
ATtiny817とSDカードでの温度記録器

序説

著者: Elizabeth Roy, Microchip Technology Inc.

この応用記述はtinyAVR® 1系統のいくつかの周辺機能の使用を実演する温度記録器の実装を記述します。TWI周辺機能はMicrochip AT30TSEデジタル温度感知器との通信に使われます。非同期RTC単位部は各温度測定に対する時刻印を生成するのに使われ、そのデータはELM-Chanさんの小さなFATファイルシステムライブラリを用いてSPIインターフェース経由でSDカードに書かれます。コード例はATtiny817 Xplained Pro(ATTINY817-XPRO)または(いくつかの変更付きで、より多くの情報については「[必要とされるハードウェア](#)」をご覧ください。)ATtiny817 Xplained Mini(ATTINY817-XMINI)のどちらかとI/O1 Xplained Pro拡張キットで使うことができます。SDカードファイルシステムアクセスを必要とする、主装置動作でTWI単位部を使う、AT30T SE温度感知とインターフェースする、または実時間の経緯を保つのにRTCを使う他の応用にコードの部分を再利用することが可能です。

要点

- ・ 必要とされる周辺機能(TWI,SPI,RTC)を持つ全てのMicrochip AVR®デバイスによる支援
- ・ 他の応用のために再利用可能な単位部
- ・ 特に制限された利用可能なメモリを持つデバイスに対するSDカードFATファイルシステムアクセス
- ・ TWI主装置ドライバ
- ・ AT30TSE75x温度感知器ドライバ
- ・ 実時間の経緯を維持するためのRTCと予め定義されたGCCマクロの使い方

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. 温度感知器インターフェース用TWI	4
2.1. AVR用vfprintfでの浮動小数点値	4
2.2. 緩衝部構成	4
3. 実時間追跡用RTCの使い方	4
3.1. 時刻初期化用に予め定義されたマクロ	5
3.2. 温度測定の時刻印用RTC	5
4. 小さなFATファイル システム	6
4.1. 小さなFatFsの制限	6
4.2. SDカード インターフェース用SPI	6
4.3. 小さなFatFsで使うためのSDカードの準備	6
4.4. AVR用SDカード ディスク入出力層	6
5. 必要とされるハードウェア	7
5.1. ATtiny817 Xplained Miniでの動作電圧変更	7
5.2. ATtiny817 Xplained MiniへのI/O1 Xplained Pro拡張キット装着	8
6. Atmel STARTからのソースコード取得	11
6.1. 伴うコードの構成設定	11
6.2. 出力例	11
7. 改訂履歴	12
Microchipウェブ サイト	13
お客様への変更通知サービス	13
お客様支援	13
Microchipデバイスコード保護機能	13
法的通知	13
商標	14
DNVによって認証された品質管理システム	14
世界的な販売とサービス	15

1. 関連デバイス

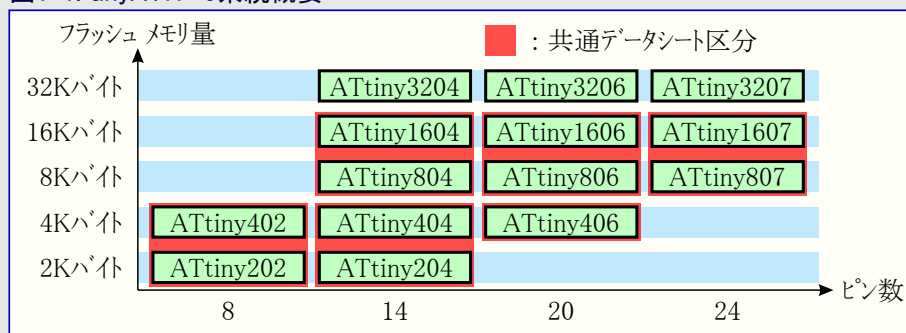
本章はこの資料に関連するデバイスを一覧にします。

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。

図1-1. tinyAVR® 0系統概要



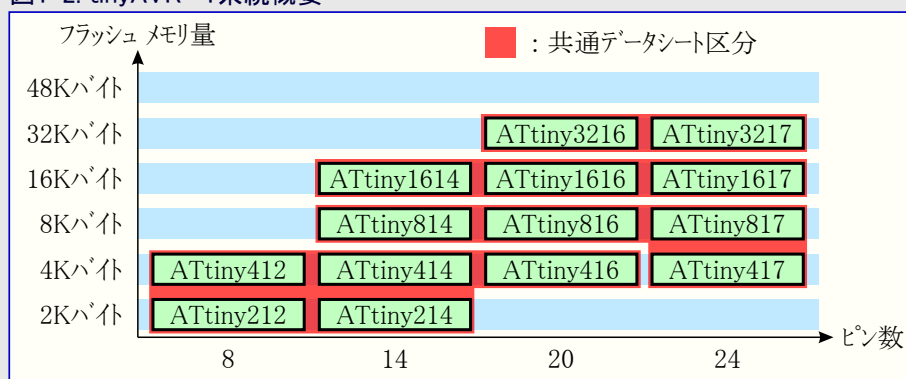
異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

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。

図1-2. tinyAVR® 1系統概要



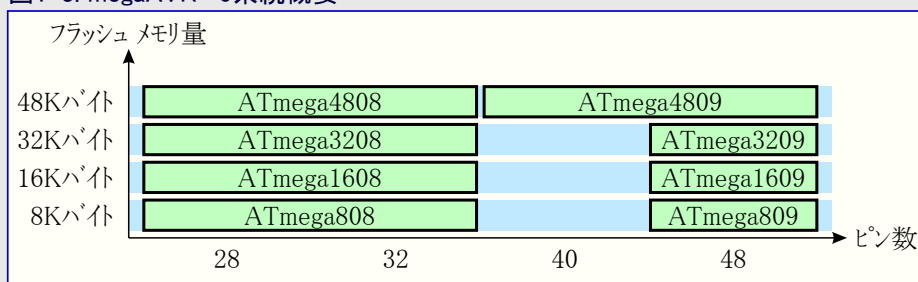
異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

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。

図1-3. megaAVR® 0系統概要



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. 温度感知器インターフェース用TWI

この応用記述に伴うコードはAT30TSE温度感知ドライバとTWI主装置ドライバを提供します。AT30TSEドライバはTWI主装置ドライバを頼ります。これらのドライバを使うことで、TWIと温度感知器の構成設定が非常に簡単です。

- TWI単位部のピン位置が調べられ、必要なら、PORTMUX周辺機能で代替ピン位置が選ばれるでしょう。
- 温度感知器を初期化 (既に定義されたTWI主装置変数が必要)

注: 割り込み処理ルーチン(ISR)はTWI主装置割り込み処理関数を呼ぶTWI主装置割り込みベクタ(TWI0_TWIM_vect)用に定義されるでしょう。これはTWI単位処理を完了するのに必要とされます。

注: 複数のTWI単位部を持つデバイスを使う場合、TWI0は温度感知器用に使われるのに望ましい単位部ではなく、おそらく確かなシボルが定義されでしょう。'at30tse75x.c'を参照してください。

2.1. AVR用vfprintfでの浮動小数点値

AVR用のvfprintfとその変種の既定実装はコードのコンパイル量を減らす目的のため、浮動小数点変換をインクルードしません。1つの任意選択はhttp://www.nongnu.org/avr-libc/user-manual/group_avr_stdio.htmlで見られるように浮動小数点値に対する支援をインクルードするためにリンカ任意選択を使うことですが、これはかなりの量の追加メモリを必要とし、小さなメモリしか持たないデバイスで利用不能かもしれないことを憶えて置くべきです。別の任意選択はこの応用記述で使われる整数部と望む小数点以下桁数の小数部を与え、文字列でその間に小数点を持つ整数として両方の部分を扱うように浮動小数点値で計算を実行することです。

2.2. 緩衝部構成

温度を読む関数は温度を読み込むために倍精度浮動小数点引数を使いますが、sprintfを用いる緩衝部構成の目的のため、整数部と小数部は両方共に上で言及したように整数のように扱われます。この緩衝部はRTCを用いることによって時刻印も含みます。

3. 実時間追跡用RTCの使い方

RTC周辺機能は実時間の経緯を保つのに使うことができます。周期が構成設定可能で、故に毎秒毎に割り込みを生成することが必要ではなく、これは電力消費での減少を許します。必要な溢れは、例えば、時刻印生成のために現在時間が必要とされる時にだけ生成されます。周期は1秒から18時間以上までの間で何処からでも変更することができます。

注: 理想的に、この方法は正確な発振器がTOSCピンに接続され、必要な発振器の設計上の考慮が忠実に守られていることが必要とされます。重要な誤差はRTCクロック元として使われる発振器が低い精度を持つ時にもたらされます。実演の目的ため、Xplained ProとMiniのキット上で利用可能な発振器が使われます。けれども、実際にこれらはおそらく十分な精度ではありません。

RTCはおそらく次のように構成設定されます。

注: RTCとCPUが非同期に動くため、進めるのに先立ってレジスタ設定の同期を確認するためにRTCの状態(STATUS)レジスタが使われるでしょう。

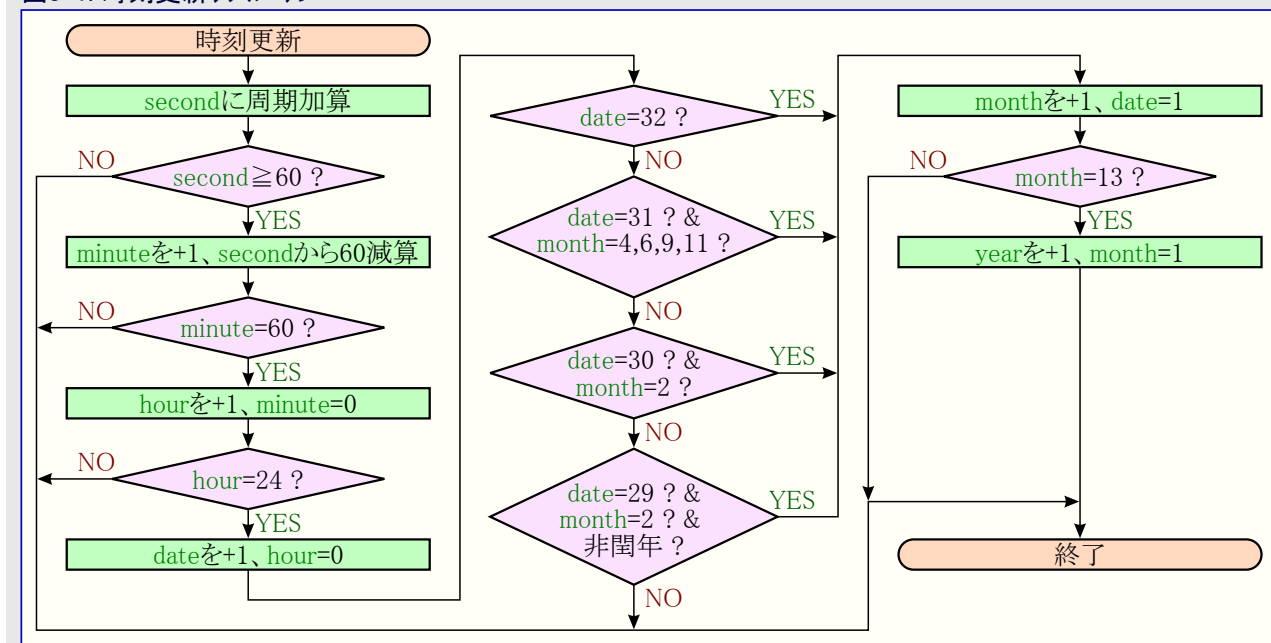
- 必要とされる発振器がCLKCTRL単位部で許可されてRTCクロック元として選ばれるでしょう(理想的には高い精度の32.768kHz発振器)。
- RTCはスタンバイでの走行を許されるでしょう。
- 前置分周器は秒毎に一度の増加計数を与えるために適切な値(例えば、32.768kHz発振器に対してはDIV32768を選択)に設定されるでしょう。
- 周期は望む溢れ間隔に設定されるでしょう。
- RTC割り込み要求フラグが解除(0)されて溢れ割り込みが許可されるでしょう。
- 最後に、RTCが計数を開始するために許可されるでしょう。

加えて、感知器測定と時刻印文字列生成のような時刻更新とその他必要とされる周期的な作業を完了するために、ISRはRTC溢れ割り込みベクタ(RTC_CNT_vect)に対して定義されるでしょう。時刻を更新するのに2つのサブルーチンが使われます。これらは下で定義されるように時刻構造体を使います。

```
typedef struct {
    uint8_t second;
    uint8_t minute;
    uint8_t hour;
    uint8_t date;
    uint8_t month;
    uint16_t year;} time;
```

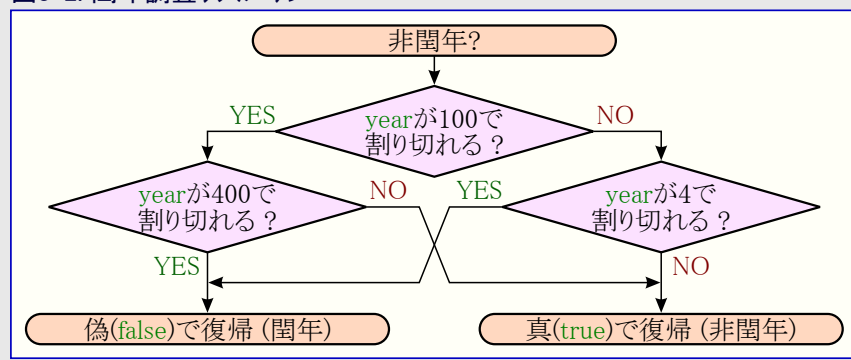
‘時刻更新’サブルーチンは周期で定義された秒数によって’scond(秒)’を増加し、より高い値のメンバを増加する必要性(即ち、’second’が60以上の場合に’minute(分)’が増加され、以下同様)に対して調べます。このサブルーチンの完全な機能が次図で描かれます。

図3-1. 時刻更新サブルーチン



‘非閏年’サブルーチンは‘month’が2月中に増加されなければならないか否かを調べる時に‘時刻更新’サブルーチンによって使われます。非閏年、即ち、2月が28日の場合に真(true)、閏年、即ち、2月が29日の場合に偽(false)が返ります。これの計算は右図で見ることができます。

図3-2. 閏年調査サブルーチン



3.1. 時刻初期化用に予め定義されたマクロ

時刻印を生成するためにRTCを使う時に初期時刻を正しくする必要があります。時刻構造体の初期値を手動で入力する代わりに、応用コンパイル日時に対して予め定義したGCCマクロを使うことが可能です。デバイスに送る直前に新しいコンパイルが完了されなければならないことが注意されるかもしれません。コンパイルと送り(書き込み)間に遅れがある場合、初期時刻は不正で、従って生成される時刻印もまた不正です。<https://gcc.gnu.org/onlinedocs/cpp/Standard-Predefined-Macros.html>で見ることができるように、予め定義された時刻構造体のメンバに従って処理され得る、次のように定義される文字列があります。

- `_DATE_` 文字列：年月日に対して“Feb 12 1996”形式
- `_TIME_` 文字列：時分秒に対して“23:59:01”形式

3.2. 温度測定の時刻印用RTC

この応用記述では定義された間隔で温度測定をして対応する時刻印を生成するため、実時間の経緯を保つのにRTCが使われます。この場合、おそらく“tock”サブルーチンが主while繰り返しから呼ばれることを示すために“tick”フラグが掲げられます。これはこの手続きが割り込み優先権を持たないことを保証するため、割り込み処理ルーチン(ISR)から直接“tock”サブルーチンを呼ぶ代わりに行われます。温度感知器とのインターフェースに使われるTWI単位部は操作を完了するために割り込みを必要とします。これはそれら各々の優先権が正しく構成設定されない場合に、割り込みが別の割り込みの内側で生成されつつあることから行き詰まりが起こるかもしれないことを意味します。与えられた例では、“tock”サブルーチンが単純に主繰り返しから呼ばれ、従って割り込み優先権の構成設定は必要ありません。“tock”サブルーチンの機能は温度測定実行、時刻更新、更新された緩衝部をSDカードに送ることを含みます。

4. 小さなFATファイル システム

SDカードは大量の不揮発性データを格納する非常に便利な方法です。ファイルシステムは一般的に可搬でPCから容易にアクセス可能なことをデータに許すために用いられます。工業標準で広く使われるファイルシステムがFATです。多くのAVR応用は最適化されたフラッシュメモリとSRAMの使い方が必要で、限定されたインターフェースが必要とされる、または不十分な資源しか利用可能でない時に、標準FATファイルシステム単位部は適合せず、故にhttp://elm-chan.org/fsw/ff/00index_p.htmlから入手可能な小さいFATファイルシステム部分集合(Petit FatFs)単位部が求められるかもしれません。これはAVR 8ビット マイクロ コントローラのような8ビット マイクロ コントローラ用に特に設計され、限定された資源を必要とする一方でFATファイルシステムでフォーマットされたMMCまたはSDカードでの基本的なインターフェースを許します。これは基盤独立で故に機能的に低位ディスク入出力層が必要ですが、試供ドライブが利用可能です。

小さいFatFsライブラリによって提供される機能は以下を含みます。

- FATファイル システムを持つボリュームの装着(マウント)
- ファイルを開く
- ファイルを読む
- (いくつかの制限付きで)ファイルを書く
- 読み書きポインタを移動
- ディレクトリを開く
- ディレクトリ項目を読む

どの関数の内包や除外に関連する構成設定はコンパイルの大きさを最小化するために構成設定ヘッダファイル([pffconf.h](#))で定義されます。

4.1. 小さなFatFsの制限

小さなFatFsは特に可能な限り少しのフラッシュとスタックを使います。けれども、これはいくつかの機能を犠牲にしてです。ファイルは作成や大きさを増すことができず、同時に1つのファイルだけをアクセスすることができます。セクタアクセスの動作は機能の面で制限され、従ってSDC/MMCが多忙な場所で重要な期間があります。この多忙期間は毎回の部分的なセクタアクセス操作に対して発生し、故に一度に完全なセクタを読みまたは書きすることができない応用に於いて、最大アクセス頻度が更に減ります。より多くの情報については[AVR42776](#)を参照してください。

4.2. SDカード インターフェース用SPI

本来のホスト インターフェースなしでのマルチメディアとSDカードの制御はカードのSPI動作を用いることによって可能です。通信規約はELM-Chanによってここ(http://elm-chan.org/docs/mmc/mmc_e.html)で詳細に記述されるように相対的に簡単です。これにAVR SPI周辺機能を簡単に使うことが可能です。SDカード初期化に対して必要な構成設定は次のとおりです。

- 望むピン位置とPORTMUX周辺機能で必要な場合に選んだ代替位置を調べるでしょう。
- MOSI,CS,SCKのピン方向が出力として設定されるでしょう。
- MISO(SDカードのDO)ピンでプルアップが許可されるでしょう(これは特にSDカードに対して非常に重要で、これなしでそれらは初期化を失敗するでしょう)。
- 主装置SPI動作が許可されるでしょう。
- SPIの前置分周器は100~400kHz間の周波数になるように選ばれるでしょう(これもSDカード初期化に対して非常に重要です)。これは周辺機能クロック周波数に大きく依存します。より多くの情報はデバイスのデータシートのCLKCTRL章で見つけることができます。
- 送受信完了用に利用可能なフラグを作るために緩衝部動作が許可されるでしょう。
- 移動レジスタに直接行くことをデータに許すために受信待機が許可されるでしょう。
- 従装置選択線は禁止されるでしょう(これはソフトウェアによって制御されるでしょう)。
- SPI動作0(既定設定、推奨)またはSPI動作3(殆どの場合で動作)が選ばれるでしょう。
- 最後に、SPIが許可されるでしょう。

初期化後、SPIクロック前置分周器とCLK2X設定はより速いSPIクロックになるように変更することができます。

4.3. 小さなFatFsで使うためのSDカードの準備

小さなFatFsの書き込み関数はファイルの作成や既存ファイルの大きさ拡張が不可能です。従って、小さなFatFsでSDカードの使用を開始する前に先にPCへ挿入してFATファイルシステムにフォーマットして既知の名前で望む大きさのファイルを作成することが必要です。

4.4. AVR用SDカード ディスク入出力層

この応用記述で使われるAVR用ディスク入出力層([diskio_avr.c](#))は<http://elm-chan.org/fsw/ff/pfsample.zip>から入手可能な試供品の変更版です。前で記述されるSDカード設定初期化ルーチンに含まれます。SPIピン用ハッシュ定義とSPI初期化、送信、受信用の関数はtiny AVR 1系統以外のデバイスでの使用に対して再検討され、必要ならば変更されるでしょう。Petitfsライブラリの使い方はmainファイルの'init_sd_card()'と'send_buffer()'の関数で実演されます。

注: ファイル読み込みはこの応用で使われず、故にメモリを節約するためにその機能は'[pffconf.h](#)'ファイルで禁止されています。

5. 必要とされるハードウェア

ATtiny817 Xplained Proでこの応用記述用のコード例を使うため、単に拡張ヘッダ(EXT1)にI/O1 Xplained Pro拡張キットを接続してください。

Xplained Proの代わりにATtiny817 Xplained Miniを使うには下で記述されるように少しの変更が必要です。

5.1. ATtiny817 Xplained Miniでの動作電圧変更

ATtiny817 Xplained Miniは5Vの既定VCCを持ちます。多くの買う超キットは3.3Vを必要とします。事実上基板に通信することを許すためにそれらは同じ電圧で動くことが必要です。少しの手順だけでXplained Mini上の動作電圧を変更することが可能です。図5-1はXplained Mini上の電源回路に対する回路図を示します。R100の0Ω抵抗を取り外し、図5-2で略述される3.3V接続を作ることによって動作電圧が5Vから3.3Vに変更されます。

図5-1. ATtiny817 Xplained Mini電源回路図

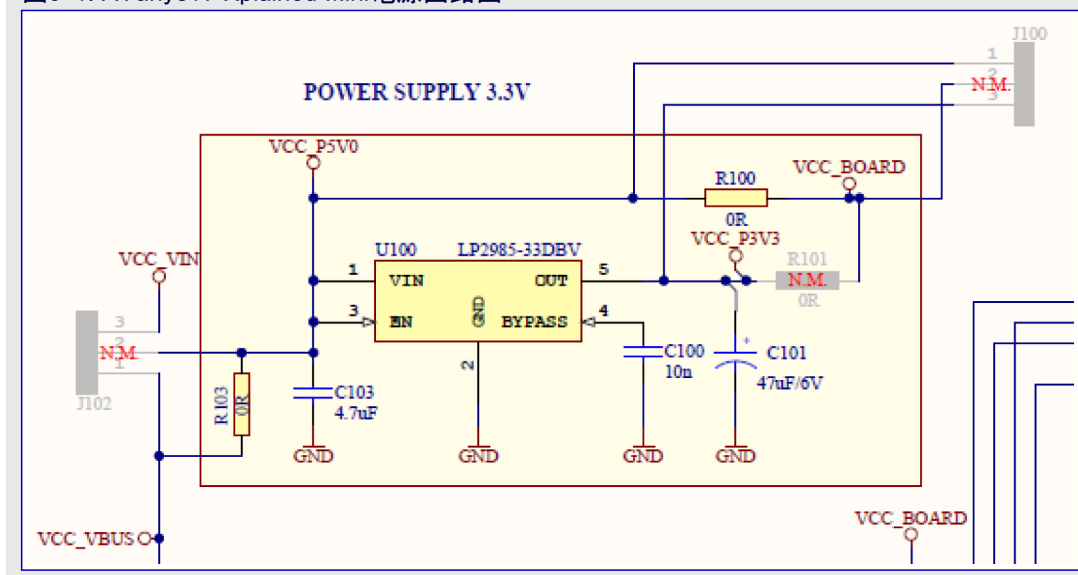
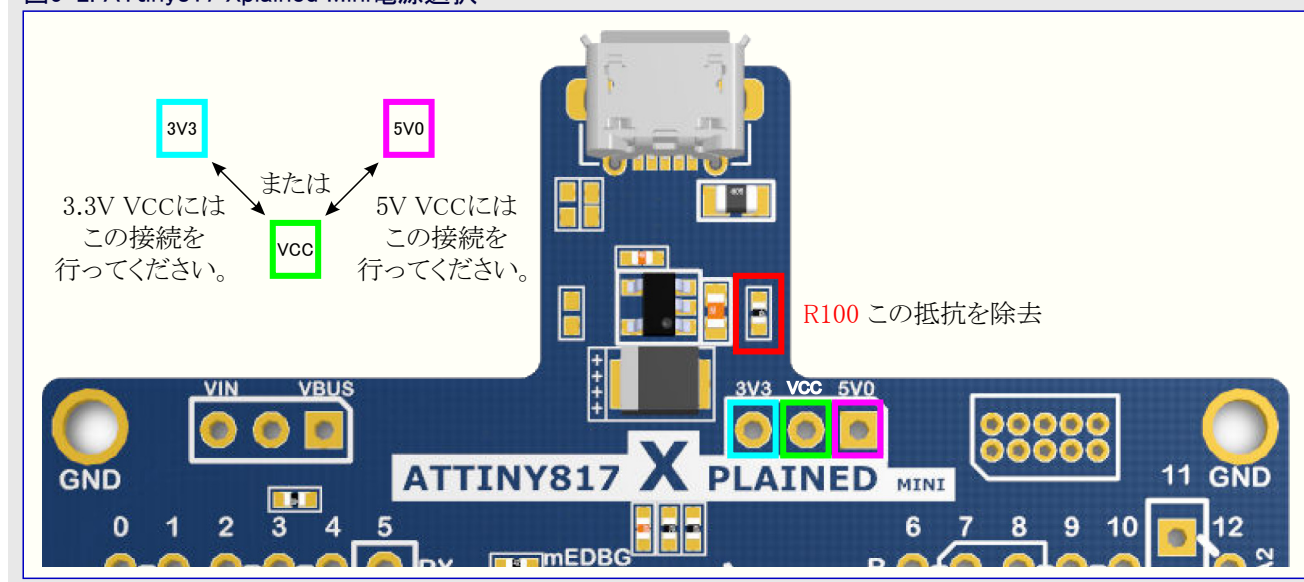


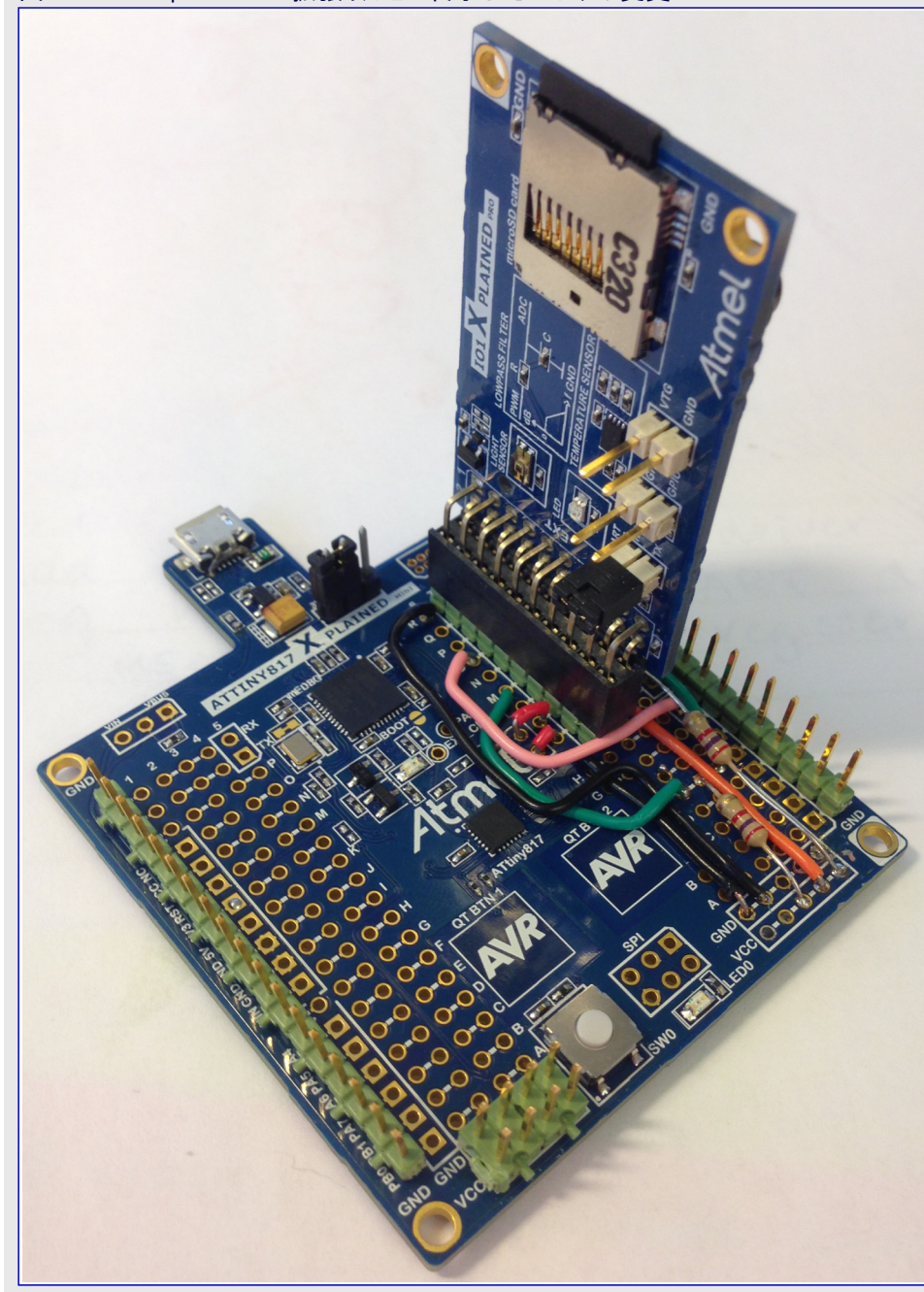
図5-2. ATtiny817 Xplained Mini電源選択



5.2. ATtiny817 Xplained MiniへのI/O1 Xplained Pro拡張キット装着

下図は装着されたI/O1 Xplained Pro拡張キットと共に終了されたハードウェア変更を示します。それをこのように装着するためには、2×10 100milピン ヘッド、I²C線でのプルアップ抵抗、ピン ヘッドへ適切なピンを接続するためのジャンパ線の半田付けが必要です。

図5-3. I/O1 Xplained Pro拡張キットとで終了したハードウェア変更



このプロジェクトに対して必要とされる接続は(SDカードとのインターフェース用の)SPI、(温度感知器とのI²C通信用の)TWI、(Xplained Mini上のものがSPI_SCKと同じピンを使うため)LED、電力と接地を含みます。これらの接続は図5-4.で見ることができ、図5-5.でもっと明確に示されます。箱は写真の線の色を示し、同じ色の複数の線がある場所での番号は2つの箱が一致することを示します。アスタリスクを持つ黄色の箱(例えば、1*)はおそらく接続が抵抗で行われることを示します(写真で使われたものは2.7kΩです)。

図5-4. 終了したジャンパ線接続

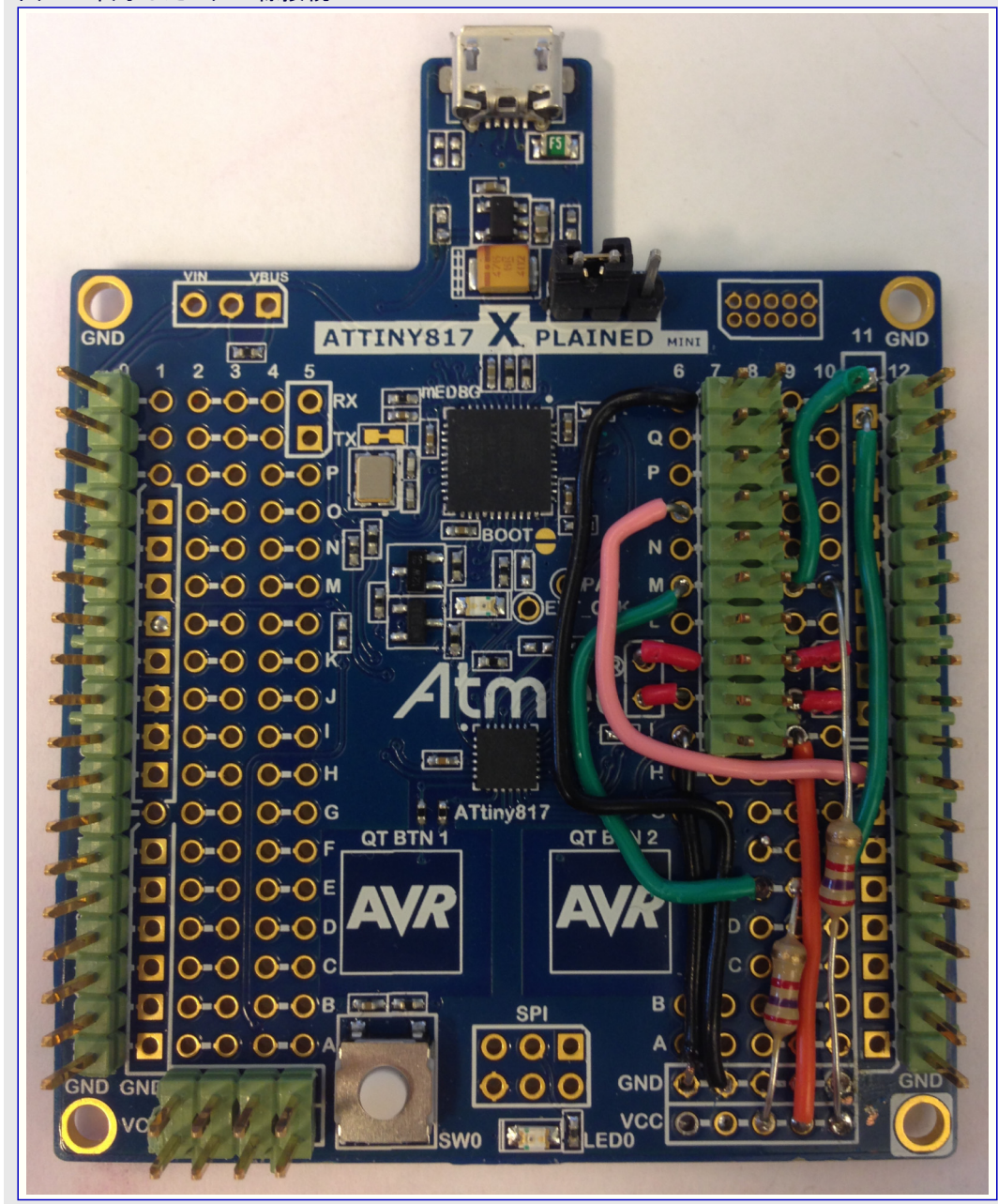
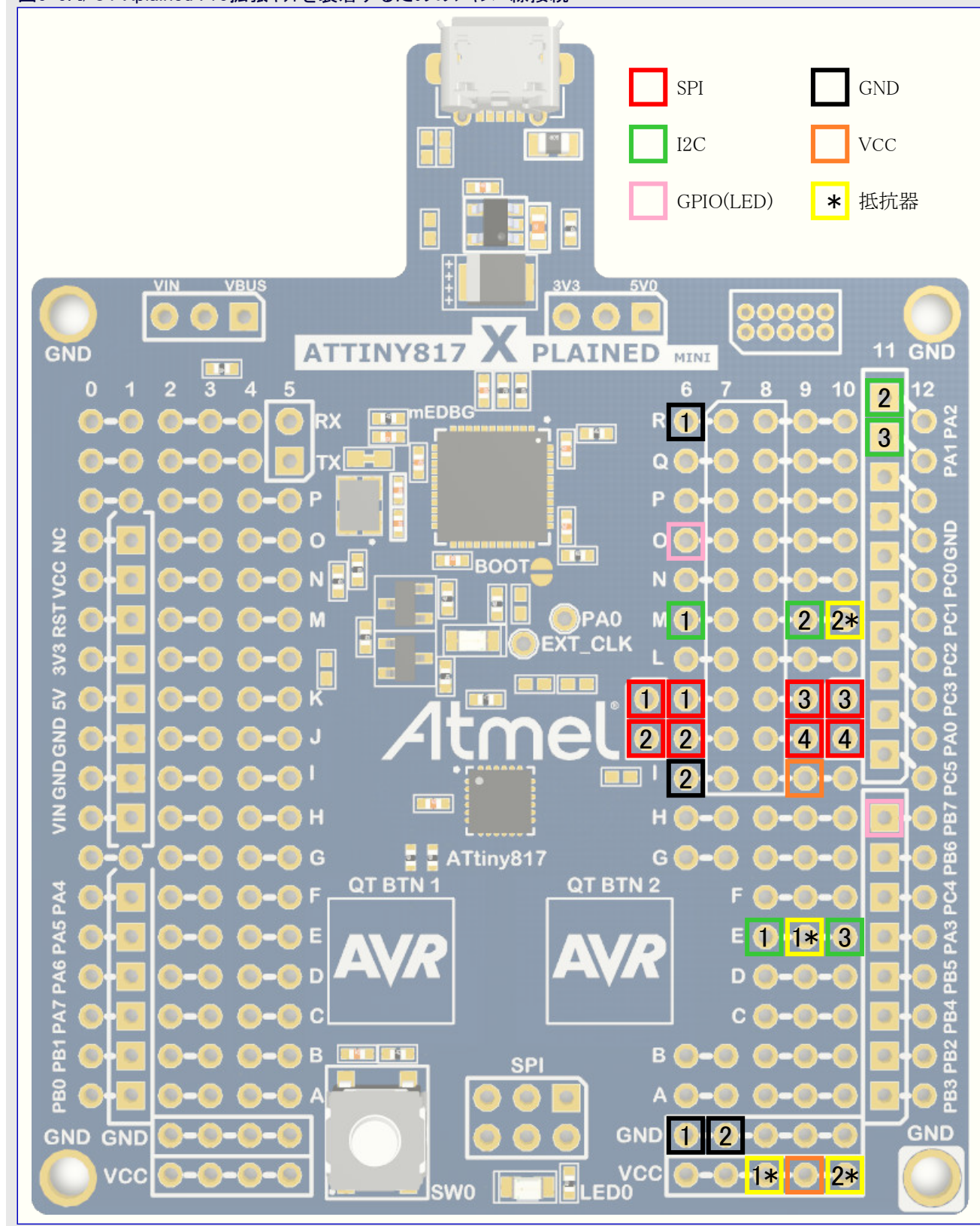


図5-5. I/O1 Xplained Pro拡張キットを装着するためのジャンパ線接続



6. Atmel | STARTからのソースコード取得

コード例は画像使用者インターフェース(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)鉤經由Atmel Studio 7.0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

AVR42780温度記録器 (AVR42780 Temperature Logger) :

- http://start.atmel.com/#example/Atmel:temp_logger:1.0.0::Application:AVR42780_Temperature_Logger:

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。

6.1. 伴うコードの構成設定

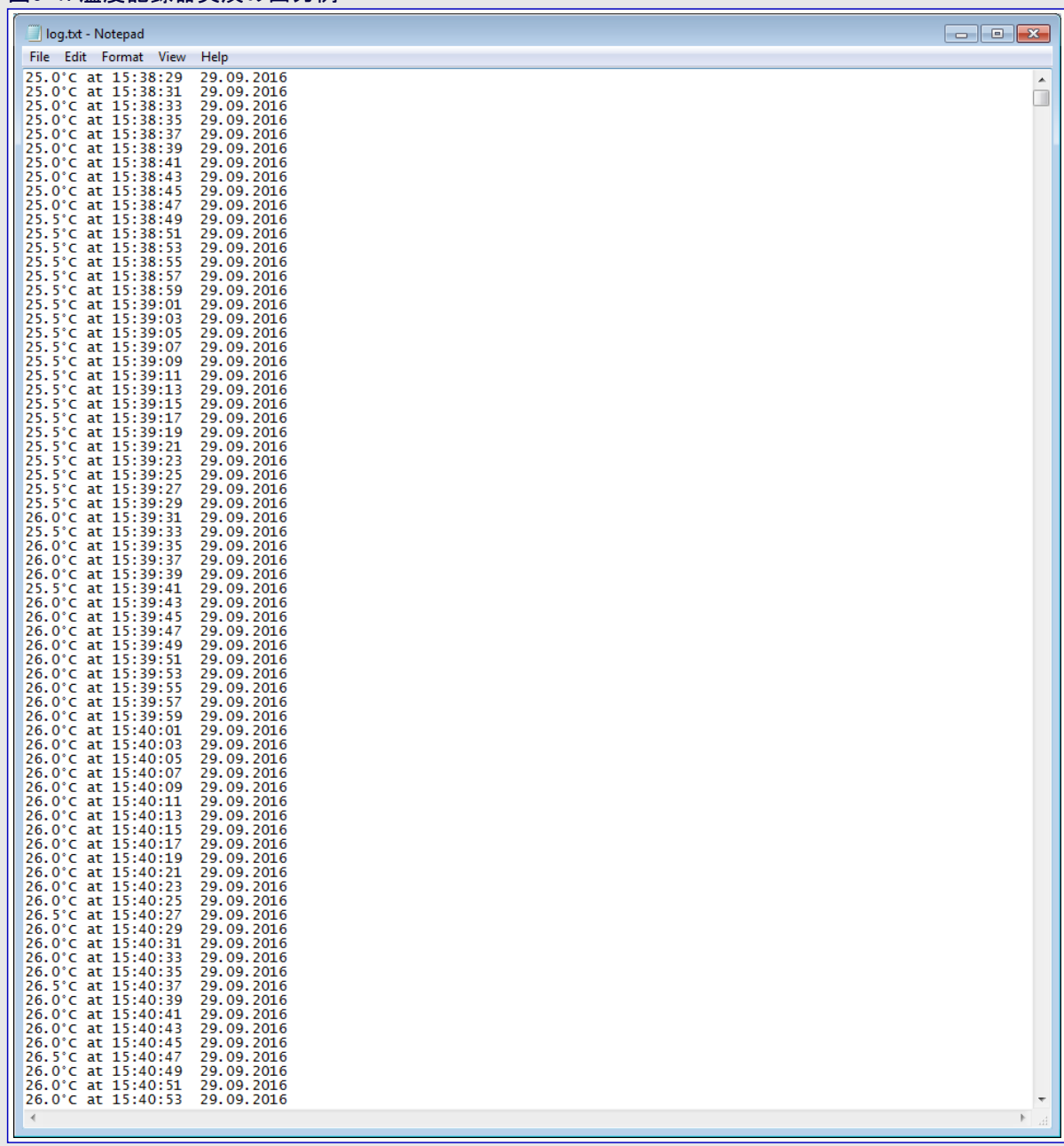
この応用記述に伴うコードは採取周期の容易な再構成設定を許します。30秒の既定値からそれを変更するために行うことが必要な全てのことはmainファイルの先頭でハッシュ定義の”SAMPLE_PERIOD”を変更することだけです。この値は1～65535秒(18時間以上)間のどの値にも変更することができます。

ATtiny817 Xplained Miniが使われる場合、ハッシュ定義の”MINI_BOARD”を”false”から”true”に変更してください。これはLED出力ピンとRTC用クロック元に影響を及ぼします。

6.2. 出力例

例プロジェクトの出力形式は次図で見ることができます。この例はSAMPLE_PERIOD設定が2(秒)の設定です。

図6-1. 温度記録器実演の出力例



7. 改訂履歴

資料改訂	日付	注釈
42780A	2016年10月	初版資料公開
A	2017年9月	- Microchip形式に変換してAtmel資料番号”42780A”を置き換え - tinyAVR 1系統に対する関連デバイスを追加 「必要とされるハードウェア」を更新
B	2018年2月	tinyAVR 0系統とmegaAVR 0系統も含むように「関連デバイス」章を更新
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 - 著者を追加 - 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
- ・ **全般的な技術支援** – 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AN2543応用記述(DS00002543C-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。

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 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: 45-4450-2828 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 - ハーネ 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 - ハットバ 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 - ウォーキンガム Tel: 44-118-921-5800 Fax: 44-118-921-5820