

序説

著者: Bogdan Mariniuc. Microchip Technology Inc.

この応用記述はステッピング電動機を駆動する方法を記述します。電動機は電氣的なエネルギーを機械的なエネルギーに変換する機械です。殆どの電動機は電動機の磁界と巻き線での電氣的な電流間の相互作用を通して動作し、電動機の軸に印加されるトルクの形で力を生成します。

ステッピング電動機は(小さな)離散段階で動くDC電動機です。これは同期、ブラシレスで、デジタル的に制御する段階位置によって位置と速度を正確に制御することができます。

ステッピング電動機は以下のような様々な利点を持ちます。

- 精度：ステッピング電動機は(小さな)離散段階で移動し、正確な位置と移動の再現性を許します。
- 低速での高トルク：他の電動機と異なり、ステッピング電動機は低速で高トルクを配給することができ、正確な速度と位置の制御を必要とする応用に対して理想的にします。
- 開路制御：ステッピング電動機は予測可能な段階で動くため、帰還感知器なしで制御することができます。
- 安価：ステッピング電動機は同じ定格電力のサーボ電動機よりも一般的に安価です。
- 簡単な使い方：ステッピング電動機は他の形式の電動機よりも使用とプログラムが容易です。
- 高信頼性：その簡素さのため、ステッピング電動機は非常に信頼性があり、長寿命です。

この応用記述は加速、減速、位置、速度を制御する能力を持つ4つの実演応用コードを持つ制御器を提示します。



MPLAB DISCOVERでコード例を見るにはクリックしてください。

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. 概要	3
1.1. 概要 – AVR® EBシステムマイクロコントローラ	3
1.2. 概要 – TCEとWEX	4
1.3. 概要 – 双極ステップング電動機	5
1.4. 概要 – ステッピング電動機走行動作形態	7
2. 駆動形態	9
2.1. 全段階	9
2.2. 半段階	9
2.3. 極小段階	9
3. 実装	11
3.1. 傾斜	11
3.2. 先行予測電流調整	12
3.3. 実演	12
3.4. 更なる使用事例：2つの双極ステップング電動機	16
4. 結び	17
5. 参照	18
6. 改訂履歴	19
Microchip情報	20
Microchipウェブサイト	20
製品変更通知サービス	20
お客様支援	20
Microchipデバイスコード保護機能	20
法的通知	20
商標	21
品質管理システム	21
世界的な販売とサービス	22

1. 概要

1.1. 概要 – AVR® EBシステムマイクロコントローラ

AVR® EBシステムはAVRの機能に実時間の制御と駆動の機能性を統合します。最新のコアから独立した周辺機能(CIPs:Core Independent Peripherals)を特徴とし、これらのマイクロコントローラ(MCU)はどんな現代的な組み込み設計に対しても有益な自立型処理装置として秀でています。

特徴:

- 機能安全性:
 - 家電製品安全性 – IEC 60730 (等級B)
 - 工業安全性 – IEC 61508 (SIL)
 - 車載安全性 – ISO 26262 (ASIL)
- ハードウェア乗算器を持つ高性能AVR RISC CPU:
 - 最大20MHzで走行
 - 真の書き込み中の読み込み(RWW:Read-While-Write)動作を持つフラッシュメモリ
 - 単一周期入出力アクセス
 - 2段階の割り込み制御器
 - 休止動作形態: アイドル、スタンバイ、パワーダウン
 - 6チャンネル事象システム (EVSYS)
 - 構成設定可能な注文論理回路 (CCL)
 - 単一ピンの統一プログラム/デバッグインターフェース (UPDI)
- アナログ機能:
 - 設定可能な利得増幅器(PGA:Programmable Gain Amplifier)を持つ12ビット差動ADC
 - 内部DAC参照基準を持つ2つのアナログ比較器
- タイマ/カウンタ:
 - 2つの16ビットタイマ/カウンタB型 (TCB)
 - 波形拡張(WEX:Waveform EXtension)を持つ1つの16ビットタイマ/カウンタE型 (TCE)
 - 周波数生成用の1つの24ビットタイマ/カウンタF型 (TCF)
 - 周期的な割り込み制御器(PIT)を持つ1つの16ビット実時間計数器 (RTC)
- 組み込み安全機能:
 - 電源ONリセット (POR)
 - 低電圧検出 (BOD)
 - 電圧水準監視部
 - クロック障害検出 (CFD) (訳注:データシートによるとAVR EB系はCFD機能を持っていません。)
 - 巡回冗長検査(CRC)走査
 - 窓ウォッチドッグタイマ (WWDI)
- 通信:
 - 直列通信インターフェース: USART、SPI、TWI(I²C)

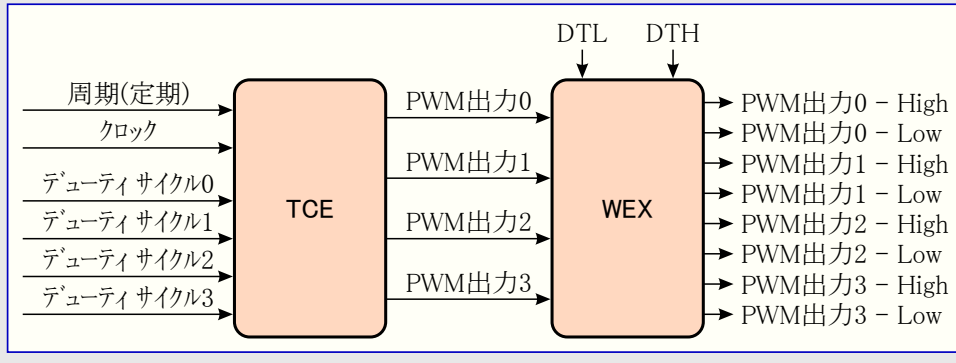
より多くの情報については次の公式ウェブサイトを訪ねてください。

www.microchip.com/en-us/product/AVR16EB32

1.2. 概要 – TCEとWEX

AVR EBで、TCEは沈黙時間を挿入するためにWEXと共に動き、4つの独立した補完PWM出力を生成します。

図1-1. TCEとWEX – 8つのPWMチャンネル出力



1.2.1. TCE – 16ビット タイマ/カウンタ型

柔軟な16ビットPWMは正確なプログラム実行タイミング、周波数と波形の生成、指令実行を提供します。このタイマ/カウンタは基本計数器と比較チャンネルから成ります。クロック周期または事象を計数するのに基本計数器を使うことや、クロック周期計数を命じることを事象に許すことができます。方向制御と周期設定制御は正確なタイミングに使われます。比較一致制御、周波数生成、PWMのために基本計数器と共に比較チャンネルを使うことができます。

タイマ/カウンタは任意選択の前置分周を持つ周辺機能クロックから、または事象システム(EVSYN)からクロック駆動と計時をすることができます。EVSYNは方向制御または動作の同期にも使うことができます。

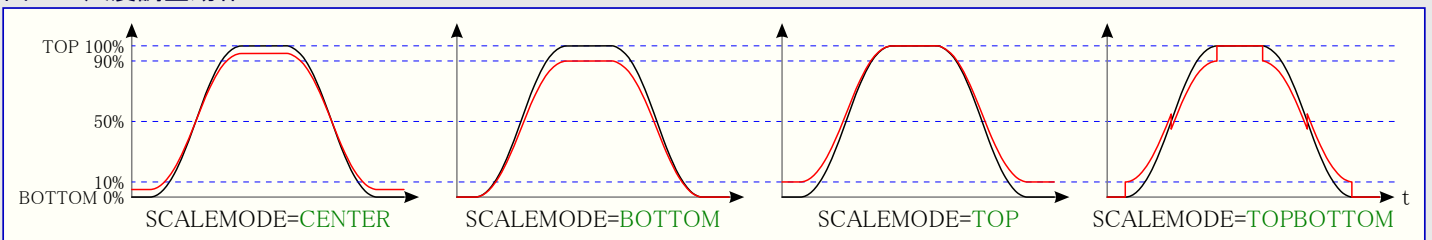
計数器(TCEn.CNT)レジスタ、緩衝(TCEn.PERBUF)レジスタを持つ定期(TCEn.PER)レジスタ、緩衝(TCEn.CMPBUF_n)レジスタを持つ比較(TCEn.CMP_n)レジスタは16ビットレジスタです。全ての緩衝レジスタは緩衝部が新しい値を含む時を示す緩衝有効(BV)フラグを使います。

通常動作の間、計数器の値は計数器がTOPまたはBOTTOMに達したかどうかを判断するために0と定期(PER)と継続的に比較されます。

この計数器はデューティ サイクル分解能を入力クロックの8倍まで増すことができる高分解能任意選択を含みます。計数器値はTCEn.CMP_nレジスタとも比較されます。これらの比較は割り込み要求を生成することができます。波形生成器の動作は波形周期やパルス幅を設定するのにこれらの比較を使います。

尺度調整した書き込みが許可されると、CMP_n/CMP_nBUFに書かれる値は0~1.99間で、下で示されるように、PWM周期の0~100%間のデューティ サイクル範囲を与えます。

図1-2. 尺度調整動作



黒線 – 通常全尺CMP_n書き込み。赤線 – AMPが90%の時のCMP_n値。

1.2.2. WEX – 16ビットTCE用

波形拡張(WEX)は波形生成(WG)動作のタイマ/カウンタに追加の機能を提供します。これは主に各種形式の電動機制御と他の電力制御応用での使用が意図されます。WEXは独立して連続する5つの単位部から成ります。

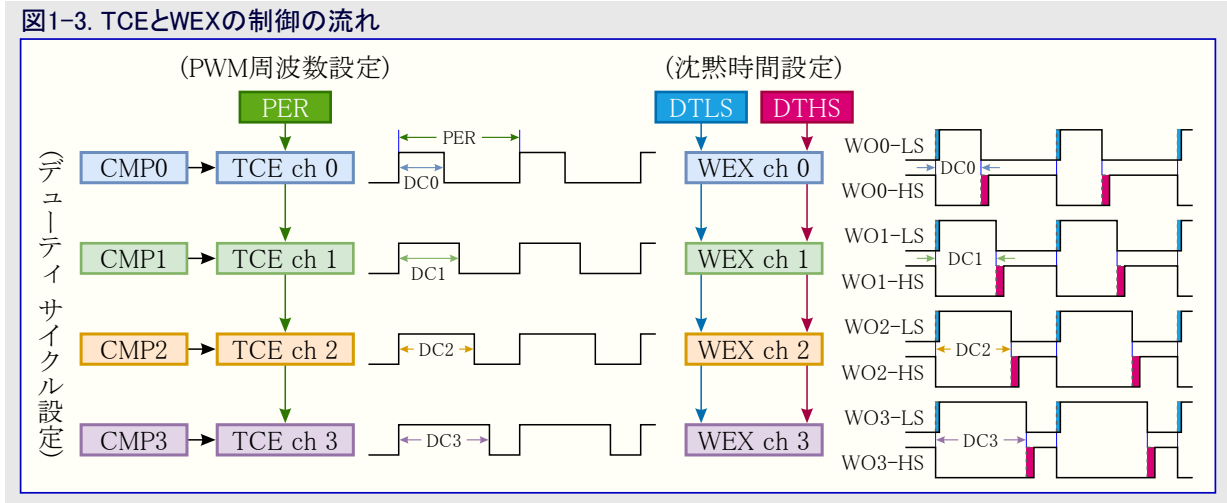
沈黙時間挿入(DTI:Dead Time Insertion)部は波形出力の非反転Low側(LS)と反転High側(HS)がLowであるOFF時間を生成します。このOFF時間は沈黙時間と呼ばれ、沈黙時間挿入部はLSとHSが決して同時に切り替えられないことを保証します。

全てのチャンネルは沈黙時間を制御する相互レジスタを持ちます。High側とLow側は独立した沈黙時間設定を持ち、沈黙時間レジスタは2重緩衝されます。

模様型生成動作(PGM:Pattern Generation Mode)では沈黙時間緩衝部が無効です。PGMがいくつかの出力でだけ許可され、沈黙時間を持つ補完PWMが他の出力で必要とされるような時に、沈黙時間は(緩衝部なしで)データレジスタだけを使って未だ実装することができます。

双極ステップ電動機を駆動するのに4つの半ブリッジチャンネルが必要とされます。各半ブリッジチャンネルは計数器時間で交互で反転される2つのPWM信号で制御されます。

次図は共に動くTCEとWEXを描きます。



応用例については下のリンクを調べてください。

onlinedocs.microchip.com/oxy/GUID-8FB8D192-E8C9-4748-B991-D4D842E01591-en-US-1/index.html

1.3. 概要 - 双極ステップ電動機

電動機は代表的に一群の永久磁石の回転子と強磁性のコアの周りに巻かれた巻き線対で作られた固定子から成ります。双極ステップ電動機の動作は磁界間での吸引力と反発力に基づきます、固定子巻き線に電流を印加時、磁界が発生して回転子と磁氣的に相互作用して力を吐き出します。

理想化して単純化したステップ電動機の回路図:

図1-4. 2つの半ブリッジでの双極ステップ電動機

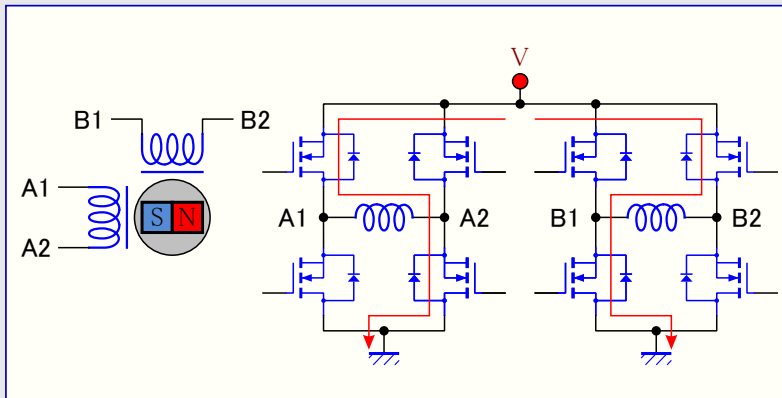
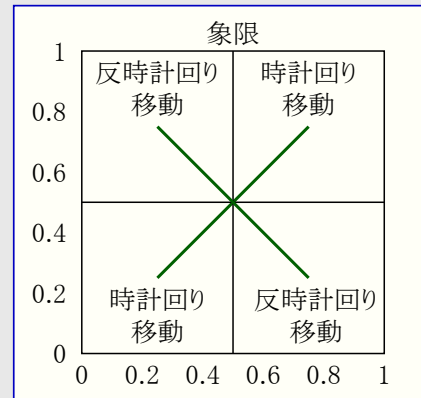


図1-5. ステップ電動機の4つの象限



固定子が可変磁界によって駆動されている場合、可変移動磁界が生じ、変化する磁界に従うように回転子を決め、結果として機械的な移動になります。指示角度の変更は回転方向を逆にします。

図1-6. 象限1

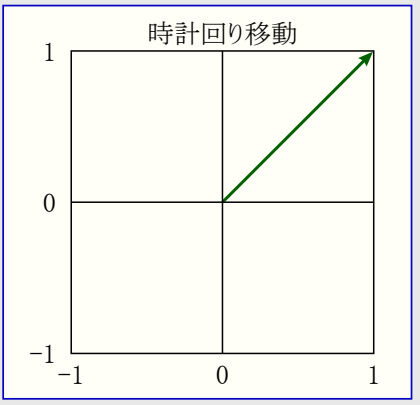


図1-7. 象限1で時計回り回転を許す、巻き線を通る電流の流れ

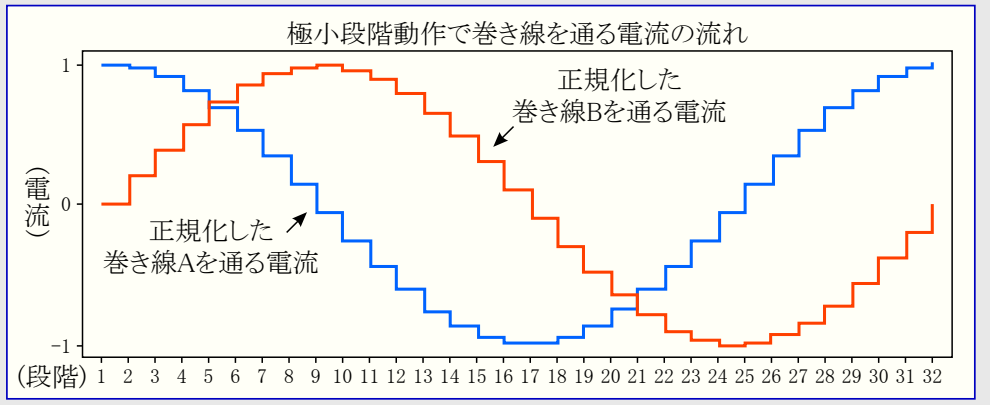


図1-8. 象限2

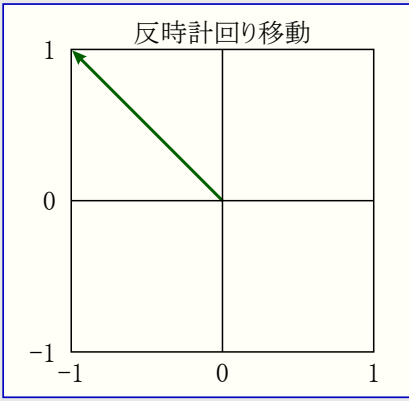


図1-9. 象限2で反時計回り回転を許す、巻き線を通る電流の流れ

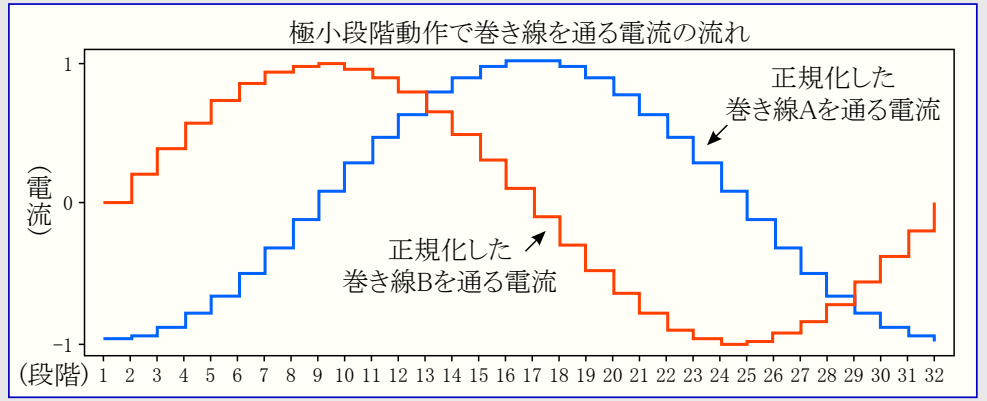


図1-10. 象限3

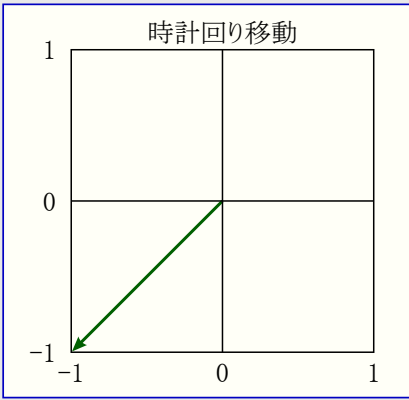


図1-11. 象限3で時計回り回転を許す、巻き線を通る電流の流れ

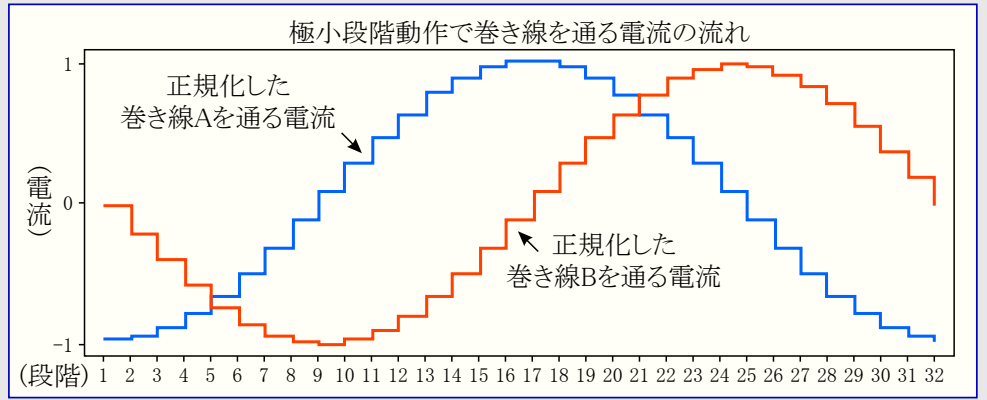


図1-12. 象限4

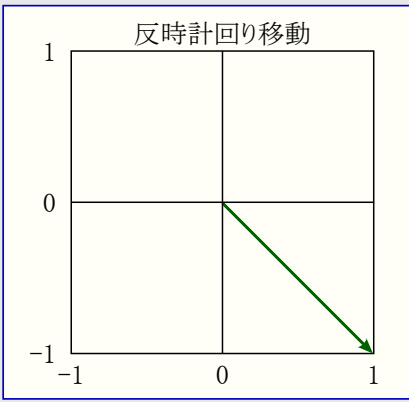
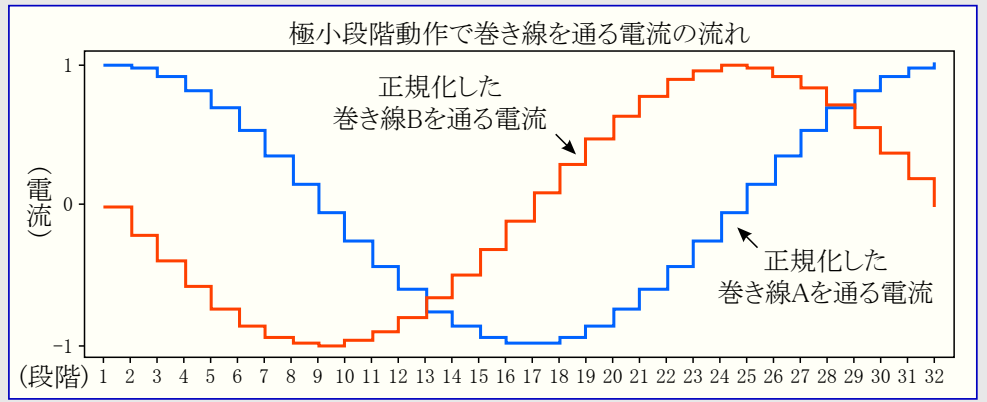


図1-13. 象限4で反時計回り回転を許す、巻き線を通る電流の流れ



電動機のトルクや回転力は次のような様々な要素によって影響を及ぼされます。

- 固定子巻き線に供給される電流の量は磁界とトルクの強さに直接的に影響します。
- 固定子巻き線の数も役割を果たし、より多くの巻き線でより強力な磁界とより多くのトルクを生成します。
- 回転子の設計と材料もトルクに影響を及ぼし、より多くの極を持つ回転子や、高い透磁率を持つ材料での作成で潜在的により多くのトルクを提供します。

この実演用に選んだ電動機は40Ncm(56oz-in)保持トルクで1.8°段階角(200段階/回転)を持つ17HS4401双極ステップing電動機です。

17HS4401ステップing電動機は以下の仕様を持ちます。

- 段階角 : 1.8°
- 保持トルク : 40Ncm (56oz-in)
- 定格電流/相 : 1.7A
- 相抵抗 : 1.5Ω ±10%
- 絶縁抵抗 : 最小100MΩ、500VDC
- 絶縁強度 : 500VAC 1分間

ここは双極ステップング電動機に関連するいくつかの鍵となる式です。

- I (巻き線電流) = トルク(T) × K_t (トルク定数)。トルクは電流とトルク定数(K_t)に直接的に比例します。
- 回転当たりの段階数(SPR) = $360^\circ / \text{段階角}$ 。この式は双極ステップング電動機が1つの完全な 360° 回転にかかる全体の総段階数を計算します。この応用記述で使ったステップング電動機は回転当たり200段階を与える 1.8° のSPR($360/1.8$)を持ちます。
- 速度(RPM) = (段階周波数 × 60) / 回転当たりの段階数(SPR)。この式は分当たりの回転(RPM)で電動機を計算します。段階周波数は制御信号変更の速度で、回転当たりの段階数は電動機が完全な1回転を完了するのにかかる段階数です。この式は段階周波数をより一般的に使われる速度測定基準のRPMに変換します
- 巻き線電流(I) = 駆動電圧(V) / 巻き線抵抗(R)。

1.4. 概要 - ステップング電動機走行動作形態

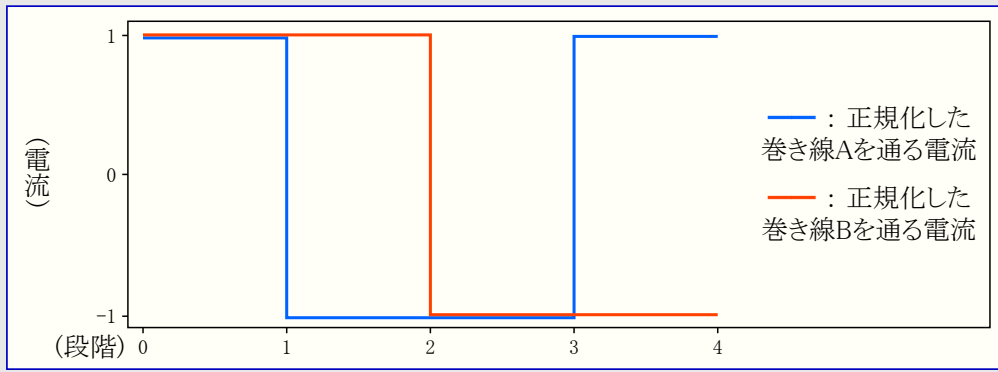
全段階 (1段階駆動)

全段階動作では、電動機が1度に完全な機械的な1段階を回り、標準200全段階/回転のステップング電動でこれは単一段階に対して 1.8° になります。電動機の2つの巻き線は4つの全段階で順次給電されます。この手順はステップング電動機の回転方向を決めます。全段階動作は制御が簡単ですが、大きな回転角のため、振動と雑音を引き起こし得ます。この動作を使う別の欠点はステップング電動機の電流消費が最高水準で最低効率を持つことです。この動作は動作の滑らかさや精度よりも駆動算法の簡単さがより重要な応用で度々使われます。

表1-1. 全段階(1段階駆動)手順

段階	1	2	3	4
巻き線A	正	負	負	正
巻き線B	正	正	負	負

図1-14. 全段階(1段階駆動)動作で巻き線を通る電流の流れ



注意: 青線は巻き線A、赤線は巻き線Bを通る電流を表します。

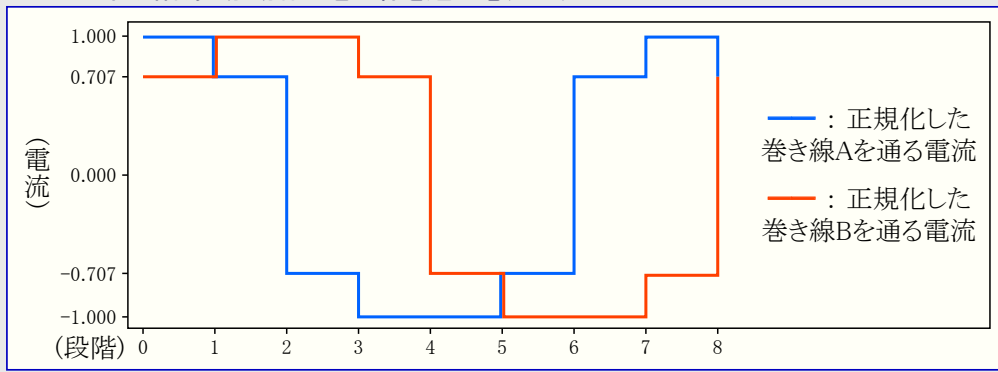
半段階 (半段階駆動)

半段階動作では、最初の4つの全段階の間に4つの追加段階が挿入され、完全な段階角の半分によってステップング電動機を回転させ、標準200全段階/回転のステップング電動機に対して回転当たりの機械的な段階を効率的に倍にし、これは完全な段階に対して 0.9° になり、全段階(1段階駆動)よりもより滑らかな動作と少ない振動になります。簡素さ、効率、動作の滑らかさ、より低い消費電流間の調和を持つことの恩恵はこの動作に必要なとされる増加した制御算法の複雑さよりも上回ります。これは全段階(1段階駆動)動作の倍の分解能も提供します。

表1-2. 半段階(駆動)手順

段階	1	2	3	4	5	6	7	8
巻き線A	1.000	0.707	-0.707	-1.000	-1.000	-0.707	0.707	1.000
巻き線B	0.707	1.000	1.000	0.707	-0.707	-1.000	-1.000	-0.707

図1-15. 半段階(駆動)動作で巻き線を通る電流の流れ



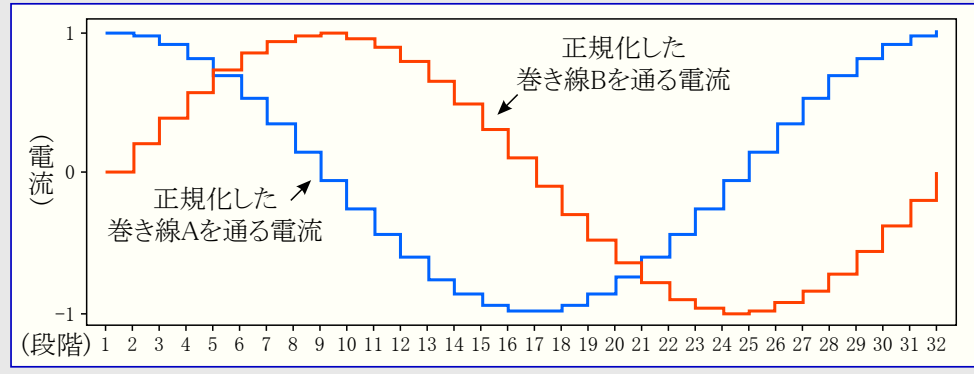
注意 0.707は $\sin(45^\circ)$ または $\cos(45^\circ)$ を表します。
青線は巻き線A、赤線は巻き線Bを通る電流を表します。

極小段階 (多分割段階駆動)

極小段階動作は1つの完全な段階角をより小さな段階に分割し、より滑らかでより高い精度を提供します。完全な1段階当たりの極小段階数は変えることができますが、代表的な値は1段階当たり8、16、32、更には256極小段階です。例えこの動作形態が最も複雑な制御算法を必要としても、消費電流は全段階(1段階駆動)や半段階(駆動)よりも低く、最高の精度、最低の振動、少ない雑音を提供します。極小動作はCNCの機械のような精度と滑らかな動作が最重要な応用で度々使われます。

現在の実装では波の90°毎に32極小段階が使われ、これは完全な1段階当たり32極小段階と等価です。

図1-16. 極小段階(多分割段階駆動)動作で巻き線を通る電流の流れ

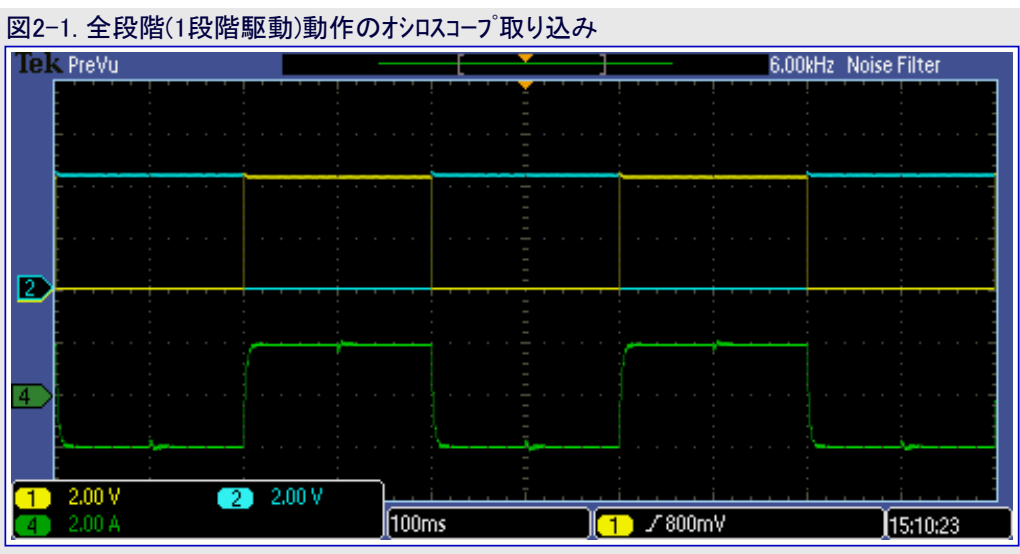


留意: 青線は巻き線A、赤線は巻き線Bを通る電流を表します。

2. 駆動形態

2.1. 全段階 (1段階駆動)

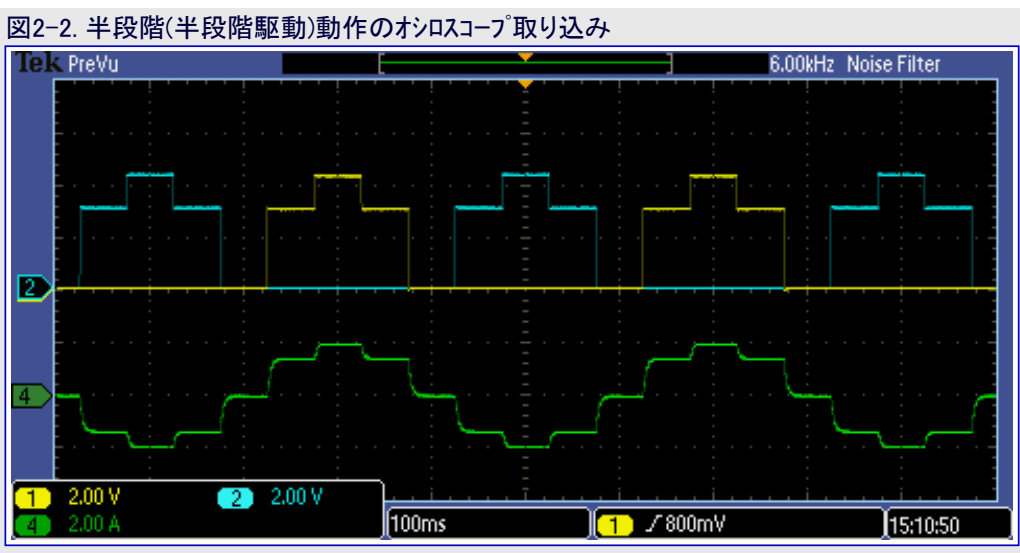
全段階動作では、電動機が1度に完全な機械的1段階を回り、標準200全段階/回転のステップング電動でこれは単一段階に対して 1.8° になります。電動機の2つの巻き線は4つの全段階で順次給電されます。この手順はステップング電動機の回転方向を決めます。



注: 黄色と青色は巻き線Aの両端での電圧を表します。緑色は巻き線Aを通る電流を示します。オシロスコープでの低域通過濾波が適用され、PWM歪を減らし、3つ全ての記録で短時間平均値が見えます。

2.2. 半段階 (半段階駆動)

半段階動作では、最初の4つの全段階の間に4つの追加段階が挿入され、完全な段階角の半分によってステップング電動機を回転させ、標準200全段階/回転のステップング電動機に対して回転当たりの機械的な段階を効率的に倍にし、これは完全な段階に対して 0.9° になり、全段階(1段階駆動)よりもより滑らかな動作と少ない振動になります。簡素さ、効率、動作の滑らかさ、より低い消費電流間の調和を持つことの恩恵はこの動作に必要とされる増加した制御算法の複雑さよりも上回ります。これは全段階(1段階駆動)動作の倍の分解能も提供します。

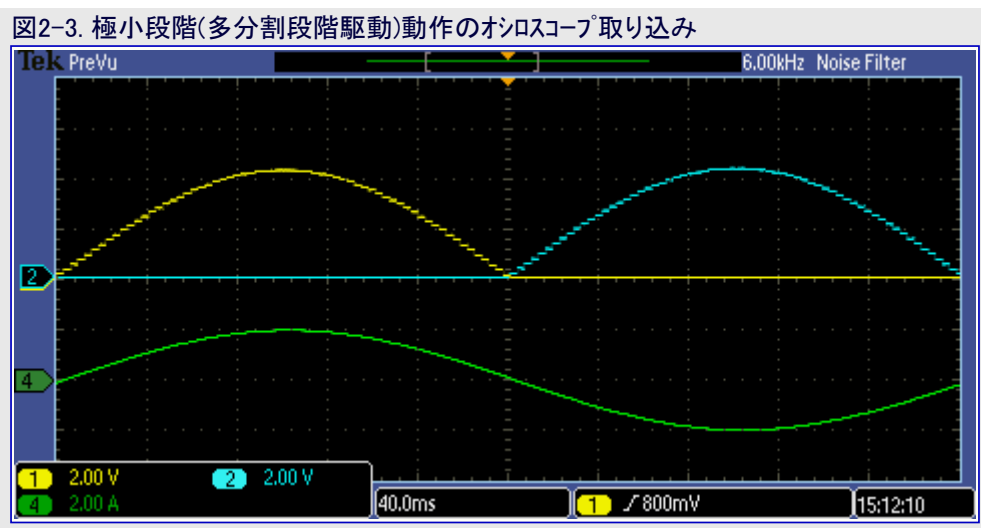


注: 黄色と青色は巻き線Aの両端での電圧を表します。緑色は巻き線Aを通る電流を示します。オシロスコープでの低域通過濾波が適用され、PWM歪を減らし、短時間平均値を見せます。

2.3. 極小段階 (多分割段階駆動)

極小段階動作は1つの完全な段階角をより小さな段階に分割し、より滑らかでより高い精度を提供します。完全な1段階当たりの極小段階数は変えることができます。しかし、この実演では1段階当たり32極小段階で実装されます。例えこの動作形態が最も複雑な制御算法を必要としても、消費電流は全段階(1段階駆動)や半段階(駆動)よりも低く、最高の精度、最低の振動、少ない雑音を提供します。極小動作はCNCの機械のような精度と滑らかな動作が最も重要な応用で度々使われます。

TCE周辺機能は2つの主な機能を持ちます。それはPWM信号を生成して信号振幅を変調します。この機能は0~99%に尺度調整された32位置のLUT配列に従ってPWM信号を生成します。



現在の実装では波の90°毎に32極小段階が使われ、これは完全な1段階当たり32極小段階と等価です。

注: この図で使った色は黄色と青色で、巻き線Aの両端での電圧を表現しています。緑色は巻き線Aを通る電流を表現しています。オシロスコープでの低域通過濾波が適用され、PWM歪を減らし、3つ全ての記録で短時間平均値が見えます。

3. 実装

3.1. 傾斜

この応用はステップング電動機制御に対して加速と減速の傾斜を実装します。

要求された段階数と加速/減速の値に応じて、電動機は望んだ速度限界を持つ(図3-1.)または持たない(図3-2.)でしょう。その速度に達するまでの距離が短すぎる場合、電動機は加速してその後に限界速度に達することなく減速を開始します。

ステップング電動機は加速のための時間を持ち、速度限界に達して走行し、減速区間が後続します(図3-1.)。

その速度に達する距離が短すぎます。図3-2.で示されるように、ステップング電動機は加速してその後に限界速度に達することなく、減速を開始します。

図3-1. 加速に後続する定速と減速

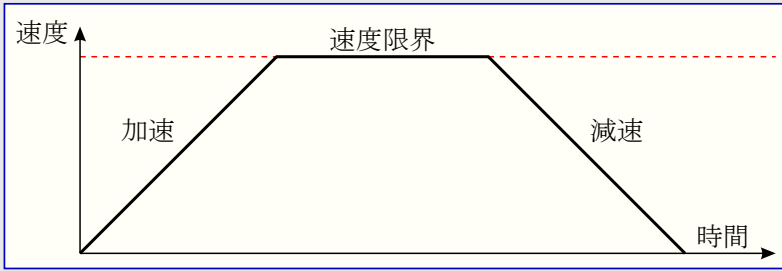
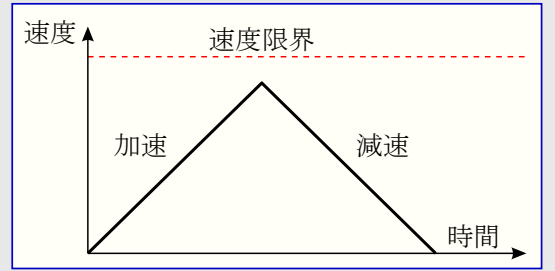
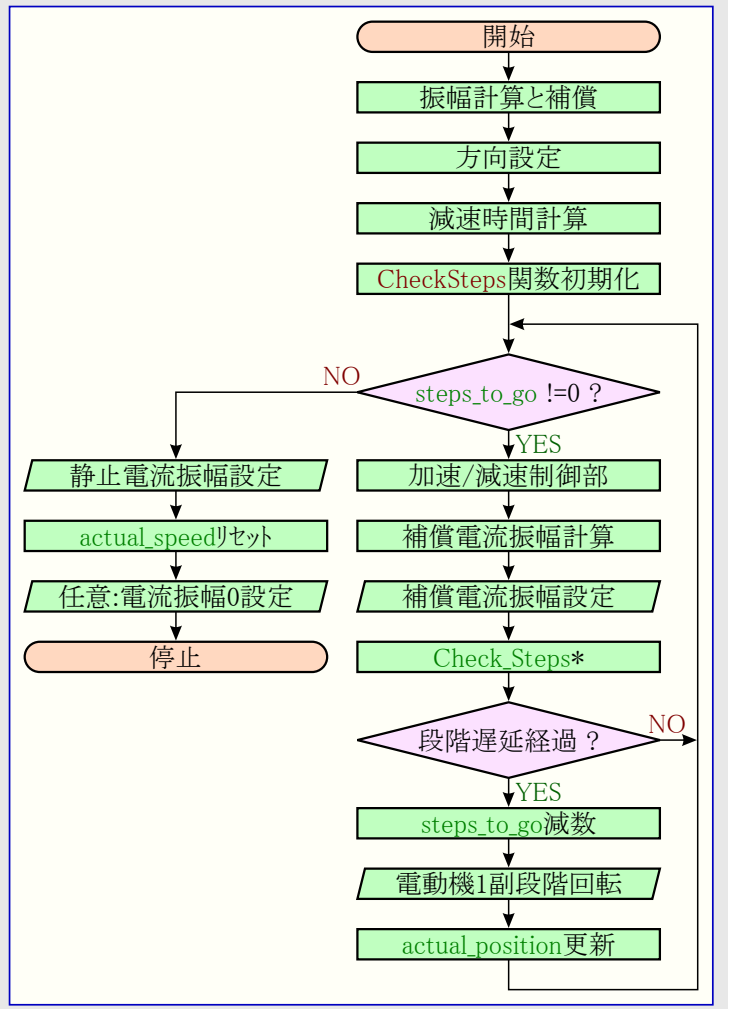


図3-2. 加速に後続する減速



この応用は周期的に次のようなパラメータと共にStepper_Move関数を呼び出します。初期位置、段階(進行)、加速、減速、速度、VBUS(BUS電圧)。この実装では応用が電源電圧に従って駆動振幅を自動的に調整し、巻き線を通る電流を一定に保とうとします。最終使用者が電動機の移動に対して望む速度と段階数に基づき、この関数は加速と減速の時間を予め計算します。計算終了後、電動機の移動を制御するStepAdvance関数が呼ばれます。StepAdvance関数は90°移動した電気的角度の波形を生成する電動機駆動の仕組みを調整します。

図3-3. ステップング電動機移動流れ図



3.2. 先行予測電流調整

この実装では電源電圧に従って応用が駆動振幅を自動的に調整し、巻き線を通る電流を一定に保とうとします。デューティサイクル(振幅)は2つの巻き線を通る電流が電源電圧とcvasi定数に関わらず理想的なように調整されます。BEMF(逆起電力)は回転子の速度に直接的に比例します。

この方法は制限を持ちます。巻き線を通る望む電圧を生成するのに電源電圧が小さすぎるかもしれない場合があります。例えば、電源電圧が6V、巻き線抵抗が10Ω、巻き線を通る望む電圧が1Aの場合、この場合の消費電流は1A未満になります。

応用はステップング電動機(速度(BEMF))に従って振幅を調整します。

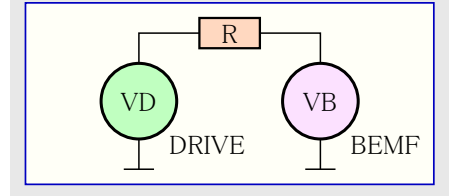
$$VBEMF(\text{逆起電力の電圧}) = KV \times \text{速度}$$

$$As(\text{静止振幅}) = I \times R / VBUS$$

$$Ad(\text{動的振幅}) = KV \times \text{速度} / VBUS$$

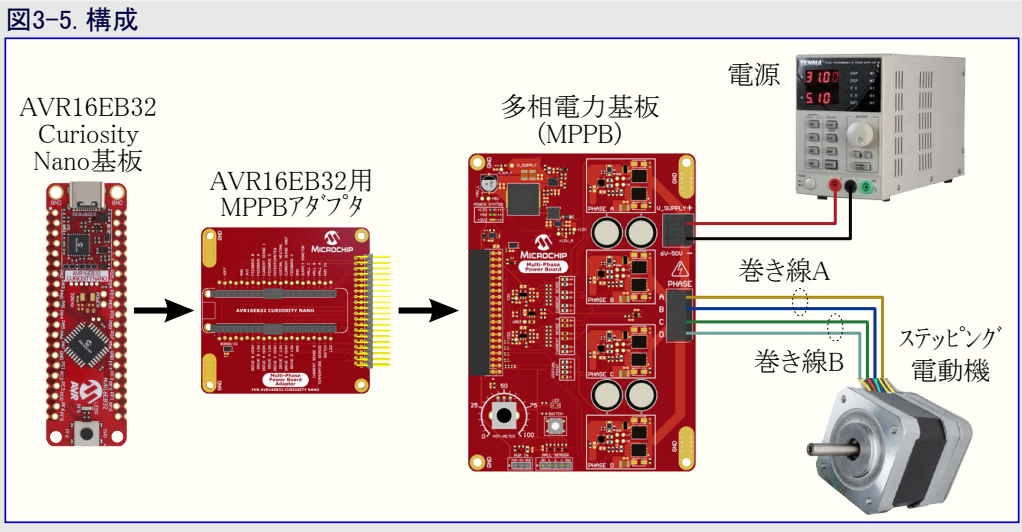
$$\text{駆動振幅} = (As + Ad) \times VBUS$$

図3-4. BEMFに関連する振幅駆動



3.3. 実演

この例は電力段を含み、AVRマイクロコントローラを使って双極ステップング電動機を駆動する方法を提示します。



応用の筋書:

全段階と半段階でのステップング電動機を示す基本例

精度増加のための極小段階機能の追加

より良い動的応答のための傾斜(加減速)の追加

3.3.1. 多相電力基板 (MPPB)

多相電力基板(MPPB:Multi-Phase Power Board)は各々がMIC4605 MOSFET駆動部によって制御される4つの半ブリッジを持ちます。各MIC4605は2つの電力MOSFETを制御します。

2つの構成設定可能な検出増幅器はいくつかの方法で構成設定することができます。

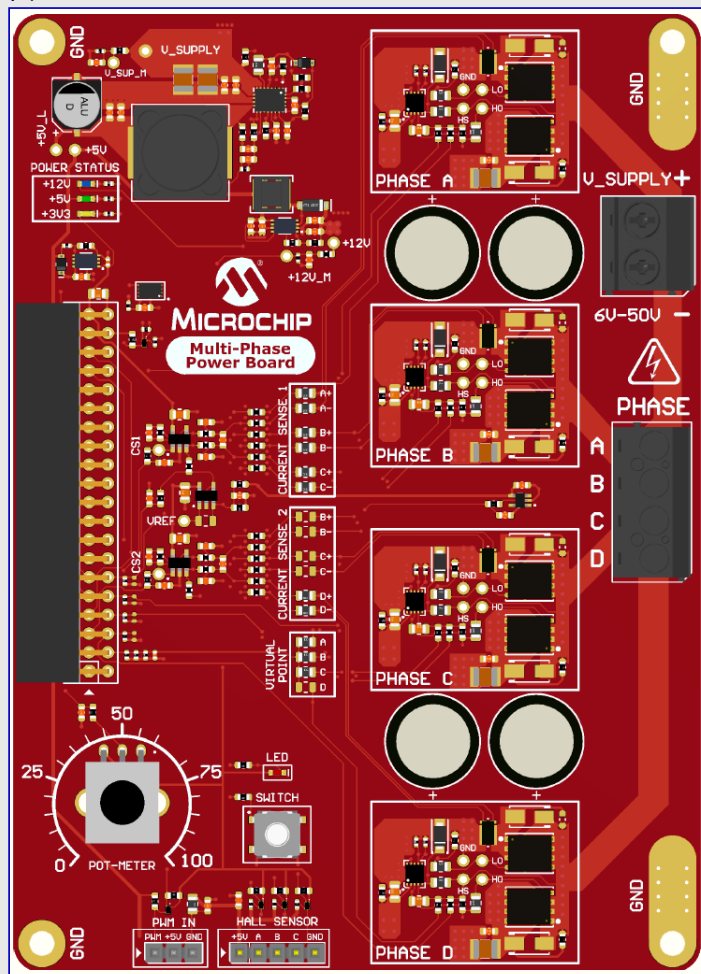
電動機電圧を論理基準まで下げるための基板上電源

一般的に広い入力電圧範囲 (6~50V)

基板上のいくつかの周辺機能 (切替器/LED/可変抵抗器/温度感知器)

MPPBのより包括的な情報は「[多相電力基板ハードウェア使用者の手引き](#)」で見つけることができます。

図3-6. MPPB

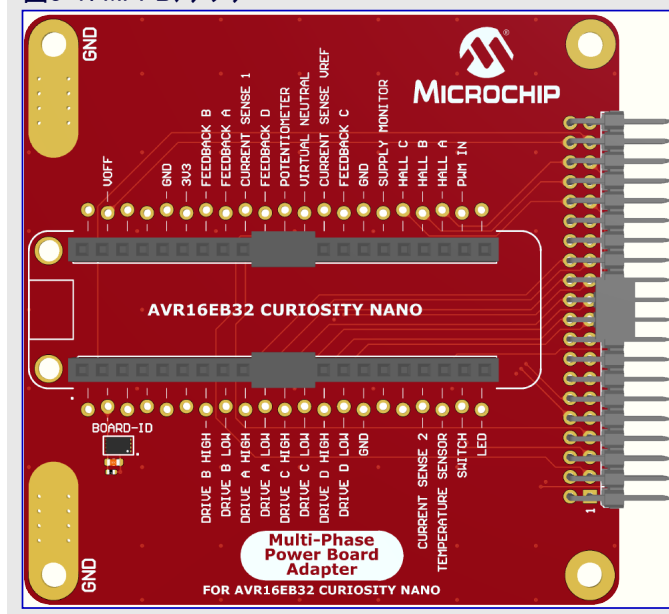


3.3.2. 実演MPPBアダプタ

MPPB基板はAVR EB用だけが目的ではありません。例えば、AVR® DAと連結することができます。

このアダプタの役割はMPPBとAVR EBを電氣的に接続することです。

図3-7. MPPBアダプタ

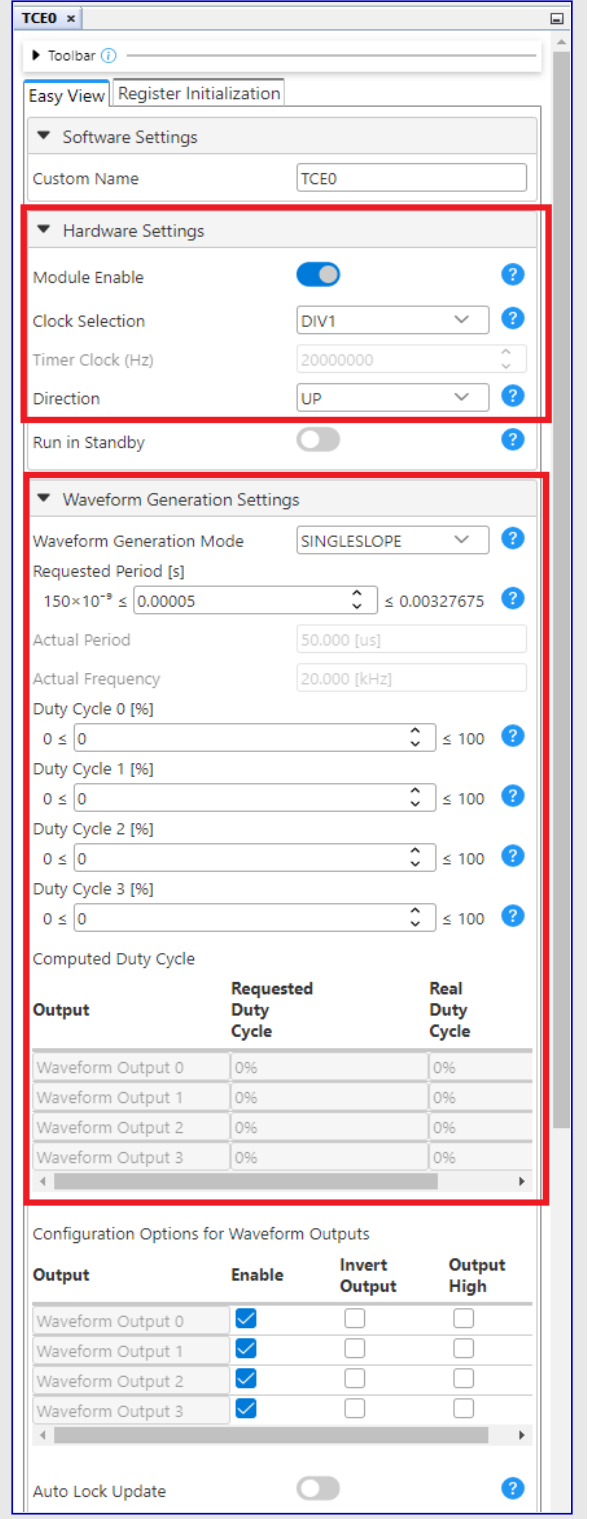


3.3.3. 設定

MCCで作った次のようなTCEとWEX用の設定があります。

- **Module Enable**(単位部許可): 既定で許可されなければなりません。そうでなければ、鈕を切り替えてください(許可されたなら、青に変わります)。
- **Clock Selection**(クロック選択): システム クロック(既定、分周器は1 - システム クロックでなければなりません)。
- **Counter Direction**(計数器方向): UP(上昇)
- **Waveform Generation Mode**(波形生成動作形態): TOP溢れでの単一傾斜PWM動作
- **Requested Period [s]**(要求周期): 0.00005
- **Duty Cycle 0 [%]**(デューティ サイクル0): 0
- **Duty Cycle 1 [%]**(デューティ サイクル1): 0
- **Duty Cycle 2 [%]**(デューティ サイクル2): 0
- **Duty Cycle 3 [%]**(デューティ サイクル3): 0
- **Waveform Output n**(波形出力n): **Waveform Output 0,1,2,3**のEnable列で枠をチェックしてください。
- **Scale mode**(尺度調整動作): CMP値はBOTTOMから尺度調整され、50% DC(デューティ サイクル)
- **Scaled Writing to register**(レジスタへの尺度書き込み): **Normal**(標準)
- **Amplitude Control Enable**(振幅制御許可): 鈕を切り替えてください(許可されたなら、青に変わります)。
- **Generate ISR**(割り込み処理ルーチン生成): 鈕を切り替えてください(許可されたなら、青に変わります)。
- **Overflow Interrupt Enable**(溢れ割り込み許可): 鈕を切り替えてください(許可されたなら、青に変わります)。

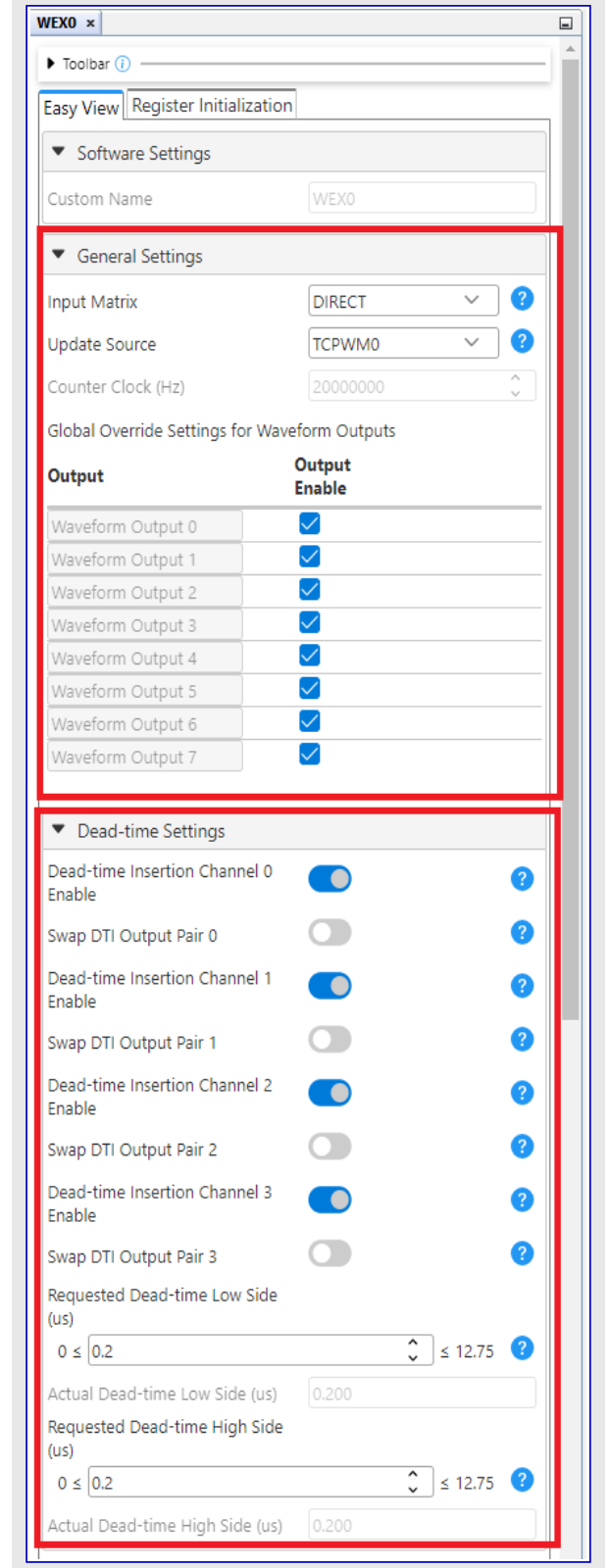
図3-8. TCE初期化



WEX構成設定:

- Input Matrix(入力配列): DIRECT(直接)
- Update Source(更新供給元): TCE(出力信号用更新条件はTCEによって指示されます。)
- Override Settings(上書き設定): Waveform Output 0~7のOutput Enable列で全ての枠をチェックしてください。
- Dead-time Insertion Channel 0 Enable(沈黙時間挿入チャンネル0許可): 釦を切り替えてください(許可されたなら、青に変わります。)
- Dead-time Insertion Channel 1 Enable(沈黙時間挿入チャンネル1許可): 釦を切り替えてください(許可されたなら、青に変わります。)
- Dead-time Insertion Channel 2 Enable(沈黙時間挿入チャンネル2許可): 釦を切り替えてください(許可されたなら、青に変わります。)
- Dead-time Insertion Channel 3 Enable(沈黙時間挿入チャンネル3許可): 釦を切り替えてください(許可されたなら、青に変わります。)
- Requested Dead-time Low Side [μs](要求沈黙時間Low側): 0.2
- Requested Dead-time High Side [μs](要求沈黙時間High側): 0.2

図3-9. WEX初期化



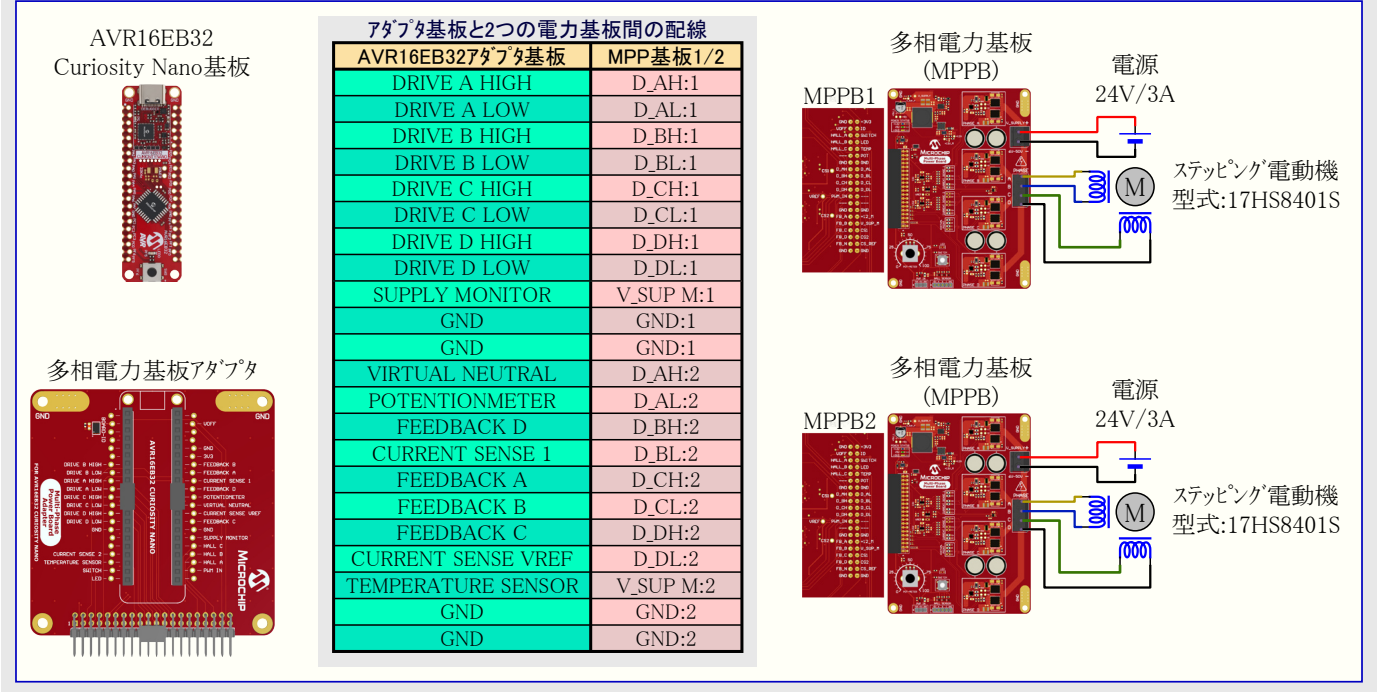
MCCライブラリが生成された後、このコードは周辺機能初期化に対して充分なだけで、電動機を回転する実演ファイルが追加されなければなりません。”stepper.c”と”stepper.h”のファイルが追加され、専用のAPIを呼び出すように”main.c”ファイルが編集されなければなりません。

3.4. 更なる使用事例：2つの双極ステップング電動機

この図は2つの電力基板と対になった単一のAVRマイクロコントローラで2つの双極ステップング電動機を交互に操作する方法を提示します。2つ目の電動機の包括はPORTMUX周辺機能の例示に役立ちます。この構成で、電動機は同時ではなく、順次使われます。

使ったハードウェアはMPPB、AVR EB CNANO/MPPBアダプタ基板、ステップング電動機の対、電源と併せてAVR16EB32 Curiosity Nano開発基板を含みます。この構成設定は両MPPBに電力を与えるのに単一または2つの電源を許します。

図3-10. 2つのステップング電動機の構成設定



4. 結び

この応用記述はAVR EB系統のマイクロコントローラを使うステップング電動機駆動の解決策を提示しました。新しいTCEとWEXの周辺機能はコードの複雑さを減らすために内部的な構成設定とで必要なPWM駆動を生成します。MicrochipはMicrochipウェブサイトから注文することができるAVR EB Curiosity Nano、多相電力基板、AVR EB CNANO - MPPBアダプタから成る、ステップング電動機の接続と実演を支援する新しいハードウェアを提供します。

応用は加減速傾斜と動的電流管理を持つ、全段階、半段階、極小段階の3つの動作形態でステップング電動機を駆動します。更なる使用事例の応用は2つのステップング電動機を順次駆動するように作成されました。

可能な強化:

電圧、電流、温度を常に測定することによってステップング電動機の機能安全を実装することは、システムが安全範囲内で動くことを保証するための積極的な取り組みです。機能安全は操作者誤り、ハードウェア障害、環境変化のような安全管理を含み、入力に対して正しく動作するシステムや環境に依存する全体的な安全の一部を示します。

滑らかな動きの特性を作成するためのステップング電動機の加減速制御の方法はS字曲線加速特性、S形傾斜として知られます。

S形傾斜を実装するため、ステップング電動機制御器は複雑な動き特性を生成するのとそれによって電動機巻き線に対する電流を調整する能力が必要で、一般的にもっと高度な制御算法が必要で、望む動きの滑らかさの水準を達成するのに極小段階の使用を必要とするかもしれません。

5. 参照

AVR16EB32 Curiosity Nano評価キット

AVR16EB32-CNANO MPPB-アダプタ

クロック障害検出(CFD)

タイマ/カウンタ型(TCE)と波形拡張(WEX)での開始に際して

8ビットMCU用IEC 60730家電機能安全

8ビットMCU用工業機能安全

8ビットMCU用ISO 26262車載機能安全

多相電力基板

6. 改訂履歴

文書改訂	日付	注釈
A	2024年9月	初版文書公開

Microchip情報

Microchipウェブ サイト

Microchipは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 ミレニ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、Adaptec、AVR、AVR、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maxStylus、maxTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi、MOST、MOST、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST、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、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Flashtec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、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、Clockstudio、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、EyeOpen、GridTime、IdealBridge、IGaT、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、IntelliMOS、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、Knob-on-Display、MarginLink、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified、MPLIB、MPLINK、mSiC、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICKit、PICtail、Power MOS IV、Power MOS 7、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、Trusted Time、TSHARC、Turing、USBCheck、VariSense、Vector Blox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect、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、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology、Symmcom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。

© 2024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を訪ねてください。

日本語© HERO 2024.

本技術概説はMicrochipのTB3362技術概説(DS90003362A-2024年9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: www.microchip.com/support ウェブアドレス: www.microchip.com	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: 45-4485-5910 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 - ハーン Tel: 49-2129-3766400 ドイツ - ハイムブロン Tel: 49-7131-72400 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 - テルネン 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 - マドリッド 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 - ウォーキングム Tel: 44-118-921-5800 Fax: 44-118-921-5820
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 ホストン 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			