



注意: この日本語版文書は参考資料としてご利用ください。  
最新情報は必ずオリジナルの英語版をご参照願います。

# AN2602

## ATmega48/88/168 から ATmega48PB/88PB/168PB への移行

### 特長

ATmega48PB/88PB/168PB には以下の複数の特長が新たに追加されています。

- picoPower<sup>®</sup>機能
- 4 本の追加 GPIO ピン
  - 1 組の GND と VCC をなくし、2 本の追加 GPIO ピンに置き換え
  - ADC 入力チャンネルのみを備えていた 2 本のピンを GPIO と多重化
- USART フレーム開始検出を全てのスリープモードで利用可能
- ピンへのアナログ コンパレータ出力を追加
- シリアル番号(一意のデバイス ID)を追加

### はじめに

本書では ATmega48/88/168 を新しい ATmega48PB/88PB/168PB に移行する方法を説明します。

ATmega48PB/88PB/168PB は ATmega48/88/168 と機能的に互換です。本書ではツールチェーン、開発ツール、IDE を更新する方法を説明します。

最新の正確な特性とデバイスの詳細は、常に対応するデータシートの最新版を確認してください。エラー一覧を確認する事を推奨します。

最新のデータシートは以下で入手できます。

- ATmega48/88/168 - <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega168>
- ATmega48PB/88PB/168PB - <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega168pb>

## 目次

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 特長 .....                         | 1  |
| はじめに .....                       | 1  |
| 1. ハードウェア設計の互換性 .....            | 4  |
| 1.1 パッケージタイプ .....               | 4  |
| 1.2 追加/変更されたピン機能 .....           | 4  |
| 1.3 代替ピンの設定 .....                | 6  |
| 2. コードの互換性 .....                 | 7  |
| 2.1 予約済みレジスタへの書き込み .....         | 7  |
| 2.2 デバイス パーツパック .....            | 7  |
| 3. エコシステム .....                  | 8  |
| 3.1 統合開発環境 .....                 | 8  |
| 3.2 開発ツール .....                  | 8  |
| 4. 新機能 .....                     | 10 |
| 4.1 USART .....                  | 10 |
| 4.2 アナログ コンパレータ .....            | 11 |
| 4.3 シリアル番号 .....                 | 11 |
| 4.4 picoPower/電源管理とスリープモード ..... | 13 |
| 5. 更新された機能 .....                 | 14 |
| 5.1 シグネチャバイト .....               | 14 |
| 5.2 フルスイング オシレータ .....           | 14 |
| 5.3 特性 .....                     | 14 |
| 6. 補足情報と関連文書 .....               | 16 |
| 7. 改訂履歴 .....                    | 17 |
| Microchip 社のウェブサイト .....         | 18 |
| お客様向け変更通知サービス .....              | 18 |
| お客様サポート .....                    | 18 |
| Microchip 社のデバイスコード保護機能 .....    | 18 |
| 法律上の注意点 .....                    | 19 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 商標 .....                | 19 |
| DNV による品質管理システム認証 ..... | 20 |
| 各国の営業所とサービス .....       | 21 |

## 1. ハードウェア設計の互換性

### 1.1 パッケージタイプ

サフィックス無し品からサフィックス PB 品への置き換えにあたり、32 ピンの TQFP/VFQFN/MLF の各パッケージは既存 PCB レイアウトのまま置き換え可能ですが、条件があります。「[追加/変更されたピン機能](#)」の章を参照してください。それ以外のパッケージの場合は置き換えに際して PCB レイアウト変更が必要です。データシートの「Packaging Information」に、各デバイスのフットプリントの寸法と物理的な図面が掲載されています。各種デバイスと各種パッケージタイプの対応を以下に示します。

ATmega48/88/168 は以下のパッケージで提供しています。

- 32 ピン TQFP
- 32 ピン MLF
- 28 ピン VQFN
- 28 ピン PDIP

ATmega48PB/88PB/168PB は以下の 2 つのパッケージで提供しています。

- 32 ピン TQFP
- 32 ピン VFQFN

### 1.2 追加/変更されたピン機能

ATmega48/88/168 と ATmega48PB/88PB/168PB と互換性のあるパッケージタイプは 2 つあります。本セクションでは TQFP パッケージタイプのピン配置を比較します。もう 1 つの互換パッケージタイプである MLF/VFQFN については、データシートの「Ordering Information」と「Packaging Information」を参照してください。

ATmega48PB/88PB/168PB には 4 本の GPIO ピン(PORTE [3:0])が追加されています。各種ピンの説明を[表 1-1](#)に示し、各デバイスのピン配置を[図 1-1](#)と[図 1-2](#)に示します。

32 ピン MLF/VQFN のピン配置は、ATmega48PB/88PB/168PB データシートの「Pin Configurations」に記載されています。

図 1-1. ATmega48/88/168 - 32 ピン TQFP

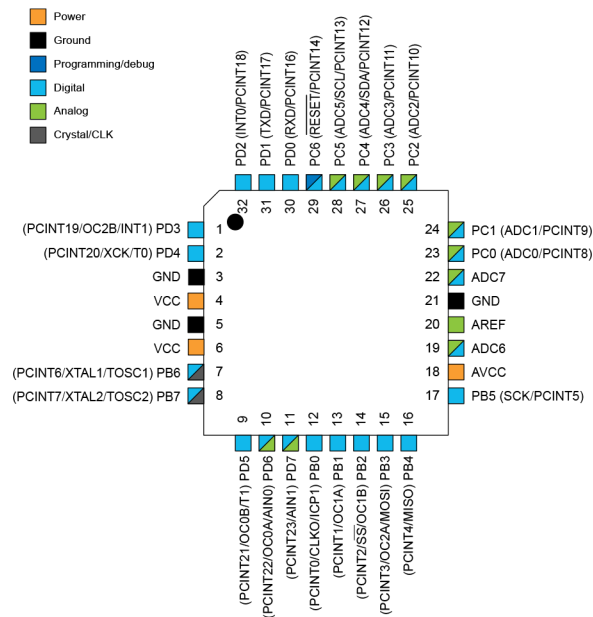
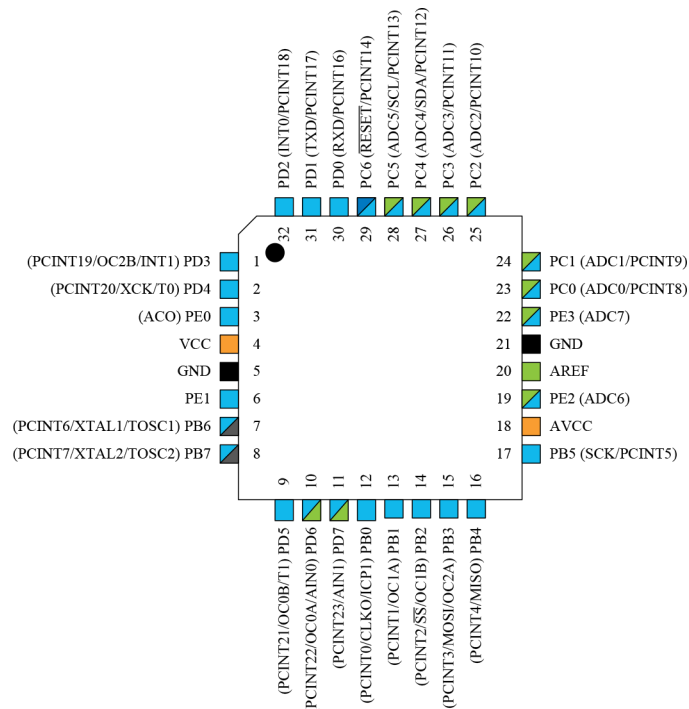


図 1-2. ATmega48PB/88PB/168PB - 32 ピン TQFP



PE2 と PE3 の GPIO ピンがピン 19 とピン 22 に追加されました。PE2 と PE3 は ADC6 と ADC7 と多重化されています。

ピン 3 (GND) は PE0 に、ピン 6 (VCC) は PE1 に置き換えられました。PE0 は ACO と多重化されています。

表 1-1. ピンの機能の相違点

| 32 ピン TQFP パッケージ | ATmega48/88/168 | ATmega48PB/88PB/168PB |
|------------------|-----------------|-----------------------|
| ピン 3             | GND             | PE0/ACO               |
| ピン 6             | VCC             | PE1                   |
| ピン 19            | ADC6            | ADC6/PE2              |
| ピン 22            | ADC7            | ADC7/PE3              |



ATmega48/88/168 を ATmega48PB/88PB/168PB デバイスにそのまま置き換えて使うには、以下の条件を満たす必要があります。

- ピン 3 - GND に接続した場合、このピンを GPIO の出力モード、または ACO を有効にしてはなりません。
- ピン 6 - VCC に接続した場合、このピンを GPIO の出力モードにしてはなりません。

### 1.3 代替ピンの設定

代替ピンの設定を以下に示します。

- **ADC7 - ポート E、ビット 3**  
PE3 ピンは ADC 入力チャンネル 7 としても使えます。ADC 入力チャンネル 7 はアナログ電源 AVCC を使います。
- **ADC6 - ポート E、ビット 2**  
PE2 ピンは ADC 入力チャンネル 6 としても使えます。ADC 入力チャンネル 6 はアナログ電源 AVCC を使います。
- **なし - ポート E、ビット 1**  
代替機能なし。
- **ACO - ポート E、ビット 0**  
ACO(アナログ コンパレータ出力)ピンは PE0 と多重化されています。

## 2. コードの互換性

ATmega48/88/168 は ATmega48PB/88PB/168PB とコードの互換性を維持しています。

ATmega48/88/168 用に設計されたコードが ATmega48PB/88PB/168PB で確実に実行できるようにするには、デバイスを変更してコードを再コンパイルする必要があります。

一般的には、予約済みビットにアクセスする場合は「0」を書き込む必要があります。予約済み I/O メモリアドレスには絶対に書き込まない必要があります。

### 2.1 予約済みレジスタへの書き込み

従来のコードが予約済みレジスタに書き込みを行っていた場合、Microchip 社はアプリケーションの動作を保証できません。

本章は、ATmega48/88/168 用に設計されたコードを ATmega48PB/88PB/168PB で使う場合の注意事項について説明します。コードが誤って予約済みレジスタまたはビット位置にアクセスした場合も、旧デバイスは期待通りに動作するかもしれませんが、新デバイスでは、これらのレジスタやビットが特定の機能を持っている可能性があるため、予期しない動作が見られることがあります。

図 2-1 に示すように、ATmega48/88/168 では、レジスタ位置 0x4F は予約済みです。

図 2-1. ATmega48/88/168 データシートから抜粋

|      |          |     |           |      |     |     |      |      |       |       |
|------|----------|-----|-----------|------|-----|-----|------|------|-------|-------|
| 0x4E | SPDR0    | 7:0 | SPID[7:0] |      |     |     |      |      |       |       |
| 0x4F | Reserved |     |           |      |     |     |      |      |       |       |
| 0x50 | ACSR     | 7:0 | ACD       | ACBG | ACO | ACI | ACIE | ACIC | ACIS1 | ACIS0 |

ATmega48PB/88PB/168PB では、レジスタ位置 0x4F は ACSR0 レジスタです。図 2-2 に示すように、このレジスタにはピン 3 へのアナログ コンパレータ出力を制御する 1 つのビット、ACOE(アナログ コンパレータ出力イネーブル)が格納されています。

図 2-2. ATmega48PB/88PB/168PB データシートから抜粋

|      |       |     |           |      |     |     |      |      |            |      |
|------|-------|-----|-----------|------|-----|-----|------|------|------------|------|
| 0x4E | SPDR  | 7:0 | SPID[7:0] |      |     |     |      |      |            |      |
| 0x4F | ACSR0 | 7:0 |           |      |     |     |      |      |            | ACOE |
| 0x50 | ACSR  | 7:0 | ACD       | ACBG | ACO | ACI | ACIE | ACIC | ACIS [1:0] |      |

ACO が誤って有効になり、ATmega48/88/168 を ATmega48PB/88PB/168PB でそのまま置き換えた場合、ACO は GND に接続されたピンを駆動しようとする可能性があり、予期しない動作となる可能性があります。

### 2.2 デバイス ファミリーパック

ATmega48PB/88PB/168PB のデバイスが完全にサポートされるようにするには、最新のファミリーパックをインストールする必要があります。最新バージョンの Atmel Studio 7.0 には最新のファミリーパックが含まれています。また、必要に応じて手動でダウンロードすることもできます。方法を以下に示します。

- Atmel Studio 7.0 のツールバーで[Tools] > [Device Pack Manager]をクリックします。[Device Pack Manager]ウィンドウの[ATmega\_DFP]で最新バージョンをクリックして選択し、[Install] > [Install Selected Packs]をクリックします。
- [代替方法] <http://packs.download.atmel.com/>にアクセスし、最新の Atmel ATmega Series Device Support をダウンロードします。ダウンロードしたファイルをインストールします。

## **3. エコシステム**

AVR<sup>®</sup>製品のエコシステムには Atmel Studio 7 統合開発環境、AVR 向けツールチェーン、プログラマ、デバッガ、スタータキットが含まれます。

### **3.1 統合開発環境**

#### **3.1.1 Atmel Studio 7**

ATmega48PB/88PB/168PB は、C/C++と Atmel マイクロコントローラのアセンブリコードを開発するための無償の IDE である Atmel Studio 7 の最新バージョンでサポートされています。

Studio 4 は ATmega48PB/88PB/168PB をサポートしていません。

最新のインストラとユーザガイド、その他の関連情報は <http://www.microchip.com/development-tools/atmel-studio-7> を参照してください。

#### **3.1.2 IAR**

ATmega48PB/88PB/168PB は 8 ビット AVR 用の商用 C/C++コンパイラである IAR Embedded Workbench<sup>®</sup> for AVR<sup>®</sup>でサポートされています。IAR<sup>™</sup>のユーザは、現在インストールされているバージョンが ATmega48PB/88PB/168PB をサポートしている事を確認する必要があります。

30 日間の評価版とコードサイズが 4 KB に制限されたキックスタート版があり、ウェブサイト (<https://www.iar.com/iar-embedded-workbench/partners/atmel/>)から入手できます。

### **3.2 開発ツール**

ATmega48PB/88PB/168PB では以下の開発ツールを推奨します。

- Atmel-ICE

ATmega48PB/88PB/168PB にも対応しているその他のレガシーツールは以下の通りです。

- AVR Dragon
- AVR One!
- AVRISP mkII
- JTAGICE mkII
- JTAGICE3
- Power Debugger
- QT600
- STK500
- STK600
- Simulator
- mEDBG

Atmel Studio 7 で目的のツールを更新するには、以下のようにします。Atmel Studio 7 のツールバーで [Tools] > [Device Programming]をクリックします。[Device Programming]ダイアログが開いたら、目的のツール、デバイス、インターフェイスを選択して[Apply]をクリックします。ツールのファームウェアバージョンが古い場合、Atmel Studio にツールのファームウェア バージョンを更新するよう表示されます。

もう 1 つの方法: Atmel Studio のツールバーで[View] > [Available Tools]をクリックします。[Available Tools]ウィンドウで[Tool]を右クリックし、ドロップダウン メニューで[Upgrade]を選択します。

## 4. 新機能

本章では ATmega48PB/88PB/168PB において ATmega48/88/168 と比べて強化または追加された機能をまとめます。

- USART フレーム開始検出モードを全てのスリープモードで利用可能
- アナログ コンパレータ出力をピンから取り出し可能(このピンは PE0 と多重化されている)
- シリアル番号(一意のデバイス ID)
- picoPower
- ADC 温度計測

### 4.1 USART

USART フレーム開始検出回路は、全てのスリープモード中に、スタートビットが検出された時に ATmega48PB/88PB/168PB をスリープから復帰させる事ができます。

RxDn で High から Low への遷移が検出されると、内部 8 MHz オシレータが起動して USART クロックが有効になります。オシレータ起動時間に対して baud レートが十分に低速であれば、内部 8 MHz オシレータの起動後にデータフレームの残りの部分を受信できます。内部 8 MHz オシレータの起動時間は電源電圧と温度によって変化します。

USART のフレーム開始検出機能は非同期モードでも同期モードでも動作します。この機能は、フレーム開始検出イネーブルビット(SFDE)に書き込む事で有効にします。USART 開始割り込みイネーブル(RXSIE)ビットがセットされていれば、スタートビットが検出されると即座に USART 受信開始割り込みが生成されます。

開始割り込みを有効にせずにこの機能を使うと、フレーム受信中にのみ、開始検出ロジックによって内部 8 MHz オシレータと USART クロックがアクティブ化されます。受信完了割り込みによって MCU が復帰するまで、その他のクロックは停止されたままになります。

同期モードの最大 baud レートはデバイスが復帰する前に入っていたスリープモードによって決まります。

- アイドル スリープモード: システムクロック周波数/4
- スタンバイまたはパワーダウン: 500 kbps

非同期モードの最大 baud レートはデバイスが復帰する前に入っていたスリープモードによって決まります。

- アイドル スリープモード: アクティブモードと同じ

表 4-1. baud レートの最大総誤差(非倍速モードでの誤差を%単位表記)

| baud レート    | フレームサイズ        |                |                |                |                |                |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|             | 5              | 6              | 7              | 8              | 9              | 10             |
| 0~28.8 kbps | +6.67<br>-5.88 | +5.79<br>-5.08 | +5.11<br>-4.48 | +4.58<br>-4.00 | +4.14<br>-3.61 | +3.78<br>-3.30 |
| 38.4 kbps   | +6.63<br>-5.88 | +5.75<br>-5.08 | +5.08<br>-4.48 | +4.55<br>-4.00 | +4.12<br>-3.61 | +3.76<br>-3.30 |
| 57.6 kbps   | +6.10<br>-5.88 | +5.30<br>-5.08 | +4.69<br>-4.48 | +4.20<br>-4.00 | +3.80<br>-3.61 | +3.47<br>-3.30 |

| baud レート   | フレームサイズ        |                |                |                |                |                |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|            | 5              | 6              | 7              | 8              | 9              | 10             |
| 76.8 kbps  | +5.59<br>-5.88 | +4.85<br>-5.08 | +4.29<br>-4.48 | +3.85<br>-4.00 | +3.48<br>-3.61 | +3.18<br>-3.30 |
| 115.2 kbps | +4.57<br>-5.88 | +3.97<br>-5.08 | +3.51<br>-4.48 | +3.15<br>-4.00 | +2.86<br>-3.61 | +2.61<br>-3.30 |

表 4-2.baud レートの最大総誤差(倍速モードでの誤差を%単位表記)

| baud レート    | フレームサイズ        |                |                |                |                |                |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|             | 5              | 6              | 7              | 8              | 9              | 10             |
| 0~57.6 kbps | +5.66<br>-4.00 | +4.92<br>-3.45 | +4.35<br>-3.03 | +3.90<br>-2.70 | +3.53<br>-2.44 | +3.23<br>-2.22 |
| 76.8 kbps   | +5.59<br>-4.00 | +4.85<br>-3.45 | +4.29<br>-3.03 | +3.85<br>-2.70 | +3.48<br>-2.44 | +3.18<br>-2.22 |
| 115.2 kbps  | +4.57<br>-4.00 | +3.97<br>-3.45 | +3.51<br>-3.03 | +3.15<br>-2.70 | +2.86<br>-2.44 | +2.61<br>-2.22 |

## 4.2 アナログ コンパレータ

アナログ コンパレータ制御/ステータス レジスタ C (ACSR0)のアナログ コンパレータ出力イネーブル (ACOE)に「1」が書き込まれた場合、アナログ コンパレータ出力(ACO)を PE0 に接続できます。

## 4.3 シリアル番号

各 ATmega48PB/88PB/168PB には、各製品を一意に識別するのに役立つシリアル番号(一意のデバイス ID と呼ぶ)が書き込まれています。

シリアル番号を取得するには2通りの方法があります。

1 つはソフトウェアからシグネチャ行ヒューズを読み出す事です。詳細は、最新のデータシートの「Reading the Signature Row from Software」を参照してください。

表 4-3. シグネチャ行ヒューズのアドレス指定

| シグネチャバイト        | Z ポインタのアドレス |
|-----------------|-------------|
| デバイス シグネチャバイト 1 | 0x0000      |
| デバイス シグネチャバイト 2 | 0x0002      |
| デバイス シグネチャバイト 3 | 0x0004      |
| RC オシレータ校正バイト   | 0x0001      |
| シリアル番号バイト 1     | 0x000E      |
| シリアル番号バイト 0     | 0x000F      |
| シリアル番号バイト 3     | 0x0010      |

| シグネチャバイト    | Z ポインタのアドレス |
|-------------|-------------|
| シリアル番号バイト 2 | 0x0011      |
| シリアル番号バイト 5 | 0x0012      |
| シリアル番号バイト 4 | 0x0013      |
| シリアル番号バイト 6 | 0x0015      |
| シリアル番号バイト 7 | 0x0016      |
| シリアル番号バイト 8 | 0x0017      |

**Note:**

複数のデバイスファミリ間でシリアル番号機能を使う場合、デバイス シグネチャバイトもシリアル番号に含める必要があります。シリアル番号を 12 バイトの数値に拡張します。

もう 1 つの方法は I/O アドレス 0xF0~0xF8 を読み出す事です。これは ATmega48PB/88PB/168PB のシリアル番号は I/O レジスタ SNOBRx を介してアクセスできるためです。シリアル番号は、これらの読み出し専用レジスタから読み出した 9 バイトを連結する事によって形成されます。詳細は、この後の「[SNOBRx - シリアル番号バイト 8~0](#)」を参照してください。

以下にシリアル番号を読み出す方法の例を示します。

**C コードサンプル**

```
uint8_t serial_num[9] = {0};

for(uint8_t i = 0; i < 9; i++){
    serial_num[i] = *((uint8_t *) &DEVID0+i);
}
```

**4.3.1 SNOBRx - シリアル番号バイト 8~0**

|               | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |                          |
|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------------|
| (0xF8)        |   |   |   |   |   |   |   |   | SNOBR5                   |
| (0xF7)        |   |   |   |   |   |   |   |   | SNOBR4                   |
| (0xF6)        |   |   |   |   |   |   |   |   | SNOBR3                   |
| (0xF5)        |   |   |   |   |   |   |   |   | SNOBR2                   |
| (0xF4)        |   |   |   |   |   |   |   |   | SNOBR1                   |
| (0xF3)        |   |   |   |   |   |   |   |   | SNOBR0                   |
| (0xF2)        |   |   |   |   |   |   |   |   | SNOBR6                   |
| (0xF1)        |   |   |   |   |   |   |   |   | SNOBR7                   |
| (0xF0)        |   |   |   |   |   |   |   |   | SNOBR8                   |
| Read/Write    | R | R | R | R | R | R | R | R |                          |
| Initial Value |   |   |   |   |   |   |   |   | Serial Number Byte Value |

## 4.4 picoPower/電源管理とスリープモード

AVR® picoPower デバイスの真の価値は、ただ各種 picoPower 機能が含まれている事にあるものではありません。設計手法、プロセスの形状、使われているトランジスタの種類が全てが picoPower デバイスの省電力機能に欠かせない要素です。全ての picoPower デバイスは、AVR 独自の低リーク電流プロセスとライブラリを活用して消費電力を低減し、アクティブモードとあらゆるスリープモードで業界トップレベルの低消費電力を実現するために 1 から設計されています。

ホワイトペーパー『[Innovative Techniques for Extremely Low Power Consumption with 8-bit Microcontrollers](#)』とアプリケーションノート『[AVR4013-picoPower Basics](#)』で picoPower の機能の詳細を説明しています。

### 4.4.1 BOD の無効化

BODLEVEL ヒューズによって BOD(ブラウンアウト検出器)が有効になっている時、BOD はスリープ期間中の電源電圧を常時監視します。消費電力を削減するため、一部のスリープモードでソフトウェアを使って BOD を無効にする事ができます。これにより、スリープモードの消費電力が BOD をヒューズでグローバルに無効化した時と同じレベルになります。BOD がソフトウェアで無効化されている場合、スリープモードに入ると即座に BOD 機能が OFF になります。スリープから復帰すると、自動的に BOD が再有効化されます。これにより、スリープ期間中に  $V_{CC}$  が低下した場合でも確実に安全な動作が可能です。

BOD が無効化されている場合、BOD が正常に動作してから MCU がコードの実行を継続できるよう、スリープモードからの復帰時間は約  $60 \mu s$  になります。

BOD の無効化は MCU 制御レジスタ(MCU\_CR.BODS)の BOD スリープビットで制御されます。このビットに「1」を書き込むと関連するスリープモードで BOD が OFF になり、このビットに「0」を書き込むと BOD がアクティブに維持されます。既定値設定は BODS = 0 で、BOD がアクティブに維持されます。

**Note:** BODS ビットへの書き込みは時限シーケンスとイネーブルビットによって制御されます。

## 5. 更新された機能

### 5.1 シグネチャバイト

全ての AVR マイクロコントローラは、デバイスを識別するために 3 バイトのシグネチャコードを備えています。このコードの読み出しは、シリアルモードでもパラレルモードでも、デバイスがロックされていても可能です。これら 3 つのバイトは別々のアドレス空間に格納されています。ATmega48/88/168 と ATmega48PB/88PB/168PB ではデバイス シグネチャバイトに違いがあります。詳細は下表を参照してください。

**表 5-1. デバイス ID**

| デバイス        | シグネチャバイトのアドレス |       |       |
|-------------|---------------|-------|-------|
|             | 0x000         | 0x001 | 0x002 |
| ATmega48/V  | 0x1E          | 0x92  | 0x05  |
| ATmega48PB  | 0x1E          | 0x92  | 0x10  |
| ATmega88/V  | 0x1E          | 0x93  | 0x0A  |
| ATmega88PB  | 0x1E          | 0x93  | 0x16  |
| ATmega168/V | 0x1E          | 0x94  | 0x06  |
| ATmega168PB | 0x1E          | 0x94  | 0x15  |

### 5.2 フルスイング オシレータ

ATmega48/88/168 デバイスにはクロック源オプションとしてフルスイング水晶振動子オシレータが含まれており、フラッシュ ヒューズを設定する事によって選択できました。新しい ATmega48PB/88PB/168PB にはフルスイング水晶振動子オシレータ オプションが含まれていません。デバイス データシート内の「Clock Sources」の章を参照してください。

**表 5-2. ATmega48PB/88PB/168PB にはフルスイング オシレータが含まれない**

| デバイス機能               | ATmega48/88/168 | ATmega48PB/88PB/168PB |
|----------------------|-----------------|-----------------------|
| フルスイング水晶振動子<br>オシレータ | あり              | なし                    |

### 5.3 特性

本章では、電氣的仕様と代表的特性における特に大きな変更点について比較します。最新の数値とその他の数値は、デバイスの最新のデータシートを参照してください。

最新のデータシートは以下で入手できます。

- ATmega48PB/88PB/168PB - <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega168pb>
- ATmega48/88/168 - <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega168>

表 5-3. パラレル プログラミングの特性

| 記号       | パラメータ                                                                   | ATmega48/88/168 |     | ATmega48PB/88PB/168PB |      | 単位 |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----|-----------------------|------|----|
|          |                                                                         | 最小              | 最大  | 最小                    | 最大   |    |
| tWLRH    | $\overline{\text{WR}}$ の Low から RDY/ $\overline{\text{BSY}}$ High までの時間 | 3.7             | 4.5 | 3.2                   | 3.4  | ms |
| tWLRH_CE | チップ消去の WR の Low から RDY/ $\overline{\text{BSY}}$ High までの時間              | 7.5             | 9   | 9.8                   | 10.5 | ms |
| tBVDV    | BS1 有効から DATA 有効までの時間                                                   | 0               | 250 | 0                     | 350  | ns |
| tOLDV    | $\overline{\text{OE}}$ Low から DATA 有効までの時間                              | 0               | 250 | 0                     | 350  | ns |

表 5-4. 次のフラッシュアドレスまたは EEPROM のアドレスに書き込む前の待機時間(typ.)

| 記号         | ATmega48/88/168 | ATmega48PB/88PB/168PB | 単位 |
|------------|-----------------|-----------------------|----|
| tWD_FLASH  | 4.5             | 2.6                   | ms |
| tWD_EEPROM | 3.6             | 3.6                   | ms |
| tWD_ERASE  | 9.0             | 10.5                  | ms |
| tWD_FUSE   | -               | 4.5                   | ms |

## 6. 補足情報と関連文書

- [AVR095: Migrating between ATmega48, ATmega88 and ATmega168](#)
- [AVR512: Migration from ATmega48/88/168 to ATmega48P/88P/168P](#)
- [AVR528: Migrating from ATmega48P/88P/168P to ATmega48PA/88P/168PA](#)
- [AVR532: Migrating from ATmega48/88/168 to ATmega48A/88A/168A](#)
- [AN2519: AVR Microcontroller Hardware Design Considerations](#)
- [AT12615: Getting Started with ATmega48PB/88PB/ 168PB](#)
- [AVR040: EMC Design Considerations](#)
- [AVR053: Calibration of the internal RC oscillator](#)
- [AVR140: ATmega48/88/168 family run-time calibration of the Internal RC oscillator for LIN applications](#)
- [AVR910: In-System Programming](#)
- [AVR4013: picoPower Basics](#)
- [AVR4100: Selecting and testing 32kHz crystal oscillators for AVR microcontrollers](#)
- [AVR42787: AVR Software User Guide](#)

その他の文書は <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega168pb> を参照してください。

または、Microchip 社のウェブページ([www.microchip.com](http://www.microchip.com))を参照してください。

## 7. 改訂履歴

| 文書リビジョン | 日付          | 改訂内容 |
|---------|-------------|------|
| A       | 2017 年 12 月 | 初版   |

---

## Microchip 社のウェブサイト

---

Microchip 社はウェブサイト(<http://www.microchip.com/>)でオンライン サポートを提供しています。当ウェブサイトでは、お客様に役立つ情報やファイルを簡単に見つけ出せます。インターネット ブラウザから以下の内容がご覧になれます。

- **製品サポート** - データシートとエラッタ、アプリケーション ノートとサンプル プログラム、設計リソース、ユーザガイドとハードウェア サポート文書、最新のソフトウェアと過去のソフトウェア
- **技術サポート** - よく寄せられる質問(FAQ)、技術サポートのご依頼、オンライン ディスカッショングループ、Microchip 社のコンサルタント プログラムおよびメンバーリスト
- **ご注文とお問い合わせ** - 製品セレクトと注文ガイド、最新プレスリリース、セミナー/イベントの一覧、お問い合わせ先(営業所/販売代理店)の一覧

---

## お客様向け変更通知サービス

---

Microchip 社のお客様向け変更通知サービスは、お客様に Microchip 社製品の最新情報をお届けする配信サービスです。ご興味のある製品ファミリまたは開発ツールに関連する変更、更新、エラッタ情報をいち早くメールでお知らせします。

Microchip 社ウェブサイト(<http://www.microchip.com/>)にアクセスし、[Support]の[Product Change Notification]からご登録ください。

---

## お客様サポート

---

Microchip 社製品をお使いのお客様は、以下のチャンネルからサポートをご利用頂けます。

- 正規代理店
- 技術サポート

サポートは正規代理店にお問い合わせください。本書の最後のページに各国の営業所の一覧を記載しています。

技術サポートは以下のウェブページからもご利用になれます。 <http://www.microchip.com/support>

---

## Microchip 社のデバイスコード保護機能

---

Microchip 社製品のコード保護機能について以下の点にご注意ください。

- Microchip 社製品は、該当する Microchip 社データシートに記載の仕様を満たしています。
- Microchip 社では、通常の条件ならびに動作仕様書の仕様に従って使った場合、Microchip 社製品のセキュリティ レベルは、現在市場に流通している同種製品の中でも最も高度であると考えています。
- Microchip 社はその知的財産権を重視し、積極的に保護しています。Microchip 社製品のコード保護機能の侵害は固く禁じられており、デジタル ミレニアム著作権法に違反します。
- Microchip 社を含む全ての半導体メーカーで、自社のコードのセキュリティを完全に保証できる企業はありません。コード保護機能とは、Microchip 社が製品を「解読不能」として保証するものではありません。コード保護機能は常に進化しています。Microchip 社では、常に製品のコード保護機能の改善に取り組んでいます。

---

## 法律上の注意点

---

本書および本書に記載されている情報は、Microchip 社製品を設計、テスト、お客様のアプリケーションと統合する目的を含め、Microchip 社製品に対してのみ使う事ができます。それ以外の方法でこの情報を使う事はこれらの条項に違反します。デバイス アプリケーションの情報は、ユーザの便宜のためにのみ提供されるものであり、更新によって変更となる事があります。お客様のアプリケーションが仕様を満たす事を保証する責任は、お客様にあります。その他のサポートはMicrochip 社正規代理店にお問い合わせ頂くか、<https://www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-support-services>をご覧ください。

Microchip 社は本書の情報を「現状のまま」で提供しています。Microchip 社は明示的、暗黙的、書面、口頭、法定のいずれであるかを問わず、本書に記載されている情報に関して、非侵害性、商品性、特定目的への適合性の暗黙的保証、または状態、品質、性能に関する保証をはじめとするいかなる類の表明も保証も行いません。

いかなる場合もMicrochip 社は、本情報またはその使用に関連する間接的、特殊的、懲罰的、偶発的または必然的損失、損害、費用、経費のいかににかかわらず、またMicrochip 社がそのような損害が生じる可能性について報告を受けていた場合あるいは損害が予測可能であった場合でも、一切の責任を負いません。法律で認められる最大限の範囲を適用しようとも、本情報またはその使用に関連する一切の申し立てに対するMicrochip 社の責任限度額は、使用者が当該情報に関連してMicrochip 社に直接支払った額を超えません。

Microchip 社の明示的な書面による承認なしに、生命維持装置あるいは生命安全用途にMicrochip社の製品を使う事は全て購入者のリスクとし、また購入者はこれによって発生したあらゆる損害、クレーム、訴訟、費用に関して、Microchip 社は擁護され、免責され、損害をうけない事に同意するものとします。特に明記しない場合、暗黙的あるいは明示的を問わず、Microchip社が知的財産権を保有しているライセンスは一切譲渡されません。

---

## 商標

---

Microchip 社の名称とロゴ、Microchip ロゴ、Adaptec、AVR、AVR ロゴ、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi ロゴ、MOST、MOST ロゴ、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 ロゴ、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST ロゴ、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron、XMEGA は米国とその他の国におけるMicrochip Technology Incorporated の登録商標です。

AgileSwitch、APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Flashtec、Hyper Speed Control、HyperLightLoad、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus ロゴ、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、TrueTime、ZL は米国における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、GridTime、IdealBridge、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、IntelliMOS、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、Knob-on-Display、KoD、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified ロゴ、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、

PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、RippleBlocker、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simpleMAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SmartHLS、SMART-I.S.、storClad、SQL、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、TotalEndurance、Trusted Time、TSHARC、USBCheck、VariSense、VectorBlox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect、ZENAは米国とその他の国におけるMicrochip Technology Incorporated の商標です。

SQTP は米国におけるMicrochip Technology Incorporated のサービスマークです。

Adaptec ロゴ、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology、Symmcom はその他の国におけるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

GestIC は、その他の国におけるMicrochip Technology Germany II GmbH & Co. KG (Microchip Technology Incorporated の子会社) の登録商標です。

その他の商標は各社に帰属します。

© 2023, Microchip Technology Incorporated and its subsidiaries.

All Rights Reserved.

ISBN: 978-1-6683-1789-1

## **DNV による品質管理システム認証**

### **ISO/TS 16949**

Microchip 社では、Chandler および Tempe(アリゾナ州)、Gresham(オレゴン州)の本部、設計部およびウェハ製造工場そしてカリフォルニア州とインドのデザインセンターが ISO/TS-16949:2009 認証を取得しています。Microchip 社の品質システムプロセスおよび手順は、PIC® MCU および dsPIC® DSC、KEELOQ®コードホッピング デバイス、シリアル EEPROM、マイクロペリフェラル、不揮発性メモリ、アナログ製品に採用されています。さらに、開発システムの設計と製造に関する Microchip 社の品質システムは ISO 9001:2000 認証を取得しています。

## 各国の営業所とサービス

| 南北アメリカ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | アジア/太平洋                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | アジア/太平洋                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 欧州                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>本社</b><br>2355 West Chandler Blvd.<br>Chandler, AZ 85224-6199<br>Tel: 480-792-7200<br>Fax: 480-792-7277<br>技術サポート:<br><a href="http://www.microchip.com/support">http://www.microchip.com/support</a><br>URL:<br><a href="http://www.microchip.com">www.microchip.com</a><br><b>アトランタ</b><br>Duluth, GA<br>Tel: 678-957-9614<br>Fax: 678-957-1455<br><b>オースティン, TX</b><br>Tel: 512-257-3370<br><b>ボストン</b><br>Westborough, MA<br>Tel: 774-760-0087<br>Fax: 774-760-0088<br><b>シカゴ</b><br>Itasca, IL<br>Tel: 630-285-0071<br>Fax: 630-285-0075<br><b>ダラス</b><br>Addison, TX<br>Tel: 972-818-7423<br>Fax: 972-818-2924<br><b>デトロイト</b><br>Novi, MI<br>Tel: 248-848-4000<br><b>ヒューストン, TX</b><br>Tel: 281-894-5983<br><b>インディアナポリス</b><br>Noblesville, IN<br>Tel: 317-773-8323<br>Fax: 317-773-5453<br>Tel: 317-536-2380<br><b>ロサンゼルス</b><br>Mission Viejo, CA<br>Tel: 949-462-9523<br>Fax: 949-462-9608<br>Tel: 951-273-7800<br><b>ローリー, NC</b><br>Tel: 919-844-7510<br><b>ニューヨーク, NY</b><br>Tel: 631-435-6000<br><b>サンノゼ, CA</b><br>Tel: 408-735-9110<br>Tel: 408-436-4270<br><b>カナダ - トロント</b><br>Tel: 905-695-1980<br>Fax: 905-695-2078 | <b>オーストラリア - シドニー</b><br>Tel: 61-2-9868-6733<br><b>中国 - 北京</b><br>Tel: 86-10 -8569-7000<br><b>中国 - 成都</b><br>Tel: 86-28-8665-5511<br><b>中国 - 重慶</b><br>Tel: 86-23-8980-9588<br><b>中国 - 東莞</b><br>Tel: 86-769-8702-9880<br><b>中国 - 広州</b><br>Tel: 86-20-8755-8029<br><b>中国 - 杭州</b><br>Tel: 86-571-8792-8115<br><b>中国 - 香港 SAR</b><br>Tel: 852-2943-5100<br><b>中国 - 南京</b><br>Tel: 86-25-8473-2460<br><b>中国 - 青島</b><br>Tel: 86-532-8502-7355<br><b>中国 - 上海</b><br>Tel: 86-21-3326-8000<br><b>中国 - 瀋陽</b><br>Tel: 86-24-2334-2829<br><b>中国 - 深圳</b><br>Tel: 86-755-8864-2200<br><b>中国 - 蘇州</b><br>Tel: 86-186-6233-1526<br><b>中国 - 武漢</b><br>Tel: 86-27-5980-5300<br><b>中国 - 西安</b><br>Tel: 86-29-8833-7252<br><b>中国 - 厦門</b><br>Tel: 86-592-2388138<br><b>中国 - 珠海</b><br>Tel: 86-756-3210040 | <b>インド - バンガロール</b><br>Tel: 91-80-3090-4444<br><b>インド - ニューデリー</b><br>Tel: 91-11-4160-8631<br><b>インド - プネ</b><br>Tel: 91-20-4121-0141<br><b>日本 - 大阪</b><br>Tel: 81-6-6152-7160<br><b>日本 - 東京</b><br>Tel: 81-3-6880-3770<br><b>韓国 - 大邱</b><br>Tel: 82-53-744-4301<br><b>韓国 - ソウル</b><br>Tel: 82-2-554-7200<br><b>マレーシア - クアラルンプール</b><br>Tel: 60-3-7651-7906<br><b>マレーシア - ペナン</b><br>Tel: 60-4-227-8870<br><b>フィリピン - マニラ</b><br>Tel: 63-2-634-9065<br><b>シンガポール</b><br>Tel: 65-6334-8870<br><b>台湾 - 新竹</b><br>Tel: 886-3-577-8366<br><b>台湾 - 高雄</b><br>Tel: 886-7-213-7830<br><b>台湾 - 台北</b><br>Tel: 886-2-2508-8600<br><b>タイ - バンコク</b><br>Tel: 66-2-694-1351<br><b>ベトナム - ホーチミン</b><br>Tel: 84-28-5448-2100 | <b>オーストリア - ヴェルス</b><br>Tel: 43-7242-2244-39<br>Fax: 43-7242-2244-393<br><b>デンマーク - コペンハーゲン</b><br>Tel: 45-4485-5910<br>Fax: 45-4485-2829<br><b>フィンランド - エスポー</b><br>Tel: 358-9-4520-820<br><b>フランス - パリ</b><br>Tel: 33-1-69-53-63-20<br>Fax: 33-1-69-30-90-79<br><b>ドイツ - ガーヒンク</b><br>Tel: 49-8931-9700<br><b>ドイツ - ハーン</b><br>Tel: 49-2129-3766400<br><b>ドイツ - ハイルブロン</b><br>Tel: 49-7131-72400<br><b>ドイツ - カールスルーエ</b><br>Tel: 49-721-625370<br><b>ドイツ - ミュンヘン</b><br>Tel: 49-89-627-144-0<br>Fax: 49-89-627-144-44<br><b>ドイツ - ローゼンハイム</b><br>Tel: 49-8031-354-560<br><b>イスラエル - ラーナナ</b><br>Tel: 972-9-744-7705<br><b>イタリア - ミラノ</b><br>Tel: 39-0331-742611<br>Fax: 39-0331-466781<br><b>イタリア - パドヴァ</b><br>Tel: 39-049-7625286<br><b>オランダ - ドリューネン</b><br>Tel: 31-416-690399<br>Fax: 31-416-690340<br><b>ノルウェー - トロンハイム</b><br>Tel: 47-7288-4388<br><b>ポーランド - ワルシャワ</b><br>Tel: 48-22-3325737<br><b>ルーマニア - ブカレスト</b><br>Tel: 40-21-407-87-50<br><b>スペイン - マドリッド</b><br>Tel: 34-91-708-08-90<br>Fax: 34-91-708-08-91<br><b>スウェーデン - ヨーテボリ</b><br>Tel: 46-31-704-60-40<br><b>スウェーデン - ストックホルム</b><br>Tel: 46-8-5090-4654<br><b>イギリス - ウォーキンガム</b><br>Tel: 44-118-921-5800<br>Fax: 44-118-921-5820 |