

---

---

## 8ビットのPIC®とAVR®のマイクロ コントローラでのアナログ応用

---

---

### 序説

著者: Robert Perkel, Microchip Technology Inc.

マイクロ コントローラの最良の恩恵の1つはCPUの性能を改善し、消費電力を減らし、デバイスに新しい能力を追加する、コアから独立した周辺機能(CIP:Core Independent Peripherals)です。CIPでの進歩はチップ上の演算増幅器(OPA/OPAMP)、A/D変換器(ADC)、D/A変換器(DAC)でのアナログ領域での統合をマイクロ コントローラに許しました。個別素子がより高いアナログ性能を提供する一方で、統合されたアナログCIPは走行時構成設定、減らされた部品数とより小さな設計面積を提供します。この文書はマイクロ コントローラでのアナログ信号の生成や利用に対するいくつかの可能な方法を示します。

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. 演算増幅器(OPA/OPAMP)での信号の緩衝と尺度調整	3
1.1. 例: OPAMPでの信号尺度調整	3
2. 複数電圧入出力(MVIO)給電	4
2.1. 実演: パルス振幅変調	4
2.2. 例: OPAMPでの信号尺度調整	4
3. パルス幅変調(PWM)でのアナログ信号生成	5
4. 外部部品なしでのVDD測定	5
5. 電源と電池の測定	6
6. 改訂履歴	6
Microchipウェブサイト	7
製品変更通知サービス	7
お客様支援	7
Microchipデバイスコード保護機能	7
法的通知	7
商標	8
品質管理システム	8
世界的な販売とサービス	9

## 1. 演算増幅器(OPA/OPAMP)での信号の緩衝と尺度調整

内部演算増幅器周辺機能に対する最も一般的な使用事例の1つは信号分解能やADC採取時間を改善するために入力信号を緩衝したり、尺度調整することです。(これは入力信号のインピーダンスがOPAMPの出力インピーダンスよりも高いと仮定します。) 信号分解能は入力信号をADCの測定範囲に対して動的に尺度調整するように内部梯子型抵抗と共に演算増幅器(OPA/OPAMP)を使うことによって改善することができます。この構成設定ではOPAMPがADCに対する設定可能な利得増幅器(PGA:Programmable Gain Amplifier)のように働きます。

**注:** 内部梯子型抵抗は選ばれたPICとAVRのマイクロコントローラで利用可能です。

OPAMPは入力信号を測定するのに必要とされる採取時間を減らすのにも使うことができます。OPAMPなしで、高インピーダンス入力信号はADC内部の採取/保持(S/H)コンデンサを直接充電しなければなりません。これは必要とする信号採取時間を増やし、信号の負担にします。しかし、OPAMP緩衝部で、S/Hコンデンサは容量性負荷から入力も分離すると同時に素早く充電されます。OPAMP緩衝部の入力は負荷から入力を守る高インピーダンスであると同時に出力はS/Hコンデンサを素早く充電するために低インピーダンスです。

**注:** OPAMPの回路の入力インピーダンスが信号の負荷になるかもしれないOPAMP自身の入力インピーダンス(例えば、反転増幅器構成設定)よりもっと低いOPAMPの構成設定があります。これは利得1や非反転の増幅器の構成設定では起きません。

### 1.1. 例: OPAMPでの信号尺度調整

支援デバイス: PIC18F16Q41、AVR128DB48

これら2つのコード例ではADCに対するPGAを実装するのに統合されたOPAMPの1つが使われます。マイクロコントローラは休止動作の間にADCから試料を採取します。

PGAの利得は使用者によって設定されます。Curiosity Nano上の釦が押される時毎に最大16まで利得が増されます。一旦最大利得に達すると、利得は1(利得1)にリセットされます。

周期的にマイクロコントローラが休止から起き上がり、その後にMPLAB®データ可視器(Data Visualizer)のような端末にPGAの現在の値と測定した値を出力します。

図1-1. 実演からのUART出力

Current Gain: 1	現在の利得: 1
Measured: 0.200V	測定: 0.200V
New Gain: 1.07	新しい利得: 1.07
Current Gain: 1.07	
Measured: 0.213V	
New Gain: 1.14	
Current Gain: 1.14	
Measured: 0.228V	
New Gain: 1.33	
Current Gain: 1.33	
Measured: 0.265V	
New Gain: 2	
Current Gain: 2	
Measured: 0.399V	
New Gain: 2.67	
Current Gain: 2.67	
Measured: 0.531V	

#### 1.1.1. ソースコード

- PIC18F16Q41: <https://github.com/microchip-pic-avr-examples/pic18f16q41-analog-demo-mplab-mcc>
- AVR128DB48: <https://github.com/microchip-pic-avr-examples/avr128db48-analog-demo-mplab-mcc>

## 2. 複数電圧入出力(MVIO)給電

複数電圧入出力(MVIO:Multi-Voltage I/O)はマイクロコントローラの残りと違う電圧基準で動くことを入出力部に許す、いくつかのデバイスでの機能です。例として、これは1.8V論理回路と整合することを3.3Vのマイクロコントローラに、または5Vの装置と整合することを3.3Vのマイクロコントローラに許します。

MVIOを使うための要件の1つはMVIOポートがポートによって使われる電圧基準で供給されなければならないことです。これは専用の電力線から入手することができ、代わりに、マイクロコントローラのOPAMPを使って内部的に生成することもできます。

**注:** 専用電源を通してMVIOに給電することが最も電力効率的です。けれども組み込みOPAMPは追加の設計領域や部品を必要としません。

MVIOポートの最大出力電流はOPAMPの最大出力電流によって制限され、これはMVIO供給のそれ以上となるマイクロコントローラの動作電圧を必要とします。けれども、それは多くの応用に対して相応です。

OPAMPの出力を設定するのに以下の3つの方法があります。

- D/A変換器 (DAC)
- (選ばれたデバイスで利用可能な)内部梯子型抵抗
- 外部参照基準

1つ目の方法はチップ上のDACを使うことです。DAC周辺機能は必要な電圧基準に設定することができます。DACの精度を改善するためにチップ上の電圧参照基準を使うことができます。

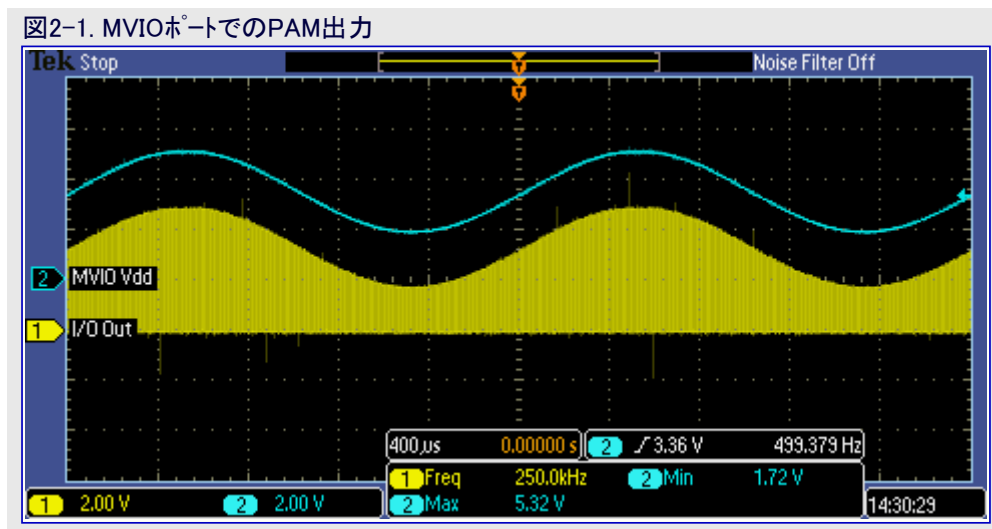
2つ目の方法は内部梯子型抵抗で出力基準を生成することです。通常、内部梯子型抵抗はOPAMPの帰還網の一部として使われます。けれども、この梯子型抵抗は出力基準を設定するための分圧器として使うこともできます。OPAMPは梯子型抵抗の出力を緩衝するための利得1動作で動くように設定されます。

3つ目の方法は外部参照基準を使うことです。OPAMPが高入力インピーダンスを持つため、参照基準は簡単な抵抗分圧器やマイクロコントローラの外側の外部DACからにすることができます。

### 2.1. 実演: パルス振幅変調

支援デバイス: AVR128DB48

この実演はMVIOポートでパルス振幅変調(PAM:Pulse Amplitude Modulation)された波形を生成することによるMVIOの広い動作範囲を示します。AVR DBのDACは変化する波形を合成するのに使われる一方で、統合されたOPAMPは緩衝してMVIO母線に供給します。これはアナログ変調でのデジタル波形になります。実演目的のため、示された波形は正弦波と混合された(50%デューティサイクルでの)250kHz PWM出力です。



#### 2.1.1. ソースコード

- AVR128DB48: <https://github.com/microchip-pic-avr-examples/avr128db48-pam-generator-mplab>

## 2.2. 例: OPAMPでの信号尺度調整

支援デバイス: AVR128DB48

この例はOPAMPの電圧出力を設定するための3つの方法とADCでMVIOを監視/測定する方法を示します。

#### 2.2.1. ソースコード

- AVR128DB48: <https://github.com/microchip-pic-avr-examples/avr128db48-using-opamp-as-a-regulated-power-supply>

### 3. パルス幅変調(PWM)でのアナログ信号生成

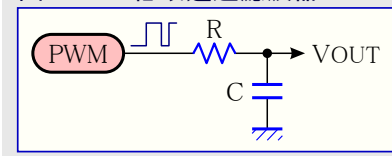
殆どのマイクロコントローラに於いて、デバイス内の内部DAC数は制限されています。マイクロコントローラでアナログ信号を生成する代替方法はPWM出力でRC濾波器を使うことです。殆どのマイクロコントローラはPWMを生成することができるいくつかの専用ハードウェアの形式を持ちます。RC濾波器の出力電圧はPWMのデューティサイクルに比例します。図3-1.は入出力ピンからのRC濾波器接続を示します。

**注:** これは濾波器の出力での負荷が無視できるほどと仮定します。負荷が重い場合、もっと複雑な分析が必要とされます。より鋭い応答のため、濾波器の複数段接続が性能を改善します。

アナログ出力を生成するには考慮すべき以下の4つの変数があります。

- (PWMの)周波数
- (PWMの)デューティサイクル
- 抵抗(R)値
- 容量(C)値

図3-1. RC低域通過濾波器



これらの変数の各々がアナログ出力の応答と性能に影響を与えます。例えば、周波数は細動(リップル)に影響を与えます。周波数が低すぎる場合、コンデンサは過充電と過放電のために高い出力細動を持ちます。しかし、周波数が高すぎる場合、PWMの分解能が低下されます。

初めに、濾波器に対する抵抗とコンデンサを選んでください。濾波器に使われるコンデンサは次の2つの理由のため、小さく保たれるべきです。1つ目、大きなコンデンサはより小さなコンデンサよりも大きなPCB領域を取ります。2つ目、大きく充電されるコンデンサは入出力ピンのESD保護ダイオードを通してマイクロコントローラに給電し得て、普通でないリセットの動きや障害を引き起こします。濾波器コンデンサが出力電圧での変化で安定するのを保証するため、X7RやC0Gのような高安定誘電体の使用が推奨されます。

この例は濾波器を実装するのにR=10kΩとC=0.1μFを使います。

$$f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi RC}$$

出力細動(リップル)量を減らすため、PWM周波数は-3dB点よりもはるかに高くすべきです。一般的な指針として、これは周波数で最低10倍より高いことを意味します。例の値(R=10kΩとC=0.1μF)で、-3dB点は約159Hzを算出します。1.6kHzでのPWM出力作成は基本的要件を満たしますが、細動は周波数と共に大きく減らします。より高い周波数出力が利用可能、または生成に対してもっと最適な場合、代わりにより高い周波数任意選択が使われるべきです。

考慮する最後の変数は下で示されるように、マイクロコントローラへの電源に対して望まれる出力電圧に比例的に関係するデューティサイクル(DC)です。

$$V_{OUT} = DC \times V_{DD}$$

ここでVOUTは濾波器の出力で、DCは(%での)デューティサイクル、VDDはマイクロコントローラへの電源です。

### 4. 外部部品なしでのVDD測定

いくつかのPIC® MCUのデバイス情報領域(DIA:Device Information Area)を使うと、どの外部部品もなしにマイクロコントローラの動作電圧を測定することが可能です。

**注:** AVR® MCUやDIA領域なしデバイスに対する代替方法について「5. 電源と電池の測定」をご覧ください。

DIA領域の中身は工場測定された固定電圧参照基準(FVR:Fixed Voltage Reference)の値です。電圧参照基準として電源(VDD)を使い、ADCでFVRを測定することにより、VDDの値を計算することが可能です。

そうするには、

1. 参照基準としてVDDを使うようにADCを設定してください。
2. ADC入力としてFVRを選んでください。
3. 試料を採取してください。
4. FVR設定と関連付けるDIA領域を読んでください。
5. 次式でVDDを解いてください。

$$\frac{DIA \ll N}{MEASURED} = VDD \text{ (mV)}$$

ここでDIAは参照表からの値で、NはADCの分解能、MEASUREDはADCからの結果です。

## 5. 電源と電池の測定

電源と電池を測定する別の方法は分圧器を使うことです。最も簡単な方法は図5-1.で示されるように、供給をADCの測定範囲内の値に分割するのに2つの抵抗を使うことです。

**注:** 絶対最大定格を超える供給を測定する場合、(ツェナーダイオードのような)安全動作分流通調整器や定電流溶断抵抗(R1)がある程度の保護を提供することができます。保護網は製品で使われる前に各応用に対して評価して検査されなければなりません。

図5-1.で示された回路を改良する1つの方法はR2に渡ってコンデンサを追加することです。コンデンサが正しい大きさ(容量)にされたなら、信号採取時間をかなり減らすことができます。けれども、これはコンデンサが変換間で充電/放電するための時間を必要とするため、採取速度を制限します。この技法はMicrochip応用記述AN4225「信号最大化: 正しいアナログ信号採取のための助言と裏技」(DS00004225A)で更に検討されます。

分圧器の僅かにもっと高度な版は必要とされない時に分割網を停止するために小さなNMOS FETを組み込みます。けれども、NMOS FETは代わりに開放ドレイン入出力ピンに置き換えることができます。この回路はADCに対して供給元インピーダンスを下げるより低い値の抵抗の分割網を使うことによってより速い採取時間に使うことができます。NMOS FETまたは入出力ピンの抵抗のため少量の誤差が追加されます。

**注:** この回路はマイクロコントローラの供給以下の電源でだけ使うことができます。

高インピーダンス分割網に対して採取時間を改善するため、出力を緩衝するのにOPAMPを使うことができます(「1. 演算増幅器(OPA/OPAMP)での信号の緩衝と尺度調整」をご覧ください)。

図5-1. 簡単な分圧器回路

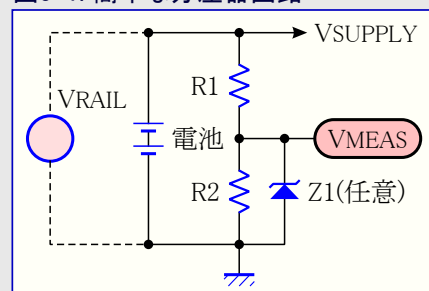


図5-2. ON/OFF付き分圧器

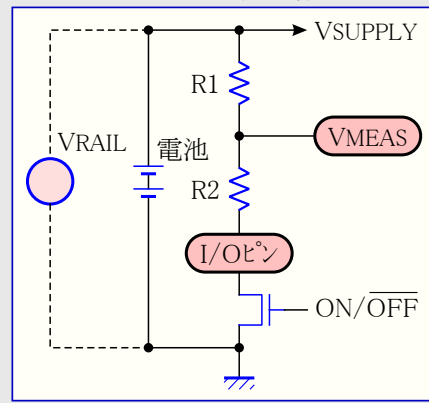
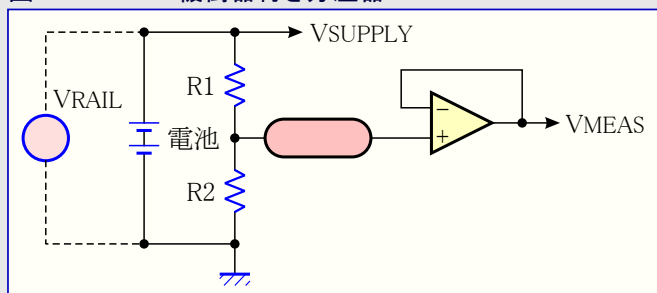


図5-3. OPAMP緩衝器付き分圧器



## 6. 改訂履歴

改訂	日付	注釈
A	2022年2月	初版文書公開



---

## Microchipウェブ サイト

---

Microchipは[www.microchip.com/](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[www.microchip.com/pcn](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[www.microchip.com/support](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製品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は動作仕様内で意図した方法と通常条件下で使われる時に、その製品系統が安全であると考えます。
- Microchipはその知的所有権を尊重し、積極的に保護します。Microchip製品のコード保護機能を侵害する試みは固く禁じられ、デジタルシリアム著作権法に違反するかもしれません。
- Microchipや他のどの半導体製造業者もそのコードの安全を保証することはできません。コード保護は製品が”破ることができない”ことを当社が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。

---

## 法的通知

---

この刊行物と契約での情報は設計、試験、応用とのMicrochip製品の統合を含め、Microchip製品でだけ使えます。他の何れの方法でのこの情報の使用はこれらの条件に違反します。デバイス応用などに関す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。追加支援については最寄りのMicrochip営業所にお問い合わせ頂くか、[www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-support-services](http://www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-support-services)で追加支援を得てください。

この情報はMicrochipによって「現状そのまま」で提供されます。Microchipは非侵害、商品性、特定目的に対する適合性の何れの黙示的保証やその条件、品質、性能に関する保証を含め、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。

如何なる場合においても、Microchipは情報またはその使用に関連するあらゆる種類の間接的、特別的、懲罰的、偶発的または結果的な損失、損害、費用または経費に対して責任を負わないものとします。法律で認められている最大限の範囲で、情報またはその使用に関連する全ての請求に対するMicrochipの全責任は、もしあれば、情報のためにMicrochipへ直接支払った料金を超えないものとします。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、Adaptec、AnyRate、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、Super Flash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、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。

AgileSwitch、APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Flashtec、Hyper Speed Control、Hyper Light Load、IntelliMOS、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plusロゴ、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、TrueTime、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、Augmented Switching、BlueSky、BodyCom、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、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、Knob-on-Display、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certifiedロゴ、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、NVM Express、NVMe、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simpleMAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SmartHLS、SMART-I.S.、storClad、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、VectorBlox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect、and 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、Trusted Time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。

© 2022年、Microchip Technology Incorporatedとその子会社、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[www.microchip.com/quality](http://www.microchip.com/quality)を訪ねてください。

日本語© HERO 2022.

本技術概説はMicrochipのTB3309技術概説(DS90003309A-2022年2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
<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">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>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	<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: 45-4485-5910 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 - ガルヒング</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: 49-7131-72400 <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 - デルフト</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