



---

---

## ATmega48P/88P/168Pから ATmega48PB/88PB/168PBへの移植

---

---

### 要点

---

ATmega48PB/88PB/168PBはいくつかの以下の新機能を導入します。

- picoPower<sup>®</sup>機能
- 4つの追加GPIOピン
  - GNDとVCCの1対を取り去って2つの追加GPIOピンで置換
  - 以前にADC入力チャネルしか持たなかった2つのピンが今やGPIOと多重化されます。
- 全ての休止動作でUSARTフレーム開始検出が利用可能
- ピンへのアナログ比較器出力を追加
- 通番(固有デバイスID)追加

### 序説

---

この応用記述はATmega48PB/88PB/168PBへ移植するATmega48P/88P/168P使用者を手助けするための手引きとして働きます。

ATmega48PB/88PB/168PBは機能的にATmega48P/88P/168Pと互換です。この資料はツールチェーン、開発者ツール、IDEを更新する方法を記述します。

最新で正しい特性とデバイスの詳細について対応するデータシートの最新改訂版を常に調べてください。障害情報一覧を再調査することが推奨されます。

最新データシートはここで見つけることができます。

- ATmega48P/88P/168P - <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega168p>
- ATmega48PB/88PB/168PB - <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega168pb>

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

要点	1
序説	1
1. ハードウェア設計互換性	3
1.1. 外圍器形式	3
1.2. 追加/変更されたピン機能	3
1.3. 交換ピン形態設定	4
2. コード互換性	5
2.1. 予約されたレジスタの書き込み	5
2.2. デバイス部品一括	5
3. 協調体制	5
3.1. 統合開発環境	5
3.2. 開発ツール	6
4. 新機能	6
4.1. USART	6
4.2. アナログ比較器	7
4.3. 通番	7
5. 更新された機能	8
5.1. 識票バイト	8
5.2. 全振幅発振器	8
5.3. 特性	8
6. 追加の読み物と関連資料	9
7. 改訂履歴	9
Microchipウェブ サイト	10
お客様への変更通知サービス	10
お客様支援	10
Microchipデバイスコード保護機能	10
法的通知	10
商標	11
DNVによって認証された品質管理システム	11
世界的な販売とサービス	12

## 1. ハードウェア設計互換性

### 1.1. 外圍器形式

ATmega48PB/88PB/168PBは32ピンTQFP外圍器と32ピンMLF外圍器を持つ32ピンVFQFNに対する完全互換品として機能することができますが、従う条件があります。「追加/変更されたピン機能」項をご覧ください。他の外圍器形式については、ATmega48P/88P/168PからATmega48PB/88PB/168PBへ移植する時にPCB配置を変更することを予期してください。データシートは「外圍器情報」下で各デバイスに対する占有体積の寸法と物理的な図面を含みます。下は各種デバイスで比べた各種外圍器形式です。

ATmega48P/88P/168Pは以下の外圍器形式が利用可能です。

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

ATmega48PB/88PB/168PBは以下の2つの外圍器形式が利用可能です。

- 32ピンTQFP
- 32ピンVFQFN

### 1.2. 追加/変更されたピン機能

ATmega48P/88P/168PとATmega48PB/88PB/168PBで互換な2つの外圍器形式があります。本項はTQFP外圍器形式のピン配置を比較します。他の互換外圍器(MLF/VFQFN)についてはデータシートの「注文情報」と「外圍器情報」の章を参照してください。

ATmega48PB/88PB/168PBは4つの追加入出力(GPIO)ピンのPORTE3~0を導入します。各種ピンは表1-1で記述され、各デバイスに対するピン配置は図1-1と図1-2で示されます。

32ピンMLF/VFQFNピン配置はATmega48PB/88PB/168PBデータシートの「ピン配置」章で見つけることができます。

図1-1. Tmega48P/88P/168P - 32ピンTQFP

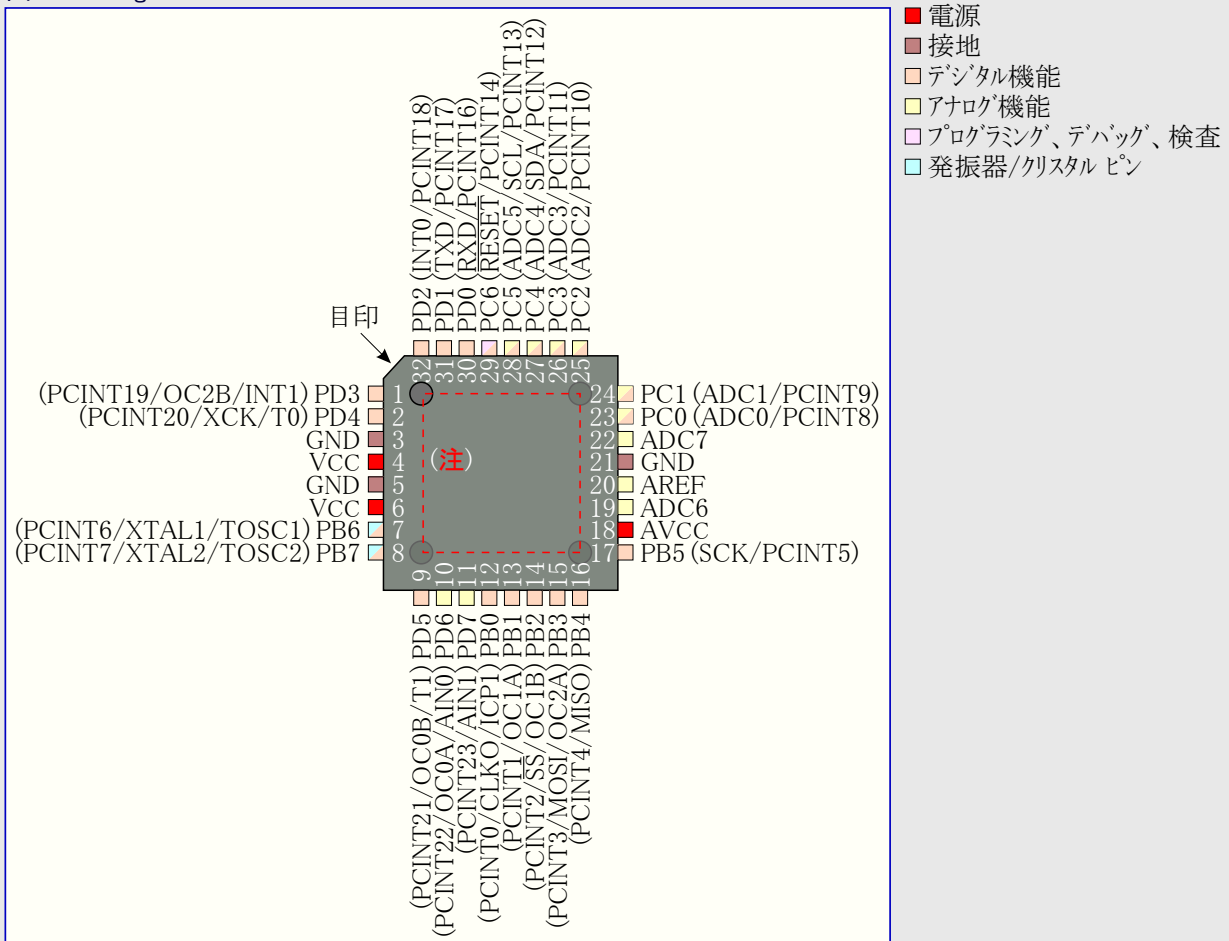
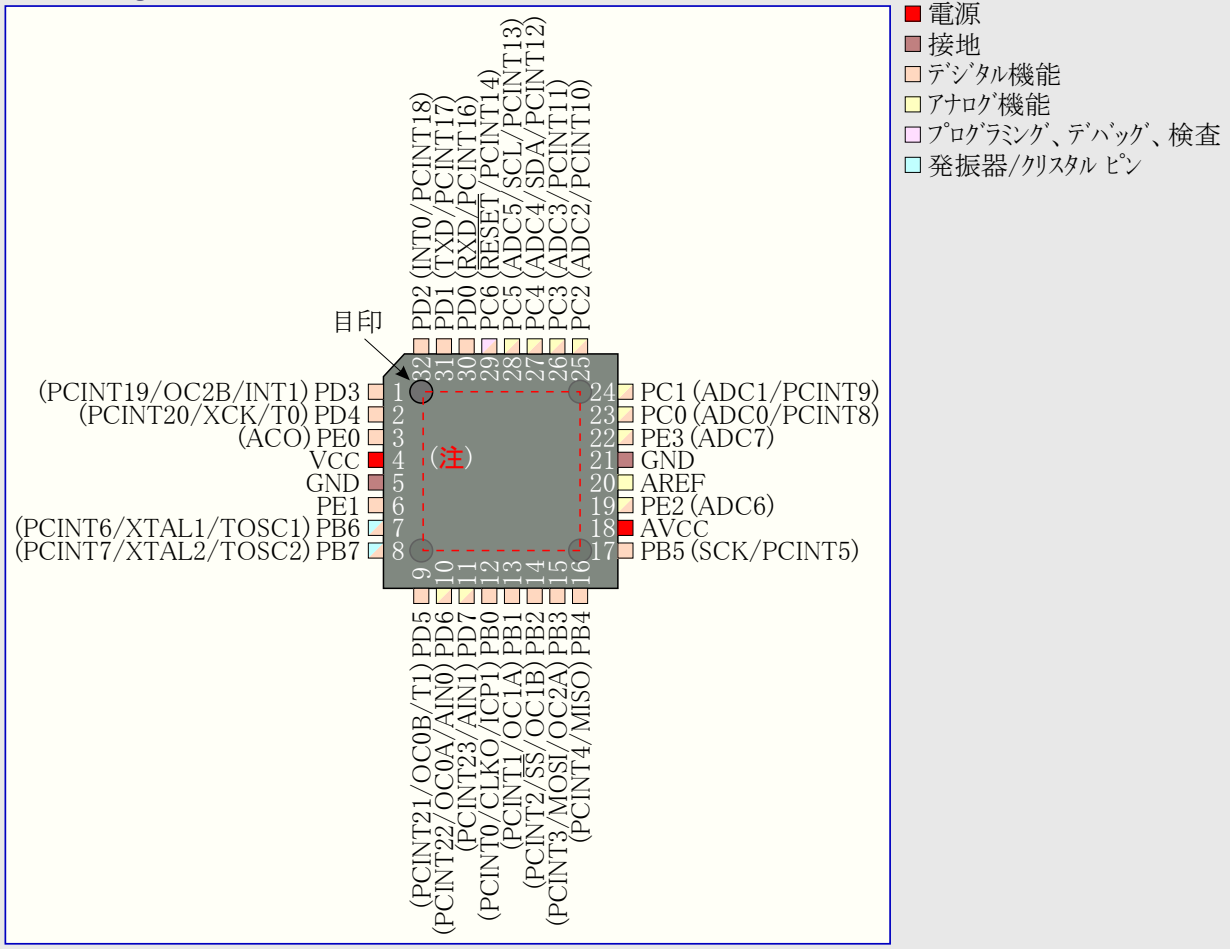


図1-2. Tmega48PB/88PB/168PB - 32ピンTQFP



GPIOピンのPE2とPE3が19番ピンと22番ピンに追加されます。PE2とPE3はADC6とADC7と多重化されます。3番ピン(GND)と6番ピン(VCC)は各々PE0とPE1によって置き換えられます。PE0はACOと多重化されます。

表1-1. ピン機能の違い

32ピン外周器	ATmega48P/88P/168P	ATmega48PB/88PB/168PB
3番ピン	GND	PE0/ACO
6番ピン	VCC	PE1
19番ピン	ADC6	PE2/ADC6
22番ピン	ADC7	PE3/ADC7

**注意** ATmega48PB/88PB/168PBデバイスをATmega48P/88P/168Pに対する完全互換品として使用するには以下の条件が合致しなればなりません。

- ・ 3番ピン - GNDに接続される場合、ピンが積極的に駆動されてはならず、ACOが許可されてもなりません。
- ・ 6番ピン - VCCに接続される場合、ピンが積極的に駆動されてはなりません。

### 1.3. 交換ピン形態設定

交換ピン形態設定は次のとおりです。

- ・ ADC7 - ポートEビット3 : PE3
  - ADC7 : PE3はA/D変換チャネル7入力としても使用できます。ADC入力チャネル7はアナログ電源AVCCを使用します。
- ・ ADC6 - ポートEビット2 : PE2
  - ADC6 : PE2はA/D変換チャネル6入力としても使用できます。ADC入力チャネル6はアナログ電源AVCCを使用します。
- ・ なし - ポートEビット1 : PE1
  - 交換機能なし
- ・ ACO - ポートEビット0 : PE0
  - ACO : アナログ比較器出力はPE0と多重化されます。

## 2. コード互換性

ATmega48P/88P/168PはATmega48PB/88PB/168PBとコード互換です。

ATmega48P/88P/168P用に設計されたコードがATmega48PB/88PB/168PBで実行するのを保証するために使用者はデバイスを変更してコードを再コンパイルするのを思い出さなければなりません。

一般的な経験則は予約されたビットがアクセスされる場合に0を書かれるべきであることです。予約されたI/Oメモリアドレスは決して書かれるべきではありません。

### 2.1. 予約されたレジスタの書き込み

コードが偶然に予約されたレジスタを書く場合、Microchipは応用の動きを保証することができません。

本項はATmega48PB/88PB/168PBでATmega48P/88P/168P用に設計されたコードを使用する時に何に注意するかを記述します。誤りによってコードが予約されたレジスタまたはビット位置をアクセスする場合、以前のデバイスは未だ予期したように動くかもしれません。より新しいデバイスではこれらのレジスタやビットが特別な機能を持つかもしれませんが、故に予期せぬ動きが観測され得ます。

ATmega48P/88P/168Pでのレジスタ位置\$4Fは表2-1.で示されるように予約されています。

表2-1. ATmega48P/88P/168Pデータシートから抽出

\$50 (\$30)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0
\$4F (\$2F)	予約								
\$4E (\$2E)	SPDR				SPID7~0 (SPI データレジスタ)				

ATmega48PB/88PB/168PBでのレジスタ位置\$4FはACSR0レジスタです。このレジスタは表2-2.で示されるように3番ピンへのアナログ比較器出力を制御する1ビット、ACOE - アナログ比較器出力許可を含みます。

表2-2. ATmega48PB/88PB/168PBデータシートから抽出

\$50 (\$30)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0
\$4F (\$2F)	ACSR0	-	-	-	-	-	-	-	ACOE
\$4E (\$2E)	SPDR				SPID7~0 (SPI データレジスタ)				

ATmega48PB/88PB/168PBがATmega48P/88P/168Pに対する完全互換品として使用され、ACOが偶然に許可された場合、ACOはGNDに接続されたピンを潜在的に駆動を試みることができ、これは予期せぬ動きを引き起こし得ます。

### 2.2. デバイス部品一括

ATmega48PB/88PB/168PBに対する完全なデバイス支援を保証するには最新の部品一括がインストールされなければなりません。更新部品一括はAtmel Studio 7.0の最新版に含まれ、または必要とされる場合に手動でダウンロードすることができます。

- Atmel Studio 7.0のツールバーで、Tools(ツール)⇒Device Pack Manager(デバイス一括管理部)をクリックしてください。Device Pack ManagerウィンドウでATmega\_DFP下の最新版をクリックして選択し、その後にInstall(インストール⇒Install Selected Packs(選択一括をインストール)をクリックしてください。
- [代替] <http://packs.download.atmel.com/>へ行き、最新のAtmel ATmega Series Device Support(Atmel ATmega系デバイス支援)をダウンロードしてください。ダウンロードしたファイルをインストールしてください。

## 3. 協調体制

AVR®製品用の協調体制はAtmel Studio 7統合開発環境、AVR用ツールチェーン、書き込み器、デバッグ、開始キットを含みます。

### 3.1. 統合開発環境

#### 3.1.1. Atmel Studio 7

ATmega48PB/88PB/168PBはAtmelマイクロコントローラ用C/C++とアセンブラコードの開発のための無料IDEであるAtmel Studio 7の最新版で支援されます。

AVR Studio 4はATmega48PB/88PB/168PBを支援しません。

最新のインストーラと使用者の手引き、それと他の関連情報については<http://www.microchip.com/development-tools/atmel-studio-7>へ行ってください。

#### 3.1.2. IAR

ATmega48PB/88PB/168PBは8ビットAVRに対して利用可能な商用C/C++コンパイラであるAtmel AVR®用IAR Embedded Workbench®で支援されます。IAR™の使用者は現在インストールされているそれらの版がATmega48PB/88PB/168PBを支援するのを保証しなければなりません。

それらのウェブサイト: <https://www.iar.com/iar-embedded-workbench/partners/atmel/>から利用可能な30日評価版だけでなく4KBコード量制限の始めて版もあります。

## 3.2. 開発ツール

ATmega48PB/88PB/168PBに対して以下の開発ツールが推奨されます。

- Atmel-ICE

ATmega48PB/88PB/168PBも支援する他の旧ツール

- AVR Dragon
- AVR One!
- AVRISP mk II
- JTAGICE mk II
- JTAGICE3
- Power Debugger
- QT600
- STK500
- STK600
- シミュレータ
- mEDBG

Atmel Studio 7で望むツールを更新するにはAtmel Studio 7のツールバーでTools(ツール)⇒Device Programming(デバイスプログラミング)をクリックしてください。デバイスプログラミングが開いたなら、望むツール、デバイス、インターフェースを選択し、その後にApply(適用)をクリックしてください。そのツールがより古いファームウェア版なら、Atmel Studioはツールのファームウェア版を更新するようにあなたに指示を出します。

別の方法: Atmel StudioのツールバーでView(表示)⇒Available Atmel Tools(利用可能なAtmelツール)をクリックしてください。利用可能なAtmelツールウィンドウに於いて(目的)ツール上で右クリックして「ドロップダウンメニュー」でUpgrade...(更新)を選んでください。

## 4. 新機能

本章はATmega48P/88P/168Pと比較してATmega48PB/88PB/168PBで強化または追加された機能を要約します。

- USARTのフレーム開始検出が全ての休止動作で利用可能です。
- アナログ比較器出力がピンで利用可能です。(このピンはPE0と多重化されます。)
- 通番(固有デバイスID)

### 4.1. USART

USARTフレーム開始検出はそれが開始ビットを検出した時に全ての休止動作からATmega48PB/88PB/168PBを起こすことができます。

RxDピンでHighからLowへの遷移が検出されると、内部8MHz発振器が電源投入されてUSARTクロックが許可されます。始動後、ボーレートが内部8MHz発振器始動時間に比べて充分遅い場合にデータフレームの残りを受信することができます。内部8MHz発振器の始動時間は供給電圧と温度で変わります。

USARTフレーム開始検出は非同期と同期の両動作で動きます。これはフレーム開始検出許可(SFDE)ビットに(1)を書くことによって許可されます。USART開始割り込み許可(RXSIE)ビットが設定(1)される場合、開始が検出された時に直ちにUSART受信開始割り込みが生成されます。

開始割り込みなしでこの機能を使用すると、フレームを受信しつつある間に開始検出論理回路が内部8MHz発振器とUSARTクロックを活性にするだけです。他のクロックは受信完了割り込みがMCUを起こすまで停止に留まります。

同期動作での最大ボーレートはデバイスが以下のように起こされる休止動作に依存します。

- アイドル休止動作 : 4分周したシステムクロック周波数
- スタンバイまたはパワーダウン : 500kbps

非同期での最大ボーレートはデバイスが以下のように起こされる休止動作に依存します。

- アイドル休止動作 : 活動動作と同じ

表4-1. 標準速動作での最大総ボーレート誤差

ボーレート	フレームの大きさ					
	5ビット	6ビット	7ビット	8ビット	9ビット	10ビット
0~28.8kbps	+6.67~-5.88	+5.79~-5.08	+5.11~-4.48	+4.58~-4.00	+4.14~-3.61	+3.78~-3.30
38.4kbps	+6.63~-5.88	+5.75~-5.08	+5.08~-4.48	+4.55~-4.00	+4.12~-3.61	+3.76~-3.30
57.6kbps	+6.10~-5.88	+5.30~-5.08	+4.69~-4.48	+4.20~-4.00	+3.80~-3.61	+3.47~-3.30
76.8kbps	+5.59~-5.88	+4.85~-5.08	+4.29~-4.48	+3.85~-4.00	+3.48~-3.61	+3.18~-3.30
115.2kbps	+4.57~-5.88	+3.97~-5.08	+3.51~-4.48	+3.15~-4.00	+2.86~-3.61	+2.61~-3.30

表4-2. 倍速動作での最大総ボーレート誤差

ボーレート	フレームの大きさ					
	5ビット	6ビット	7ビット	8ビット	9ビット	10ビット
0~57.6kbps	+5.66~-4.00	+4.92~-3.45	+4.35~-3.03	+3.90~-2.70	+3.53~-2.44	+3.23~-2.22
76.8kbps	+5.59~-4.00	+4.85~-3.45	+4.29~-3.03	+3.85~-2.70	+3.48~-2.44	+3.18~-2.22
115.2kbps	+4.57~-4.00	+3.97~-3.45	+3.51~-3.03	+3.15~-2.70	+2.86~-2.44	+2.61~-2.22

## 4.2. アナログ比較器

アナログ比較器制御/状態レジスタ0(ACSR0)でアナログ比較器出力許可(AOCE)が'1'を書かれた場合、アナログ比較器出力(ACO)をPE0に接続することができます。

## 4.3. 通番

各ATmega48PB/88PB/168PBは各デバイスを個別に識別するのに使用することができる(固有デバイスIDとも呼ばれる)統合された通番を持ちます。

通番情報を得るには2つの手法があります。

1つの方法はソフトウェアから識別列を読むことです。詳細な情報については最新のデータシートで「ソフトウェアからの識別列読み出し」項を参照してください。

**注:** 通番がいくつかのデバイスシステムに渡って使用される場合、通番にデバイス識別バイトも含められるべきです。通番を12バイト数値に拡張します。

ATmega48PB/88PB/168PBの通番がI/OレジスタのSNOBRxを通してアクセスすることができるため、別の方法は\$F0~\$F8のI/Oアドレスを読むことです。通番はこれらの読み込み専用レジスタから読み出される9ビットの連結から作られます。より多くの詳細については「SNOBRx - 通番バイト8~0」副項をご覧ください。

通番読み出し方法の例が下で与えられます。

### Cコード例

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

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

表4-3. 識別列アドレス指定

識別バイト	Zポイントアドレス
デバイス識別バイト 1	\$0000
デバイス識別バイト 2	\$0002
デバイス識別バイト 3	\$0004
RC発振器校正值	\$0001
通番バイト 1	\$000E
通番バイト 0	\$000F
通番バイト 3	\$0010
通番バイト 2	\$0011
通番バイト 5	\$0012
通番バイト 4	\$0013
通番バイト 6	\$0015
通番バイト 7	\$0016
通番バイト 8	\$0017

### 4.3.1. SNOBRx - 通番バイト8~0

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0		
(\$F8)									通番バイト5	SNOBR5
(\$F7)									通番バイト4	SNOBR4
(\$F6)									通番バイト3	SNOBR3
(\$F5)									通番バイト2	SNOBR2
(\$F4)									通番バイト1	SNOBR1
(\$F3)									通番バイト0	SNOBR0
(\$F2)									通番バイト6	SNOBR6
(\$F1)									通番バイト7	SNOBR7
(\$F0)									通番バイト8	SNOBR8
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R		
初期値									通番バイト値	



## 5. 更新された機能

### 5.1. 識票バイト

全てのAVRマイクロ コントローラはデバイスを確認する3バイトの識票符号を持ちます。この符号は直列と並列の両プログラミング動作で、またデバイスが施錠されている時でも読むことができます。この3バイトは分離されたアドレス空間に存在します。デバイスの識票バイトに対して、ATmega48P/88P/168PとATmega48PB/88PB/168PB間に違いがあり、より多くの詳細については右表をご覧ください。

表5-1. デバイスの識別番号(ID)

部品番号	識票バイト アドレス		
	\$0000	\$0001	\$0002
ATmega48P/PV	\$1E	\$92	\$0A
ATmega48PB	\$1E	\$92	\$10
ATmega88P/PV	\$1E	\$94	\$0F
ATmega88PB	\$1E	\$93	\$16
ATmega168P/PV	\$1E	\$94	\$0B
ATmega168PB	\$1E	\$94	\$15

### 5.2. 全振幅発振器

ATmega48P/88P/168Pデバイスはクロック元としてフラッシュ ヒューズを形態設定することによって選ぶことができるクリスタル用全振幅発振器を含みます。新しいATmega48PB/88PB/168PBではクリスタル用全振幅発振器が削除されます。デバイスのデータシートで「クロック元」項を参照してください。

表5-2. ATmega48PB/88PB/168PBで削除された全振幅発振器

デバイス機能	ATmega48P/88P/168P	ATmega48PB/88PB/168PB
クリスタル用全振幅発振器	○	×

### 5.3. 特性

本項は電氣的及び代表的な特性での最も大きな変化を比べます。殆どの更新と他の数値について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ここで見つけることができます。

- ATmega48PB/88PB/168PB – <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega168pb>
- ATmega48P/88P/168P – <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega168p>

表5-3. ヒューズ、フラッシュ、EEPROM次位置書き込み前の代表的な待ち時間

シンボル	ATmega48P/88P/168P	ATmega48PB/88PB/168PB	単位
tWD_FUSE	–	4.5	ms
tWD_FLASH	4.5	2.6	
tWD_EEPROM	3.6	3.6	
tWD_ERASE	9.0	10.5	

(訳注) 表5-3.でのATmega48P/88P/168Pの各値はtWD\_EEPROMを除いてデータシートの値と異なります。データシート上はATmega48P/88P/168PとATmega48PB/88PB/168PBで違いはありません。



## 6. 追加の読み物と関連資料

- AVR095 : ATmega48,ATmega88,ATmega168間の移植
- AVR512 : ATmega48/88/168からATmega48P/88P/168Pへの移植
- AVR528 : ATmega48P/88P/168PからATmega48PA/88PA/168PAへの移植
- AVR532 : ATmega48/88/168からATmega48A/88A/168Aへの移植
- AN2519 : AVR@マイクロ コントローラ ハードウェア設計の考察
- AT12615 : ATmega48PB/88PB/168PBでの開始に際して
- AVR040 : 電磁適合性(EMC)設計の考察
- AVR053 : tinyAVRとmegaAVR用内蔵RC発振器校正
- AVR140 : LIN応用のためのATmega48/88/168系列内蔵RC発振器の走行時校正
- AVR910 : 実装書き込み(ISP)
- AVR4013 : picoPower基礎
- AVR4100 : AVRマイクロ コントローラ用32kHzクリスタルの選択と試験
- AVR42787 : AVRソフトウェア使用者の手引き

付加的な資料はここ(<http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega168pb>または[www.microchip.com](http://www.microchip.com)の我々のウェブページ)で見つけることができます。

## 7. 改訂履歴

資料改訂	日付	注釈
A	2017年12月	初版資料公開

## 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用されます。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用される時に、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用さ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製品を使用することが必要です。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った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ありません。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、Microchipロゴ、AnyRate、AVR、AVRロゴ、AVR Freaks、BeaconThings、BitCloud、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、RightTouch、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、chipKIT、chipKITロゴ、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNetロゴ、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certifiedロゴ、MPLAB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PureSilicon、QMatrix、RightTouchロゴ、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。

© 2017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 2018.

本応用記述はMicrochipのAN2604応用記述(DS00002604A-2017年12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。



**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>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>ホストン</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	<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 - 香港特別行政区</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: 47-7289-7561 <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