



---

---

## AVR42776 : AVR®マイクロ コントローラでの 小さいFATファイル システムの使い方

---

---

### 序説

著者: Elizabeth Roy, Microchip Technology Inc.

この応用記述は限定されたメモリのAVR®デバイスでの小さいFATファイル システム ライブラリの使い方を記述します。そのような小さなメモリを持つデバイスで完全なSDC/MMCファイル システムのインターフェースは一般的に不可能ですが、これはこのようなデバイスでのファイル システムで限定されたインターフェースを許します。更にもっとメモリ使用量を最小にするためにライブラリ内の不要な関数を禁止することができます。小さいFatFS単位部はFatFS単位部の部分集合で、故にそれは限定された機能です。これはディスク入出力層から完全に独立したどのANSI C適合コンパイラに対しても独立した基盤で、これはディスク インターフェース用にデバイス特有关数が提供されることが必要なことを意味します。

### 要点

- 制限されたメモリ消費でのSDC/MMCファイル システム アクセス
- デバイス非依存、AVR®応用が最適化されたメモリ使用量を必要とするのに理想的
- FAT12、FAT16、FAT32を支援
- 単一ボリュームと単一ファイル専用
- ストリーミング ファイル読み込み
- いくつかの制限付きのファイル書き込み

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. 小さいFATファイルシステム	4
3. 小さいFatFsの制限	4
3.1. 書き込み関数	4
3.2. ファイルアクセス効率	4
4. 関数	5
5. 単位部メモリ使用量と構成設定	7
6. 参照	8
7. Atmel   STARTからのソースコード取得	8
8. 改訂履歴	8
Microchipウェブ サイト	9
お客様への変更通知サービス	9
お客様支援	9
Microchipデバイスコード保護機能	9
法的通知	9
商標	10
DNVによって認証された品質管理システム	10
世界的な販売とサービス	11

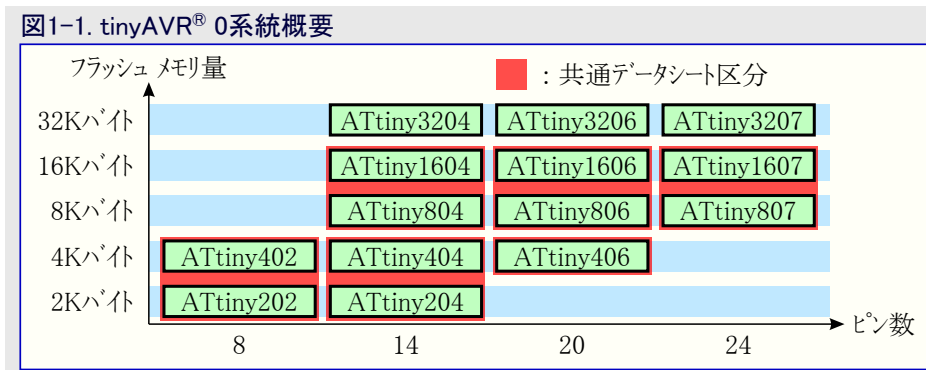
## 1. 関連デバイス

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<sup>®</sup> 0系統

下図はピン数の変種とメモリ量を展開してtinyAVR<sup>®</sup> 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。

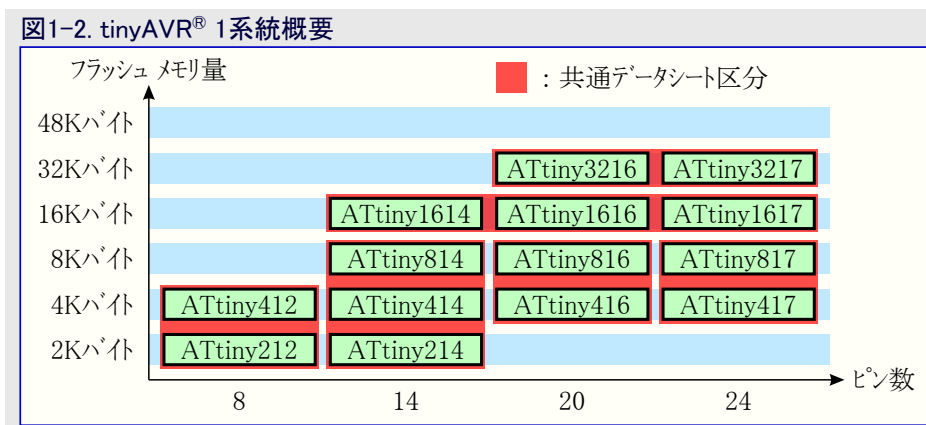


異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

### 1.2. tinyAVR<sup>®</sup> 1系統

下図はピン配置変種とメモリ量を展開してtinyAVR<sup>®</sup> 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。

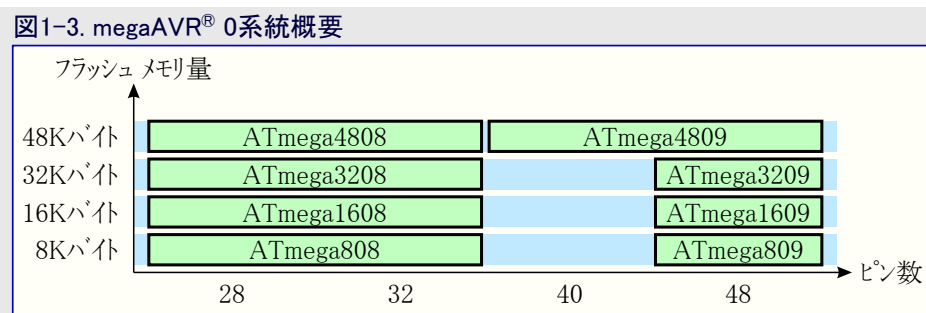


異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

### 1.3. megaAVR<sup>®</sup> 0系統

下図はピン配置変種とメモリ量を展開してmegaAVR<sup>®</sup> 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. 小さい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](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提供します。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(`pfconf.h`)で定義されません。

## 3. 小さいFatFsの制限

小さい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います。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/M MC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では、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。

### 3.1. 書き込み関数

小さいFatFS単位部は必要とするメモリを最小化するために、いくつかの制限付きの書き込み関数を含みます。これらの制限は以下を含みます。

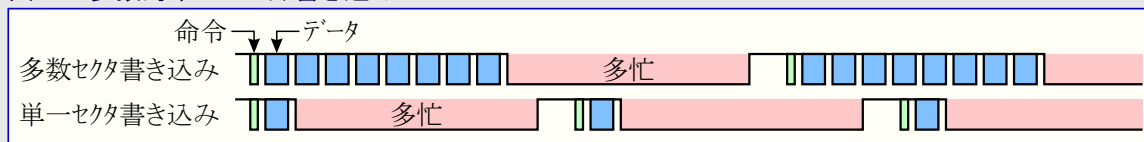
- ファイルを作成できず、既存ファイルにだけ書くことができます。
- ファイルを大きさに於いて拡張することができません。
- ファイルの時刻印を更新することができません。
- 書き込み操作はセクタ境界でだけ開始/停止します。
- 読み込み専用属性は書き込み操作を防ぎません。

これはファイルを書くためにはそれがSDC/MMCで既存で、割り当てられた必要な大きさを持たなければなりません。

### 3.2. ファイル アクセス効率

読みまたは書きの操作の効率は1操作でアクセスすることができるセクタ数で増されます。必要に迫られて必要なメモリを減らすため、小さいFatFSは多数セクタ アクセスと比べた時にアクセス効率が減らされる単一セクタ アクセスを使います。例は多数セクタ書き込みと単一セクタ書き込みの両方に関連するカードの多忙時間を描く下図で見ることができます。これは実質的に最大読み書き頻度が減らされることを意味します。

図3-1. 多数対単一のセクタ書き込み



SDC/MMC記憶装置がバイトアクセス不可で、故に毎回の部分的な(1バイトからセクタの大きさの512バイトまでの)セクタアクセス操作に対して、アクセスされるのに完全なセクタが必要なことに注意してください。例えば、バイト単位でのセクタ読み込み時にセクタは512回読み込まれます。小さいFatFSで達成可能な最小多忙時間は同時に(セクタの大きさの)512バイトの読みまたは書きによってで、故にセクタは一度だけでアクセスされます。従ってデータは可能な限り長い塊で読みまたは書きされるかもしれません。

## 4. 関数

### ボリューム装着(マウント)

```
FRESULT pf_mount (
    FATFS* fs /* [IN] 作業領域への位置指示子 */
);
```

`pf_mount()`関数はどのインターフェースを試みるのに先立って使われるべきです。これは記録ボリュームを装着(マウント)して小さいFatFS単位部に作業領域を与えます。

- パラメータ
  - `fs` : 登録されるファイルシステム対象物(作業領域)への位置指示子
- 戻り値
  - `FR_OK(0)` : 機能成功
  - `FR_NOT_READY` : ハード的な異常またはボリュームが存在しないため、ボリュームを装着(マウント)できません。
  - `FR_DISK_ERR` : ディスク読み込み機能で異常発生
  - `FR_NO_FILESYSTEM` : ドライブに有効なFATパーティションがありません。

### ファイルを開く

```
FRESULT pf_open (
    const char* path /* [IN] ファイル名への位置指示子 */
);
```

`pf_open()`関数はファイルに読み書きするのに先立って使われるべきです。開いたファイルは別のファイルに対して再び`open`関数が使われるまで有効です。

- パラメータ
  - `path` : 開くファイルのファイル名を指定するヌル終端された文字列への位置指示子
- 戻り値
  - `FR_OK(0)` : 機能成功
  - `FR_NOT_FILE` : ファイルまたはパスを見つけることができません。
  - `FR_DISK_ERR` : ハード異常、不正なFAT構造体、または内部異常のために機能失敗
  - `FR_NOT_ENABLED` : ボリュームが装着(マウント)されていません。

### ファイルから読み込み

```
FRESULT pf_read (
    void* buff, /* [OUT] 読み込み緩衝部への位置指示子 */
    UINT btr, /* [IN] 読むべきバイト数 */
    UINT* br /* [OUT] 読んだバイト数への位置指示子 */
);
```

`pf_read()`関数は開いたファイルからデータを読むのに使われます。これは`pfconf.h`ファイルで`_USE_READ`が'1'に書かれた時に利用可能です。ファイルシステム対象物内のファイル位置指示子(`fptr`)は読んだバイト数分増えます。機能成功で、`*br`はファイルの最後を検出したことを調べられるべきで、関数の最後で`*br`が`btr`よりも少ない場合、読み込み操作中にファイルの最後に到達しました。`buff`引数がNULLとして与えられる場合、読み込みデータはメモリ緩衝部に蓄えられるよりもむしろ出て行くストリームに転送されます。ストリーミング関数は各プロジェクトに依存し、代表的に`disk_readp()`関数で実装されるでしょう。

- パラメータ
  - `buff` : 読んだデータが格納されるべき緩衝部への位置指示子。ヌル位置指示子は出力ストリームに転送されつつある読み込みデータに帰着します。
  - `btr` : 読むべきバイト数
  - `br` : 戻りに於いて読んだバイト数を示す変数への位置指示子
- 戻り値
  - `FR_OK(0)` : 機能成功
  - `FR_DISK_ERR` : ハード異常、不正なFAT構造体、または内部異常のために機能失敗
  - `FR_NOT_OPENED` : ファイルが開かれていません。
  - `FR_NOT_ENABLED` : ボリュームが装着(マウント)されていません。

## ファイルに書く

```
FRESULT pf_write (
    const void* buff,    /* [IN] 書かれるべきデータへの位置指示子 */
    UINT btw,           /* [IN] 書かれるべきバイト数 */
    UINT* bw            /* [OUT] 書かれたバイト数を返す変数への位置指示子 */
);
```

`pf_write()`関数は開いたファイルにデータを書くのに使われます。これは`pfconf.h`ファイルで`_USE_WRITE`が'1'に書かれた時に利用可能です。ファイルシステム対象物内のファイル位置指示子(`fptr`)は書いたバイト数分増えます。機能成功で、`*bw`はファイルの最後を検出したことを調べられるべきで、関数の最後で`*bw`が`btw`よりも少ない場合、書き込み操作中にファイルの最後に到達しました。

## 制限

- ファイル作成不可
- 既存ファイルの大きさ増加不可
- ファイルの時刻印、即ち”最終変更”属性の更新不可
- 書き込み操作はセクタ境界でだけ開始と停止ができます。
- 書き込み操作は読み込み専用属性を持つファイルによって妨げられません。

ファイル書き込みは以下の手順で完了されなければなりません。

1. `pf_lseek(ofs)` : 読み書き位置指示子は書き込み操作を始める前にセクタ境界に移動されなければなりません。これが行われなかった場合、位置指示子は最も近いセクタ境界に切り下げで丸められます。
2. `pf_write(buff, btw, &bw)` : ファイルに対する書き込みデータ。この関数は必要な場合、即ち、データが継続的に生成されつつある場合に繰り返して呼ぶことができます。けれども、次の段階で書き込みが終了されるまでデータは完全に完遂されません。
3. `pf_write(0, 0, &bw)` : 書き込み操作終了。読み書き位置指示子がセクタ境界でなければ、セクタ内の残りのバイトは0で満たされます。この段階は全ての書き込みデータを完遂するように完了されなければなりません。

## • パラメータ

- `buff` : 書かれるべきデータが格納された緩衝部への位置指示子。ヌル位置指示子は書き込み操作が終了されるべきであることを示します。
- `btw` : 書くバイト数
- `bw` : 戻りに於いて書かれたバイト数を示す変数への位置指示子

## • 戻り値

- `FR_OK(0)` : 機能成功
- `FR_DISK_ERR` : ハード異常、不正なFAT構造体、または内部異常のために機能失敗
- `FR_NOT_OPENED` : ファイルが開かれていません。
- `FR_NOT_ENABLED` : ホリウムが装着(マウント)されていません。

## ファイル位置指示子を移動

```
FRESULT pf_lseek (
    DWORD ofs           /* [IN] バイト単位でのファイル内変位 */
);
```

`pf_lseek()`関数は開いたファイル内の読み書き位置指示子を移動するのに使われます。これは`pfconf.h`ファイルで`_USE_LSEEK`が'1'に書かれた時に利用可能です。この変位はファイルの先頭に相対して指定されるべきです。ファイルシステム対象物のファイル位置指示子(`fptr`)がこの変更を反映します。

## • パラメータ

- `ofs` : 読み書き位置指示子が移動されるべき場所がファイルの始めからバイトで指定されます。

## • 戻り値

- `FR_OK(0)` : 機能成功
- `FR_DISK_ERR` : ハード異常、不正なFAT構造体、または内部異常のために機能失敗
- `FR_NOT_OPENED` : ファイルが開かれていません。



## ディレクトリを開く

```
FRESULT pf_opendir (
    DIR* dp,          /* [OUT] 空ディレクトリ対象物構造体への位置指示子 */
    const char* path /* [IN] ディレクトリ名への位置指示子 */
);
```

pf\_opendir()関数は既存のディレクトリを開くのに使われ、特別な手続きなしに何時でも破棄することができる後の参照用のディレクトリ対象物を作成します。これはpffconf.hファイルで\_USE\_DIRが1に書かれた時に利用可能です。

- パラメータ
  - dp : 作成される空のディレクトリ対象物への位置指示子
  - path : 開くディレクトリのディレクトリ名を指定するヌル終端された文字列への位置指示子
- 戻り値
  - FR\_OK(0) : 機能成功
  - FR\_NOT\_FILE : パスを見つけることができません。
  - FR\_NOT\_READY : ホリウムがありません。
  - FR\_DISK\_ERR : ハード異常、不正なFAT構造体、または内部異常のために機能失敗
  - FR\_NOT\_ENABLED : ホリウムが装着(マウント)されていません。

## ディレクトリを読む

```
FRESULT pf_readdir (
    DIR* dp,          /* [IN] 開いたディレクトリ対象物への位置指示子 */
    FILINFO* fno     /* [OUT] ファイル情報構造体への位置指示子 */
);
```

pf\_readdir()関数はディレクトリ エントリを順どおりに読みます。これはpffconf.hファイルで\_USE\_DIRが'1'に書かれた時に利用可能です。この関数を繰り返して呼ぶことによってディレクトリ内の全ての項目を読むことができます。全てのディレクトリ エントリが読まれてしまうと、関数は異常を返すことなく、ファイル情報構造体内のfname[]メンバ内にヌル文字列を置きます。ヌル位置指示子としてfnoが与えられると、ディレクトリ対象物の読み込み指標が開始位置に戻されます。

- パラメータ
  - dp : 開いたディレクトリ対象物への位置指示子
  - fno : 読んだ項目が格納されるファイル情報構造体への位置指示子
- 戻り値
  - FR\_OK(0) : 機能成功
  - FR\_DISK\_ERR : ハード異常、不正なFAT構造体、または内部異常のために機能失敗
  - FR\_NOT\_OPENED : ディレクトリ対象物が開かれていません。

## 5. 単位部メモリ使用量と構成設定

AVG-GCCを用いてコンパイルする時の小さいFatFS単位部の大きさは使われる構成設定と最適化の設定に依存して1~4Kバイトの間で変わります。右表は大きさ最適化でAtmel Studio7.0を使って各種構成設定任意選択でのコンパイルの大きさの例を示します。既定構成設定は\_USE\_READとFS\_FAT16が許可で、他の全ての任意選択は禁止されます。これらの概算は小さいFatFs単位部だけに対してで、ディスク入出力層を含みません。

表5-1. 小さいFatFs単位部のメモリ使用例

項目	大きさ (バイト)
フラッシュメモリ (既定構成設定)	2064
フラッシュメモリ (_USE_READ抜き)	-416
フラッシュメモリ (_USE_DIR追加)	+688
フラッシュメモリ (_USE_LSEEK追加)	+556
フラッシュメモリ (_USE_WRITE追加)	+486
SRAM (bss)	1
SRAM (data)	42

構成設定は応用によって何の機能が必要とされるかに従って独自化することができます。右表は構成設定ヘッダファイル(pffconf.h)に含まれる各構成設定任意選択に対してどの関数が取り去られるかを示します。

表5-2. 構成設定任意選択によって取り去られる関数

関数	_USE_READ 0	_USE_DIR 0	_USE_LSEEK 0	_USE_WRITE 0
pf_mount				
pf_open				
pf_read	×			
pf_lseek			×	
pf_opendir		×		
pf_readdir		×		
pf_write				×

## 6. 参照

これに関する単位部と情報は[http://elm-chan.org/fsw/ff/00index\\_p.html](http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_p.html)のELM-ChaNから提供されました。

## 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)鉤經由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://start.atmel.com/>

### コード例

AVR42776 小さいFATファイル システム単位部 (AVR42776 Petit FAT File System Module)

• [http://start.atmel.com/#example/Atmel:petitfs\\_example:1.0.0::Application:AVR42776\\_Petit\\_FatFs\\_Example:](http://start.atmel.com/#example/Atmel:petitfs_example:1.0.0::Application:AVR42776_Petit_FatFs_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
42776A	2016年10月	初版資料公開
A	2018年10月	<ul style="list-style-type: none"> <li>文書番号更新、Microchip DS00002799AはAtmel 42776Aを置き換え</li> <li>tinyAVR® 0系統、tinyAVR® 1系統、megaAVR® 0系統のデバイスを含めるように「関連デバイス」章を更新</li> <li>些細な編集上の更新</li> </ul>



## 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
- **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

## 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<sup>®</sup> MCUとdsPIC<sup>®</sup> 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 2020.

本白書はMicrochipのAN2799応用記述(DS00002799A-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訳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
<b>本社</b> 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 Tel: 480-792-7200 Fax: 480-792-7277 技術支援: <a href="http://www.microchip.com/support">http://www.microchip.com/support</a> ウェブアドレス: <a href="http://www.microchip.com">www.microchip.com</a>	<b>オーストラリア - シドニー</b> Tel: 61-2-9868-6733 <b>中国 - 北京</b> Tel: 86-10-8569-7000 <b>中国 - 成都</b> Tel: 86-28-8665-5511 <b>中国 - 重慶</b> Tel: 86-23-8980-9588 <b>中国 - 東莞</b> Tel: 86-769-8702-9880 <b>中国 - 広州</b> Tel: 86-20-8755-8029 <b>中国 - 杭州</b> Tel: 86-571-8792-8115 <b>中国 - 香港特别行政区</b> Tel: 852-2943-5100 <b>中国 - 南京</b> Tel: 86-25-8473-2460 <b>中国 - 青島</b> Tel: 86-532-8502-7355 <b>中国 - 上海</b> Tel: 86-21-3326-8000 <b>中国 - 瀋陽</b> Tel: 86-24-2334-2829 <b>中国 - 深圳</b> Tel: 86-755-8864-2200 <b>中国 - 蘇州</b> Tel: 86-186-6233-1526 <b>中国 - 武漢</b> Tel: 86-27-5980-5300 <b>中国 - 西安</b> Tel: 86-29-8833-7252 <b>中国 - 廈門</b> Tel: 86-592-2388138 <b>中国 - 珠海</b> Tel: 86-756-3210040	<b>インド - ハンガロール</b> Tel: 91-80-3090-4444 <b>インド - ニューデリー</b> Tel: 91-11-4160-8631 <b>インド - フネー</b> Tel: 91-20-4121-0141 <b>日本 - 大阪</b> Tel: 81-6-6152-7160 <b>日本 - 東京</b> Tel: 81-3-6880-3770 <b>韓国 - 大邱</b> Tel: 82-53-744-4301 <b>韓国 - ソウル</b> Tel: 82-2-554-7200 <b>マレーシア - クアラルンプール</b> Tel: 60-3-7651-7906 <b>マレーシア - ペナン</b> Tel: 60-4-227-8870 <b>フィリピン - マニラ</b> Tel: 63-2-634-9065 <b>シンガポール</b> Tel: 65-6334-8870 <b>台湾 - 新竹</b> Tel: 886-3-577-8366 <b>台湾 - 高雄</b> Tel: 886-7-213-7830 <b>台湾 - 台北</b> Tel: 886-2-2508-8600 <b>タイ - バンコク</b> Tel: 66-2-694-1351 <b>ベトナム - ホーチミン</b> Tel: 84-28-5448-2100	<b>オーストラリア - ウェルズ</b> Tel: 43-7242-2244-39 Fax: 43-7242-2244-393 <b>デンマーク - コペンハーゲン</b> Tel: 45-4450-2828 Fax: 45-4485-2829 <b>フィンランド - エスポー</b> Tel: 358-9-4520-820 <b>フランス - パリ</b> Tel: 33-1-69-53-63-20 Fax: 33-1-69-30-90-79 <b>ドイツ - ガルピング</b> Tel: 49-8931-9700 <b>ドイツ - ハーン</b> Tel: 49-2129-3766400 <b>ドイツ - ハイムブロン</b> Tel: 49-7131-67-3636 <b>ドイツ - カールスルーエ</b> Tel: 49-721-625370 <b>ドイツ - ミュンヘン</b> Tel: 49-89-627-144-0 Fax: 49-89-627-144-44 <b>ドイツ - ローゼンハイム</b> Tel: 49-8031-354-560 <b>イスラエル - ラーナナ</b> Tel: 972-9-744-7705 <b>イタリア - ミラノ</b> Tel: 39-0331-742611 Fax: 39-0331-466781 <b>イタリア - ハドバ</b> Tel: 39-049-7625286 <b>オランダ - デルネン</b> Tel: 31-416-690399 Fax: 31-416-690340 <b>ノルウェー - トロンハイム</b> Tel: 47-72884388 <b>ポーランド - ワルシャワ</b> Tel: 48-22-3325737 <b>ルーマニア - ブカレスト</b> Tel: 40-21-407-87-50 <b>スペイン - マドリッド</b> Tel: 34-91-708-08-90 Fax: 34-91-708-08-91 <b>スウェーデン - イェテボリ</b> Tel: 46-31-704-60-40 <b>スウェーデン - ストックホルム</b> Tel: 46-8-5090-4654 <b>イギリス - ウォーキングム</b> Tel: 44-118-921-5800 Fax: 44-118-921-5820
<b>アトランタ</b> Duluth, GA Tel: 678-957-9614 Fax: 678-957-1455			
<b>オースチン TX</b> Tel: 512-257-3370			
<b>ボストン</b> Westborough, MA Tel: 774-760-0087 Fax: 774-760-0088			
<b>シカゴ</b> Itasca, IL Tel: 630-285-0071 Fax: 630-285-0075			
<b>ダラス</b> Addison, TX Tel: 972-818-7423 Fax: 972-818-2924			
<b>デトロイト</b> Novi, MI Tel: 248-848-4000			
<b>ヒューストン TX</b> Tel: 281-894-5983			
<b>インディアナポリス</b> Noblesville, IN Tel: 317-773-8323 Fax: 317-773-5453 Tel: 317-536-2380			
<b>ロサンゼルス</b> Mission Viejo, CA Tel: 949-462-9523 Fax: 949-462-9608 Tel: 951-273-7800			
<b>ローリー NC</b> Tel: 919-844-7510			
<b>ニューヨーク NY</b> Tel: 631-435-6000			
<b>サンホセ CA</b> Tel: 408-735-9110 Tel: 408-436-4270			
<b>カナダ - トロント</b> Tel: 905-695-1980 Fax: 905-695-2078			