調整入力で自動調整機能有効で、オシロスコープを使って行われます。

注: この文書で記述されて実行された試験に対してはAVR128DA48 Curiosity Nanoが使われました。

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
1. 関連デバイス	3
1.1. AVR® DA系概要	3
2. 概要	3
3. 自動調整機能の有効化と検査	3
4. OSCHFを1MHzで動くように構成設定して自動調整機能を有効/無効	4
5. OSCHFを4MHzで動くように構成設定して自動調整機能を有効/無効	6
6. OSCHFを24MHzで動くように構成設定して自動調整機能を有効/無効	8
7. OSCHFを不正な調整値と共に4MHzで動くように構成設定	9
8. 結び	10
9. 参考資料	10
10. 追補	10
11. 改訂履歴	11
Microchipウェブ サイト	12
製品変更通知サービス	12
お客様支援	12
Microchipデバイスコード保護機能	12
法的通知	12
商標	13
品質管理システム	13
世界的な販売とサービス	14

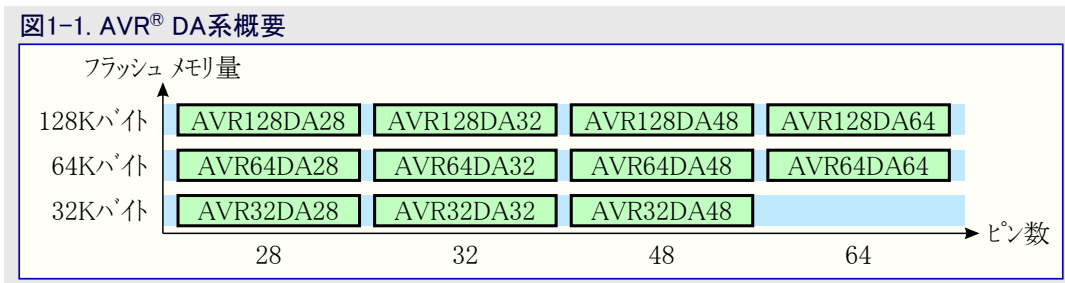
1. 関連デバイス

本章はこの文書に関連するデバイスを一覧にします。

1.1. AVR® DA系概要

下図はピン数の変種とメモリ量を展開してAVR® DA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SRAM量も異なります。

2. 概要

自動調整機能は内部高周波数制御A(CLKCTRL.OSCHFCTRLA)レジスタの自動調整(AUTOTUNE)ビットを設定(1)することによって許可されます。このビットが設定(1)されている間、自動調整機能は内部高周波数発振器を外部クリスタル用発振器からの1.024kHz参照基準と比べます。校正が実行される場合、自動調整システムは64ms毎にクロック変動を調べます。調整するのに必要とされる値は自動調整機能がOFFに切り替えられる時に内部高周波数発振器周波数調節(CLKCTRL.OSCHFTUNE)レジスタに格納されます。

調節レジスタは周波数を調整するために64段階を提供する6ビットを持ちます。この上下調整用ビットは2の補数で格納されます。OSCHFTUNEレジスタは下位5ビットが値を表し、6ビット目が符号、7ビット目と8ビット目は符号を反映する(合計)8ビットを持ちます。調節レジスタは\$00の既定値で開始します。クロックの百分率によってクロック速度を1段階増加または減少します。参照基準とクロック間の誤差が1段階よりも小さい場合、自動調整機能は有効になりませんが、誤差が重大な場合、それが有効になって次の段階に対して近似を行います。例えば、クロックの既定値が正しい値に近い場合、自動調整は既定値を変更しませんが、クロックが違う不正値に調節される場合、自動調整機能は既定値から1段階、例えば、\$00の代わりに\$01へ調節レジスタを設定するかもしれません。

3. 自動調整機能の有効化と検査

自動調整機能を使うには、高精度32.768kHz外部クリスタル用発振器が必要とされます。

この機能を許可するために設定(1)される必要があるビットは形態設定変更保護下です。これらはI/Oレジスタで、故にI/O識票(\$D8)が構成設定変更保護(CPU.CCP)レジスタに書かれる必要があります。

I/O構成設定変更保護下のレジスタに書くため、_PROTECTED_WRITEマクロが使われなければならず、これはCPU.CCPレジスタに識票を、その後に望むレジスタに値を書きます。

```
_PROTECTED_WRITE (register, value);
```

書かれる必要があるレジスタで'register'を、それに書かれる必要がある値で'value'を置き換えてください。

注: コンパイラ最適化水準はAtmel Studioプロジェクト設定で少なくともO1に設定されなければなりません。さもなければ、マクロが値を書くことができません。

このクリスタル用発振器は32.768kHzクリスタル用発振器制御A(CLKCTRL.XOSC32KCTRLA)レジスタで許可(ENABLE)ビットを'1'に書くことにより、許可される必要があります。次のコード行はこの発振器を許可します。

```
_PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.XOSC32KCTRLA, CLKCTRL_ENABLE_bm);
```

これが行われた後、自動調整機能は内部高周波数発振器制御A(CLKCTRL.OSCHFCTRLA)レジスタの自動調整(AUTOTUNE)ビット(ビット0)を設定(1)することによって許可される必要があります。このレジスタは他の2つの機能を持ちます。スタンバイ時走行(RUNSTDBY)ビット(ビット7)はスタンバイ動作での走行を有効にし、周波数選択(FRQSEL)ビット領域(ビット5~2)は発振器の周波数を設定します。次のコード行は自動調整機能を許可して周波数を1MHzに設定します。周波数はこの文書の後で詳述される違う値を与えることによって変更することができます。

```
_PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.OSCHFCTRLA, (CLKCTRL_FREQSEL_1M_gc | CLKCTRL_AUTOTUNE_bm));
```

内部高周波数発振器は主クロックとして選ばれなければなりません。これは主クロック制御A(CLKCTRL.MCLKCTRLA)レジスタのクロック選択(CLKSEL)ビット領域に対して内部高周波数発振器を選ぶ値を書くことによって行われます。このレジスタのシステムクロック出力(CLKOUT)ビットの設定(1)はPA7ピンでクロック信号を出力します。次の2つのコード行は内部高周波数発振器選択方法とクロック出力信号を許可する方法を示します。

```
_PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.MCLKCTRLA, CLKCTRL_CLKSEL_OSCHF_gc);
```

```
_PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.MCLKCTRLA, (CLKCTRL_CLKSEL_OSCHF_gc | CLKCTRL_CLKOUT_bm));
```

注: 既定始動発振器は発振器構成設定(FUSE.OSCCFG)ヒューズを使って構成設定されます。内部高周波数発振器が既に既定として設定されている場合、この段階は省略することができます。ヒューズ設定のより多くの詳細についてはAVR128DA48データシートの「FUSE – 構成設定と使用者ヒューズ」章をご覧ください。

必要条件が自動調整機能のON切り替えだけなら、次のコードがこの機能を提供します。

```
_PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.XOSC32KCTRLA, CLKCTRL_ENABLE_bm);
_PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.MCLKCTRLA, CLKCTRL_CLKSEL_OSCHF_gc);
_PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.OSCHFCTRLA, (CLKCTRL_FREQSEL_1M_gc | CLKCTRL_AUTOTUNE_bm));
```

注: 必要とする周波数も高周波数発振器制御A(CLKCTRL.OSCHFCTRLA)レジスタを通して設定し、故にその値は望むものに変更されることが必要です。上でのレジスタ設定はこれを1MHzに設定します。

自動調整機能を目立たせるため、異なる周波数でいくつかの試験が実行され、各使用事例章で結果が提供されます。

画像捕獲は以下のような設定でTektronix MDO3024ミクスドメイン オシロスコープを使って行われました。

- 門設定は画面
- High-Low法はヒストグラムに設定
- DCで結合
- 帯域幅は全体

検査方法はレジスタを正しい周波数に設定して自動調整機能を有効にする鉤を使い、1秒間待ち、その後に停止することを必要とします。自動調整機能によって置かれた値を調べるため、その後にデバッグ動作で調節(CLKCTRL.OSFCHFTUNE)レジスタを読むことができます。

平均と標準変動値は100採取を使って計算されました。高周波数に於いて環境からの無秩序な雑音が瞬時読み取りを不正確にするため、平均はクロック周波数を最も良く表す値です。

4. OSCHFを1MHzで動くように構成設定して自動調整機能を有効/無効

以下のコード例は内部高周波数発振器を望む周波数で開始して鉤から来る信号の上昇端での割り込みを設定します。割り込みが起動されると、自動調整機能が許可され、マイクロ コントローラは1秒間待ってその後に調節レジスタに格納する自動調整機能の値を調べるためにそれを無効にします。

```
#define F_CPU          1000000UL
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
#include <avr/interrupt.h>

#define DELAY_TIME    1000
#define PRESSED       1
#define NOT_PRESSED   0
#define PULL_UP_ENABLE 0x08
#define BUTTON_PIN    PIN7_bm

void CLK_init(void);
void PORT_init(void);

uint8_t volatile button_event = NOT_PRESSED;

int main(void)
{
    cli();
    CLK_init();
    PORT_init();
    sei();

    while (1)
    {
        if(button_event == PRESSED)
        {
            cli();
            _PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.OSCHFCTRLA, (CLKCTRL_FREQSEL_1M_gc | CLKCTRL_AUTOTUNE_bm));
```

```

        _delay_ms (DELAY_TIME);
        _PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.OSCHFCTRLA, CLKCTRL.FREQSEL_1M_gc);
        button_event = NOT_PRESSED;
        sei ();
    }
}

void CLK_init(void)
{
    _PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.OSCHFCTRLA, CLKCTRL.FREQSEL_1M_gc);
    _PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.XOSC32KCTRLA, CLKCTRL.ENABLE_bm);
    _PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.MCLKCTRLA, (CLKCTRL.CLKSEL_OSCHF_gc | CLKCTRL.CLKOUT_bm));
}

void PORT_init(void)
{
    PORTC.DIRCLR = BUTTON_PIN;
    PORTC.INTFLAGS = BUTTON_PIN;
    PORTC.PIN7CTRL = PORT_ISC_RISING_gc | PULL_UP_ENABLE;
}

ISR (PORTC_PORT_vect)
{
    button_event = PRESSED;
    PORTC.INTFLAGS = BUTTON_PIN;
}

```



GitHubでコード例を見てください。
 貯蔵庫を閲覧するにはクリックしてください。



助言: 完全なコード例は「10. 追補」でも利用可能です。

`PORT_init()`関数はポートCの7番(PC7)ピンを入力として構成設定し、内部プルアップと鉤押下のような外部GPIO事象に対するPORTC割り込みを許可します。

`CLK_init()`関数は主クロックを1MHz動作に選ぶ全てのレジスタを構成設定し、32.768kHz外部クリスタル用発振器を許可し、CLKOUT(PA7)ピンでの主クロックの出力を許可します。

鉤用の割り込み処理ルーチン(ISR:Interrupt Service Routine)は主ルーチンでポーリングされるフラグを設定します。

`sei()`命令は全体割り込みを許可し、`cli()`はそれを禁止します。これは`_PROTECTED_WRITE`マクロを崩壊することから望まれない割り込みを防ぐために行われます。

主繰り返しは1秒間自動調整機能を許可し、その後それを禁止します。これは誤差を修正する十分な時間があり、最後にその値が調節レジスタに格納されることを保証します。32.768kHz外部クリスタル発振子とマイクロコントローラ間の接点に存在する雑音に応じて、この時間は1秒よりも長くなり得ますが、実際問題として、この時間は殆どの標準的な状況下で充分です。指がマイクロコントローラの配線やピンに置かれた時の場合のように、信号が歪まされすぎている場合、自動調整機能は正しく動くことができないでしょう。

以下の画像はオシロスコープを使って得られました。標準始動周波数での図4-1と自動調整機能が許可された後の図4-2です。

正しい周波数用のコード行は次のとおりです。

```
_PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.OSCHFCTRLA, CLKCTRL.FREQSEL_1M_gc);
```

自動調整機能方法を開始するための行は次のとおりです。

```
_PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.OSCHFCTRLA, ((CLKCTRL.FREQSEL_1M_gc) | (CLKCTRL.AUTOTUNE_bm)));
```

図4-1. 自動調整なしでの1MHzクロック

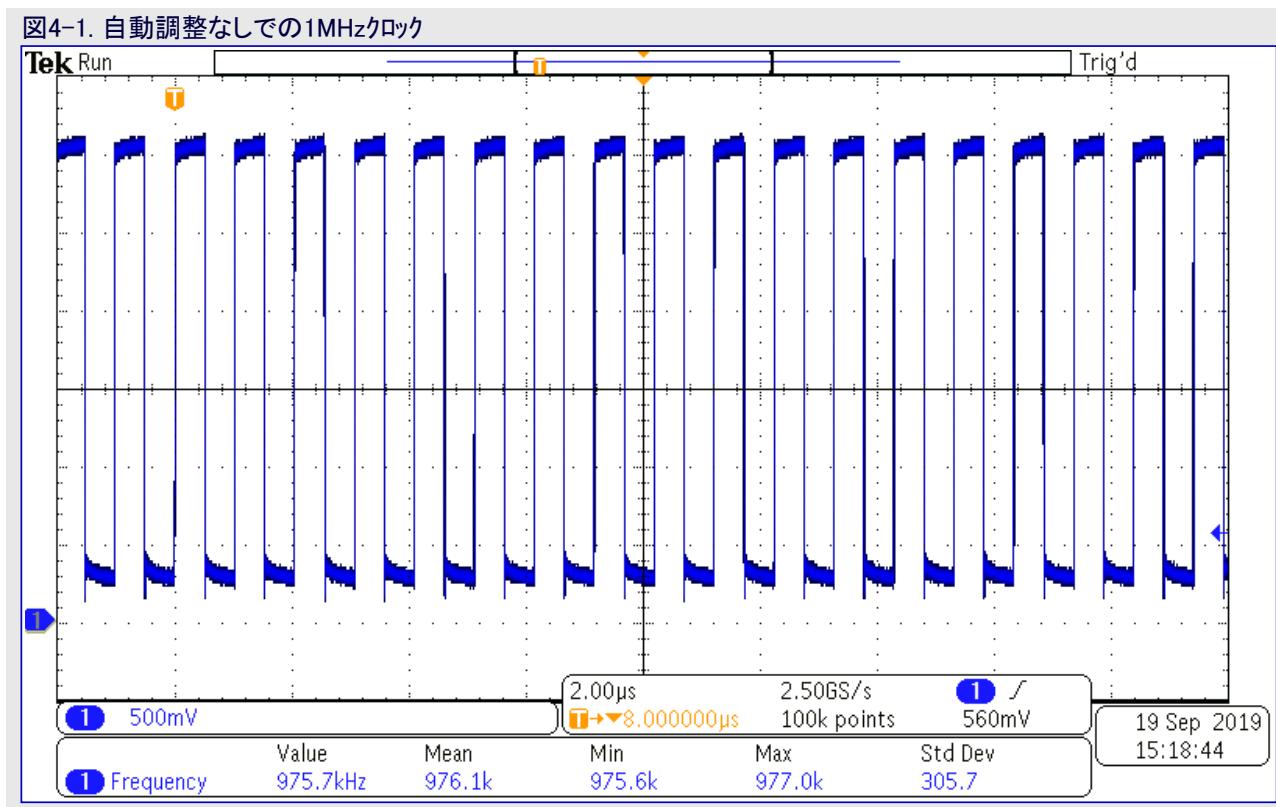
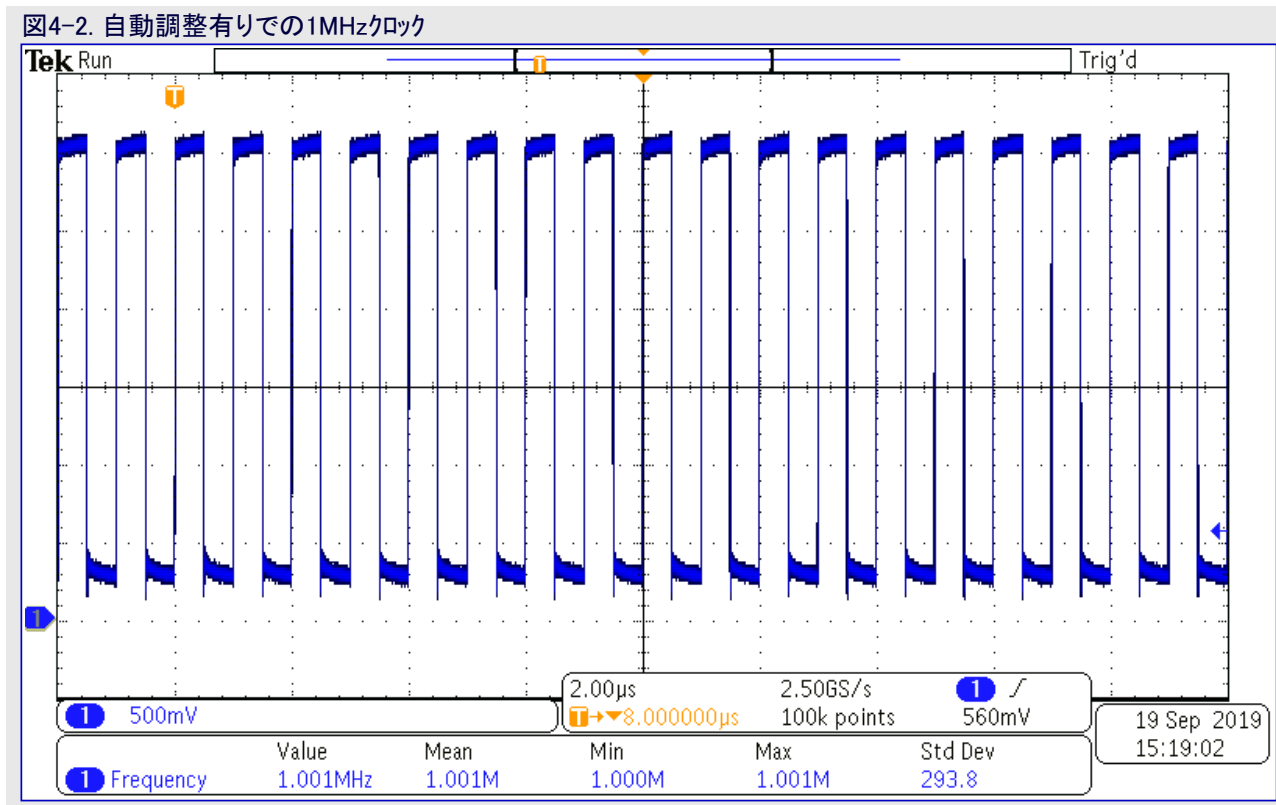


図4-2. 自動調整有りでの1MHzクロック



自動調整処理の終わりでの高周波数発振器調節(OSCHFTUNE)レジスタの値は\$06です。
図が示すように、誤差が修正され、値は必要とされる1MHzに前よりもよもっと近づきます。

5. OSCHFを4MHzで動くように構成設定して自動調整機能を有効/無効

内部高周波数発振器に対する既定周波数値は4MHzです。

次のコード行はOSCHFを4MHzで動くように構成設定します。

```
_PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.OSCHFCTRLA, CLKCTRL_FREQSEL_4M_gc);
```

次のコード行は自動調整機能を許可します。

```
_PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.OSCHFCTRLA, ((CLKCTRL_FREQSEL_4M_gc) | (CLKCTRL_AUTOTUNE_bm)));
```

図5-1. 自動調整なしでの4MHzクロック

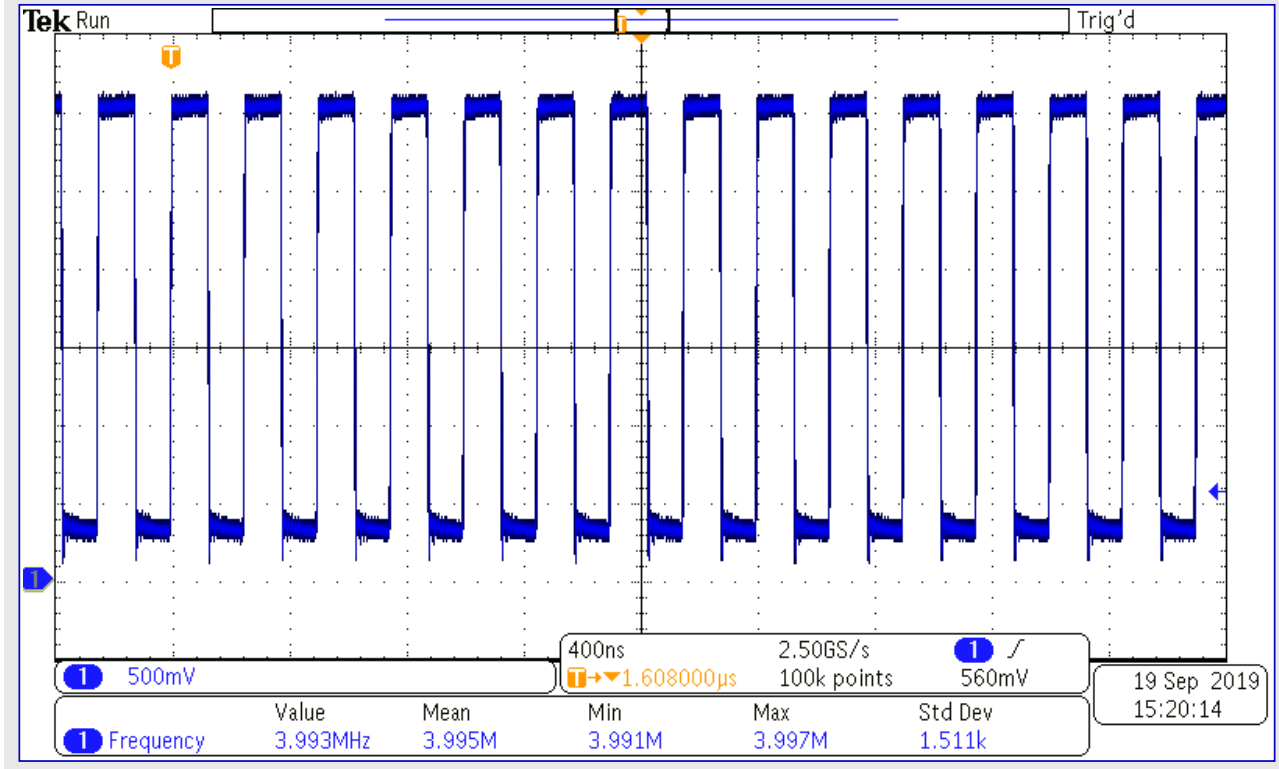
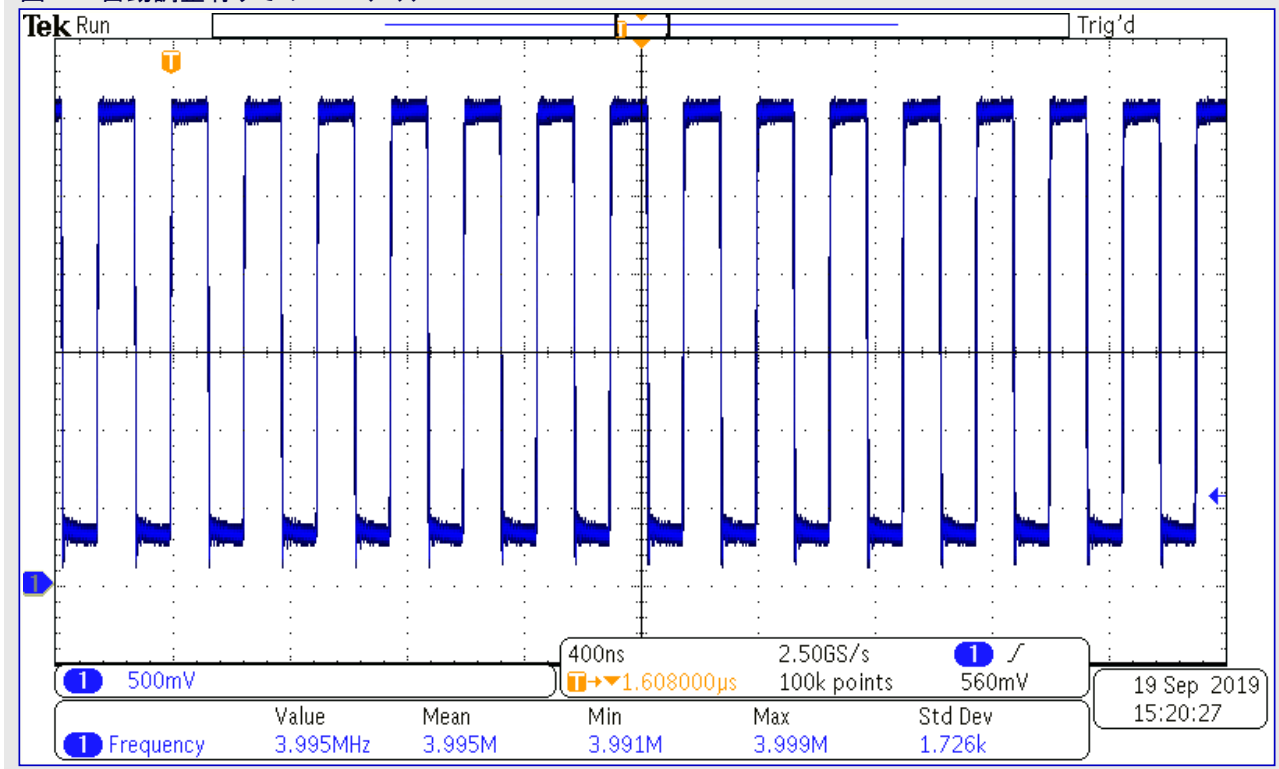


図5-2. 自動調整有りでの4MHzクロック



図で観察できるように、誤差は修正する自動調整機能に対して小さすぎます。調節レジスタの値はそれが開始する既定の\$00です。

注: 4MHzの周波数は製造中に校正されます。より高い値は4MHzのものから派生されて校正もされます。

6. OSCHFを24MHzで動くように構成設定して自動調整機能を有効/無効

24MHzは内部高周波数発振器に対する最高周波数です。

次のコード行はOSCHFを24MHzで動くように構成設定します。

```
_PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.OSCHFCTRLA, CLKCTRL_FREQSEL_24M_gc);
```

次のコード行はOSCHFクロック速度を24MHzに設定して自動調整機能を許可します。

```
_PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.OSCHFCTRLA, ((CLKCTRL_FREQSEL_24M_gc) | (CLKCTRL_AUTOTUNE_bm)));
```

図6-1. 自動調整なしでの24MHzクロック

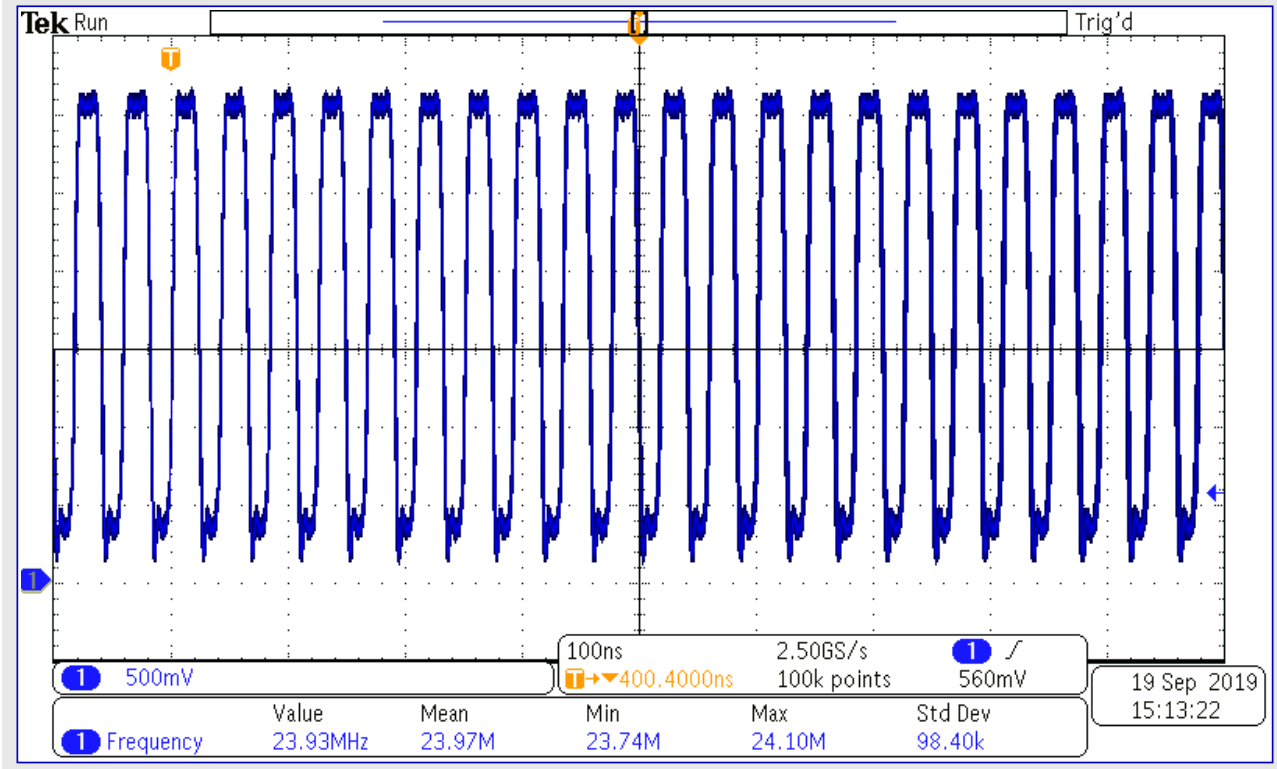
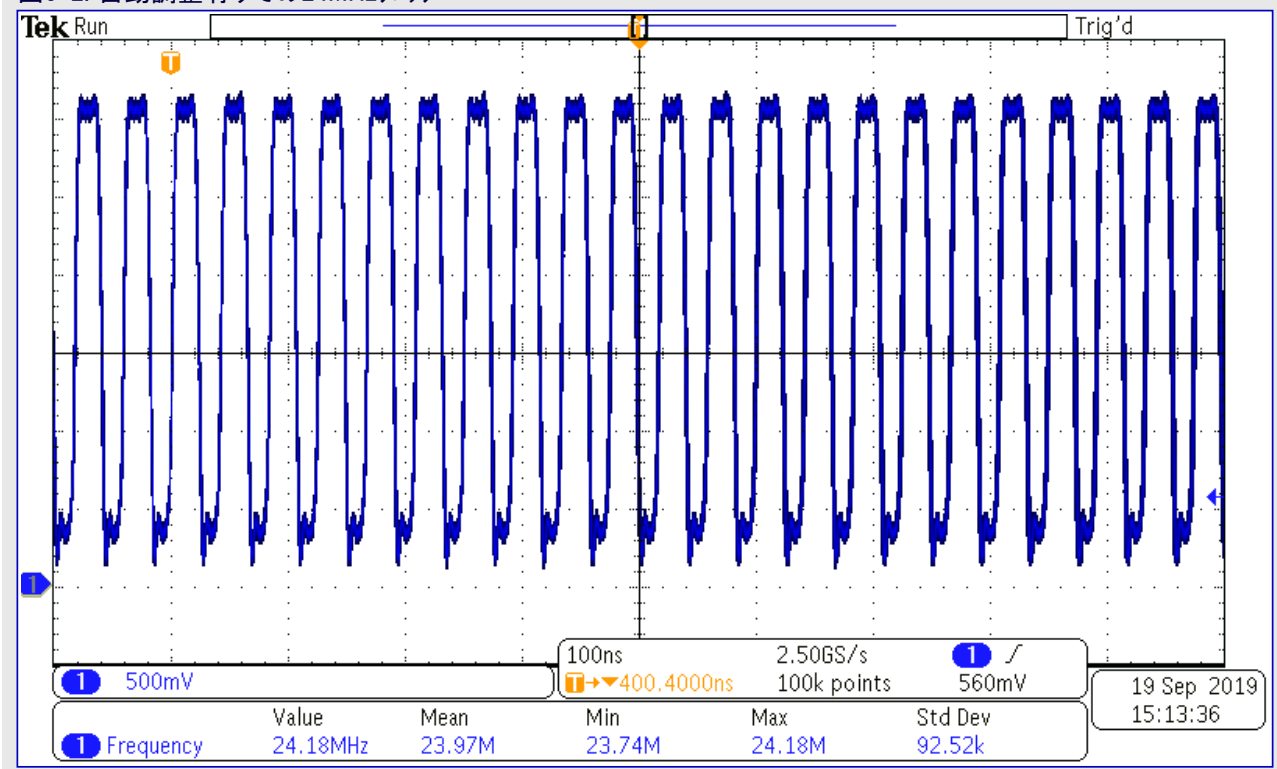


図6-2. 自動調整有りでの24MHzクロック



上の図は誤差が修正されるべき許容値内だったことを示し、従って調節レジスタは無変化のままです。

7. OSCHFを不正な調整値と共に4MHzで動くように構成設定

自動調整機能をより良く目立たせるため、高周波数発振器調節(OSCHFTUNE)レジスタに不正な値の\$0Fが置かれます。これはクロック周波数を誤差閾値を超える水準に増します。次のコード行は望む値をOSCHFTUNEレジスタに設定します。

```
_PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.OSCHFTUNE, 0x0F);
```

図7-1はOSCHFTUNEレジスタに\$0Fが書かれる時のCLKOUTを示し、図7-2は周波数変動を補償した自動調整機能後のCLKOUTを表示します。

図7-1. 不正な調節値での4MHzクロック

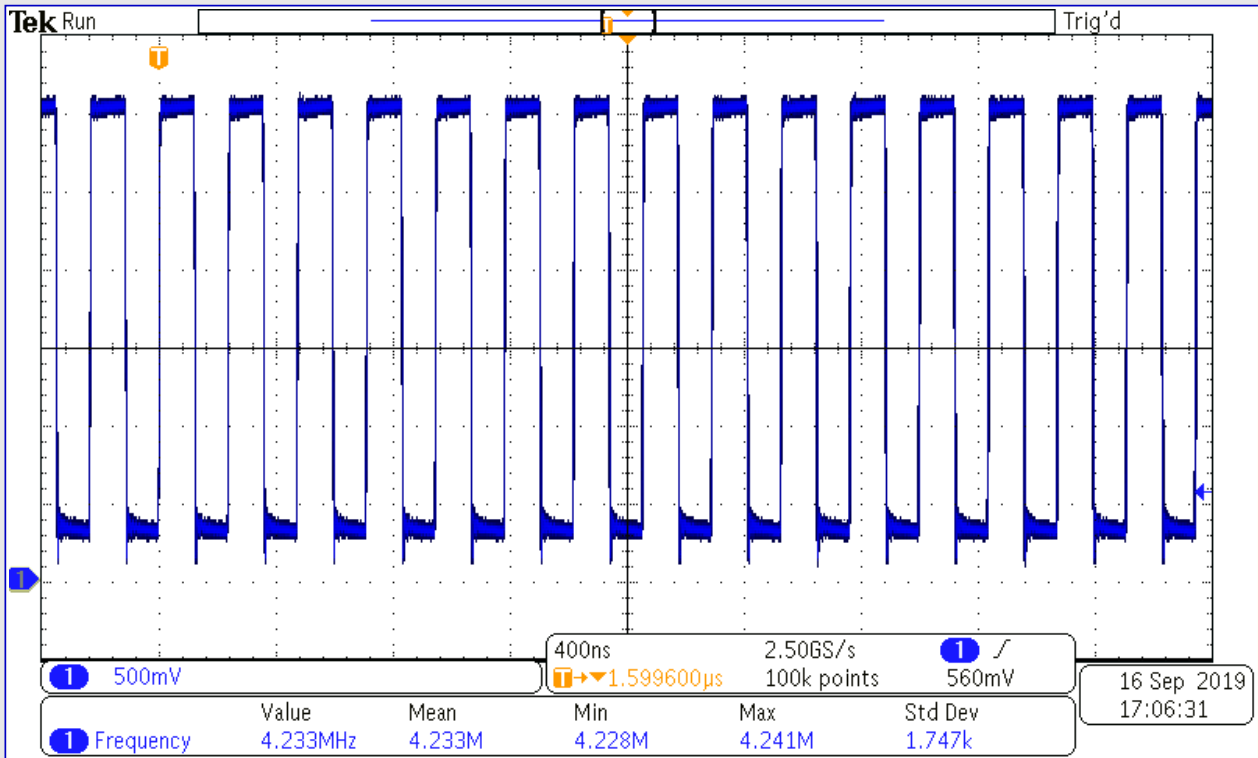
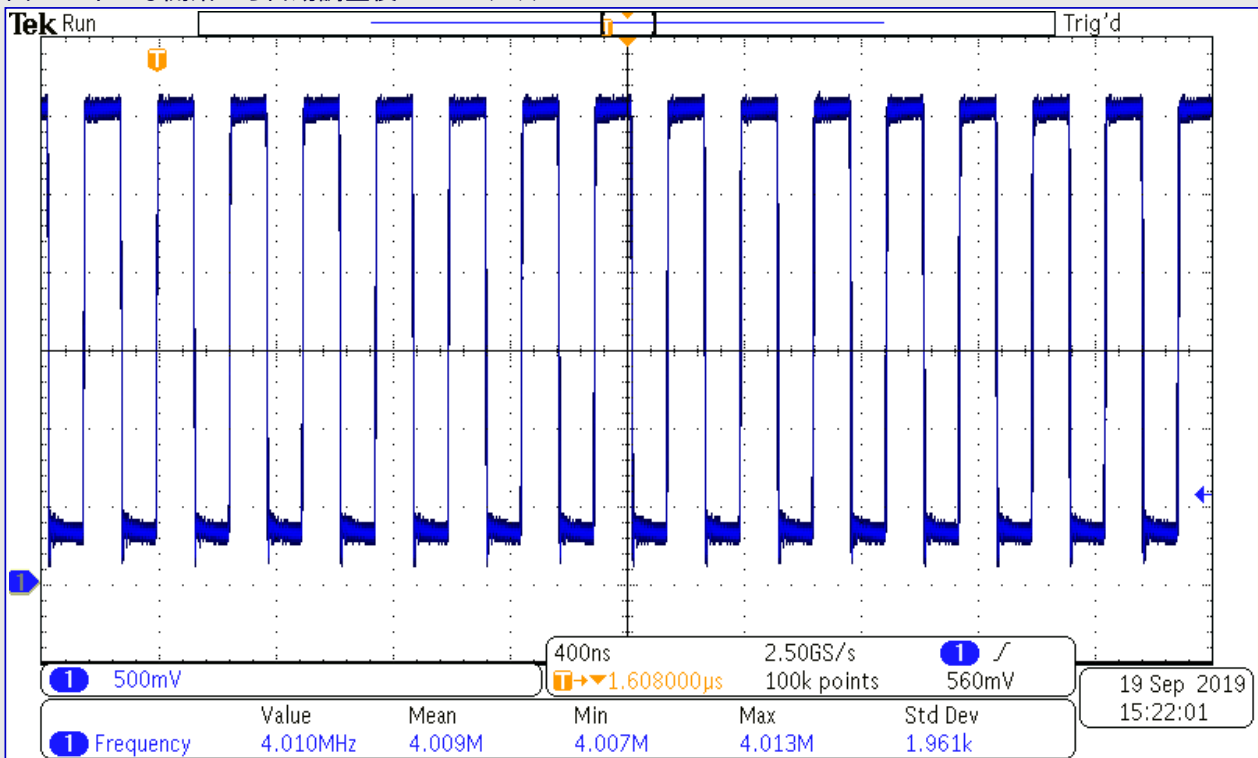


図7-2. 不正な開始から自動調整後の4MHzクロック



自動調整手順の最後に於いて調節レジスタの値は\$01です。これは値が\$00だった前の試験と違います。「概要」章で説明されるように、これは単一段階が修正するものよりも誤差が小さい時の標準の動きです。

8. 結び

結論として、自動調整機能は簡単ですが、内部高周波数発振器出力周波数精度を増すための効果的な方法です。CPUや周辺機能にもっと正確なクロック周波数を提供するためにOSCHFを信頼するどのプロジェクトにも容易に追加することができます。

9. 参考資料

1. AVR128DA28/32/48/64 暫定データシート
2. AVR128DA48 Curiosity Nano 使用者の手引き

10. 追補

例10-1. OSCHFを1MHzで動くように構成設定して自動調整機能を有効/無効

```
#define F_CPU                1000000UL
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
#include <avr/interrupt.h>

#define DELAY_TIME          1000
#define PRESSED              1
#define NOT_PRESSED         0
#define PULL_UP_ENABLE      0x08
#define BUTTON_PIN          PIN7_bm

void CLK_init(void);
void PORT_init(void);

uint8_t volatile button_event = NOT_PRESSED;

int main(void)
{
    cli();
    PORT_init();
    CLK_init();
    sei();

    while (1)
    {
        if(button_event == PRESSED)
        {
            cli();
            _PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.OSCHFCTRLA, (CLKCTRL_FREQSEL_1M_gc | CLKCTRL_AUTOTUNE_bm));
            _delay_ms(DELAY_TIME);
            _PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.OSCHFCTRLA, CLKCTRL_FREQSEL_1M_gc);
            button_event = NOT_PRESSED;
            sei();
        }
    }
}

void CLK_init(void)
{
    _PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.OSCHFCTRLA, CLKCTRL_FREQSEL_1M_gc);
    _PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.XOSC32KCTRLA, CLKCTRL_ENABLE_bm);
    _PROTECTED_WRITE (CLKCTRL.MCLKCTRLA, (CLKCTRL_CLKSEL_OSCHF_gc | CLKCTRL_CLKOUT_bm));
}

void PORT_init(void)
{
    PORTC.DIRCLR = BUTTON_PIN;
    PORTC.INTFLAGS = BUTTON_PIN;
}
```

```
PORTC.PIN7CTRL = PORT_ISC_RISING_gc | PULL_UP_ENABLE;  
}  
  
ISR(PORTC_PORT_vect)  
{  
    button_event = PRESSED;  
    PORTC.INTFLAGS = BUTTON_PIN;  
}
```

11. 改訂履歴

文書改訂	日付	注釈
A	2020年2月	初版文書公開
B	2020年3月	貯蔵庫リンク更新 最新の商標により、AVR-DAをAVR [®] MCU DA (AVR-DA)に更新
C	2020年5月	最新の商標により、AVR [®] MCU DA (AVR-DA)をAVR [®] DA MCUに、AVR-DAをAVR DAに更新

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<http://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<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”として保証するとい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、Mmicrochip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、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TempTracker、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。

APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、FlashTec、Hyper Speed Control、HyperLight 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、BlueSky、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、MPASM、MPF、MPLAB Certifiedロゴ、MPLAB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REALICE、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。

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<http://www.microchip.com/quality>を訪ねてください。

日本語© HERO 2020.

本技術概説はMicrochipのTB3234技術概説(DS90003234C-2020年5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: http://www.microchip.com/support ウェブアドレス: http://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	オーストリア - ウェルス Tel: 43-7242-2244-39 Fax: 43-7242-2244-393 デンマーク - コペンハーゲン Tel: 45-4485-5910 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
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 ホーストン 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			