



MAX II CPLD を使用した ステッパ・モータ・コントローラ

この資料は英語版を翻訳したもので、内容に相違が生じる場合には原文を優先します。こちらの日本語版は参考用としてご利用ください。設計の際には、最新の英語版で内容をご確認ください。

2007 年 12 月 ver 1.0

Application Note 488

はじめに

このアプリケーション・ノートでは、アルテラの MAX[®] II CPLD を使用したステッパ・モータ・コントローラの実装について説明します。カスタム仕様のキーボードからの数個の入力だけで、モータを制御することができます。

ステッパ・モータ

ステッパ・モータは、精密制御、モータのオープン・ループ・コントロール、ブレーキ機能、ブラシレスなどの利点を備えているため、多様なアプリケーションに適用することが可能です。プリンタ、プロッタ、ディスク・ドライブ、ロボット、CNC マシン、その他の精密機械は、ステッパ・モータが広範囲に使用されています。

ステッパ・モータの動作は、磁性材料からできたロータを取り囲むように一連の電磁石を円形に並べたものと見なすことにより、説明することができます。これらのソレノイドすなわち電磁石が順次励磁されると、内部に発生する磁力 (MMF) がロータに作用して磁界に追従させられるため、時計向きまたは反時計向きの回転が生じます。モータの角変位は、必要とされるモータ動作の固定パターンを使用して、これらの電磁石を単純にオン / オフさせることにより制御することができます。

MAX II CPLD を使用した ステッパ・モータ・ コントローラ

このデザインで実装したモータ・コントローラは、MAX II デバイスを使用して、単極永久磁石ステッパ・モータを予め定めた通りに動作させるものとなります。このデザインでは、ユーザ・インタフェースとしてデモ・ボード上で数個のスイッチとボタンを使用しています。

このモータ・コントローラ・デザインは、次の特長があります。

- モータのスタートとストップを行う 2 つのタイプの制御、および順方向回転と逆方向回転の選択: マニュアル・コントロール (ユーザ・インタフェースを使用) または自動コントロール (マイクロコントローラを使用)。
- 2 つの動作モード: 連続モードとステップ・モード。
- すべての MAX II デバイスは独自のオシレータ (このデザインで使用) を内蔵しているため、外部クロック信号が不要。

図 1 に、ステッパ・モータ・コントローラの構成を示します。ドライバ回路の電源は、モータ巻線の仕様に合わせ DC 電源から供給します。MAX II CPLD で構成したコントローラがモータ・ドライバの入力を駆動して、ステッパ・モータを駆動します。このコントローラは、モータをハーフ・ステップさせるロジックを採用しています。表 1 に、コントローラへの入出力信号の説明を示します。

図 1. MAX II CPLD を使用したステッパ・モータ・コントローラの実装

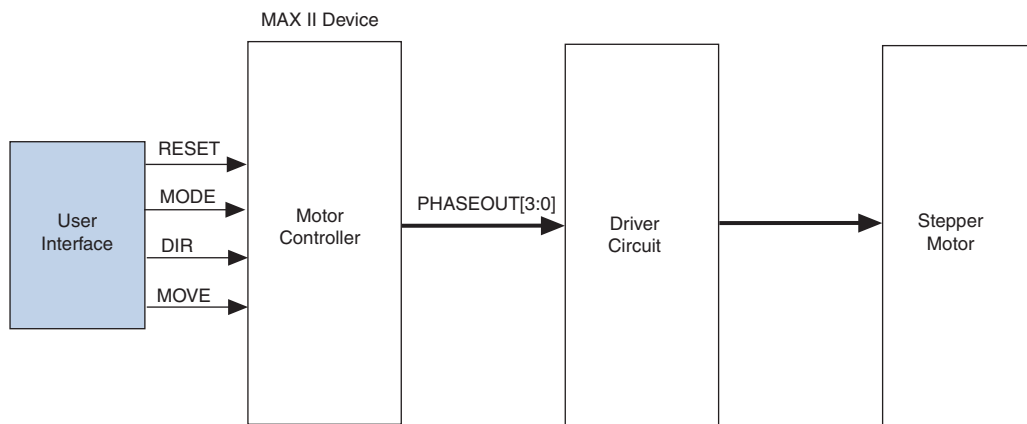


表 1. コントローラ入力

信号	入力 / 出力	説明
RESET	入力	モータ・ポジションを基準ポジションに移動させます。
MODE	入力	連続動作モード（通常モータ）またはステップ動作モードを選択します。
DIR	入力	ロータの反時計向き回転。
MOVE	入力	ステップ・モードでロータを特定の方向へハーフ・ステップ（45° だけ移動するときに必要）。
PHASEOUT [3:0]	出力	MOSFET ドライバ回路に対する CPLD からの 4 ビット出力。

回転ステップは、各コイルの励磁により制御されます。4極のステッパ・モータには4個の電磁石があり、円周上に均等に配置されています。モータ・コントローラは、使用中のモータのステップ・サイズの4倍だけロータを回転させるため、次の入力シーケンスをこれらの電磁石へ出力ポート（PHASEOUT）を経由して出力する必要があります。

1000, 1100, 0100, 0110, 0010, 0011, 0001, 1001, 1000...

先行するハーフ・ステップ動作シーケンスは、200歯4極モータのロータを各ステップで0.9°だけ回転させます。このデザインでは、モータ・コントロールの連続モードとステップ・モードを提供します。連続モードを選択すると（MODE入力をLowにします）、モータはロータの不連続な変位なしで回転します。ステップ・モードを選択すると（MODEをHighにします）、MOVEボタンを押すごとにモータが動作します。MOVE入力ラインは、通常プルアップ抵抗によりHighにプルアップされています。このライン上で立ち下がりエッジが検出されるごとに、モータはハーフ・ステップだけ移動します。

RESET入力は、モータを基準ポジションに戻します。ロータは、初期変位に関係なく、PHASEOUTが1000になるポジションに到達するまで動作します。

実装

本デザインは、EPM240またはその他のMAXII CPLDを使用して実装できます。ステッパ・モータは、ユーザ・インタフェースを介して入力を与えることにより動作します。この信号が、MAXII CPLDへのコントローラ入力になります。MAXII CPLDの種々の汎用I/O（GPIO）に割り当てられたユーザ・ボタンとスイッチを介してモード、方向、ステップ・コントロールを入力することができます。

次に、このデザインのソース・コードを使用して、MDN-B2 デモ・ボード上にあるこのデザインの実装を詳しく説明します。説明目的のために、このデザインではLEDを使用しています。各LEDは、モータの巻線を表します。このため、デモ・ボード上で巻線の励磁シーケンスを表示することができます。ただし、LEDはロジック0で点灯し、ポートがロジック1のとき消灯することに注意してください。これらのLEDをモータ・ドライバ回路で置き換えて、モータを動作させることができます。すべてのラインは並列で、互いに独立しています。各ラインはモータの1本のコイル巻線を励磁して、ロータを特定の向きにユーザ・コントロールによって設定された方法で回転させます。

表 2 に、MDN-B2 デモ・ボードでの EPM240 のピン・アサインメントを示します。

表 2. EPM240 のピン・アサインメント			
ピン・アサインメント			
信号	ピン	信号	ピン
dir:	ピン 38	mode:	ピン 37
move:	ピン 82	rst:	ピン 77
phaseout [0]:	ピン 71	phaseout [1]:	ピン 72
phaseout [2]:	ピン 73	phaseout [3]:	ピン 74



未使用ピンは、コンパイル前に Quartus® II ソフトウェアのデバイスおよびピン・オプション設定で **As input tri-stated** に割り当ててあります。

デザイン・ノート

MDN-B2 デモ・ボードでこのデザインのデモを行うには、以下の操作を実行します。

1. EPM240GT100C3 デバイスを選択し、ソース・コードをコンパイルし、ピンを割り当てます (表 2 参照)。
2. ボードの電源をオンにし (スライド・スイッチ SW1 を使用)、MDN-B2 デモ・ボード上の JTAG ヘッダー JP5 とプログラミング・ケーブル (ByteBlaster™ II、USB-Blaster™) を使用してデザインを MAX II CPLD ヘダダウンロードします。
3. ダウンロード処理を開始するためボード上のスイッチ SW4 を押します。MAX II CPLD のプログラミングの後、JTAG コネクタを外します。プログラミングの後、電源をオフにします。
4. スイッチ SW1 を **ON** にスライドして、デモ・ボードの電源をオンにします。
5. ステッパ・モータ・コントロールのこのバージョンは、デモ・ボード上の LED に位相励磁を表示します。4 本の PHASEOUT 出力は、デモ・ボード上の赤の LED (D5、D6、D8、D10) に接続されます。
6. DIP スイッチ SW3 (コントロール・スイッチ) のスイッチ #1 が、モードの設定に割り当てられています (連続モードまたはステップ・モード)。DIP スイッチ SW3 (コントロール・スイッチ) のスイッチ #2 が、方向の設定に割り当てられています。特定のモードと方向を選択します。

7. 「move」機能にはプッシュ・ボタン SW9 を使用します。このボタンを押すごとに、ステップ 6 で設定した励磁シーケンスで LED が進行することを確認してください。モードを **step** モードに設定して SW9 を押すと、押すごとに LED が 1 ステップ進みます。モードを **continuous** モードに設定して SW9 を押すと、ユーザの介入なしに LED は次から次へ 1 ステップ移動します。方向スイッチは、このシーケンスの方向を変えます。ボード上のプッシュ・ボタン SW6 は、デモ・ボードをリセットするときに使用します。

ソース・コード

このデザインは Verilog を使用して作成しており、MDN-B2 デモ・ボードを使用したデモとなっています。ソース・コード、テストベンチ、および完成した Quartus II プロジェクトは、以下から入手可能です。

www.altera.co.jp/literature/an/an488.zip

まとめ

このデザインで示すように、MAX II CPLD はモータ・コントロール・ロジックを実装するための優れた選択肢となります。このデバイスは、低消費電力、容易なパワーオン機能、独自の内蔵オシレータを備えているため、モータ・コントロール・システムを実装する最適なプログラマブル・ロジック・デバイスです。

関連情報

以下に、このアプリケーション・ノートに関連情報を示します。

- MAX II CPLD ホームページ：
www.altera.co.jp/products/devices/cpld/max2/mx2-index.jsp
- MAX II デバイスの資料ページ：
www.altera.co.jp/literature/lit-max2.jsp
- MAX II パワーダウン・デザイン：
www.altera.co.jp/support/examples/max/exm-power-down.html
- MAX II アプリケーション・ノート：
「AN 428: MAX II CPLD のデザイン・ガイドライン」
「AN 422: MAX II CPLD を使用したポータブル・システムにおける消費電力の管理」

改訂履歴

表 3 に、このアプリケーション・ノートの改訂履歴を示します。

表 3. 改訂履歴		
日付 & ドキュメント・バージョン	変更内容	概要
2007 年 12 月 v1.0	初版	—



101 Innovation Drive
San Jose, CA 95134
www.altera.com
Literature Services:
literature@altera.com

Copyright © 2007 Altera Corporation. All rights reserved. Altera, The Programmable Solutions Company, the stylized Altera logo, specific device designations, and all other words and logos that are identified as trademarks and/or service marks are, unless noted otherwise, the trademarks and service marks of Altera Corporation in the U.S. and other countries. All other product or service names are the property of their respective holders. Altera products are protected under numerous U.S. and foreign patents and pending applications, maskwork rights, and copyrights. Altera warrants performance of its semiconductor products to current specifications in accordance with Altera's standard warranty, but reserves the right to make changes to any products and services at any time without notice. Altera assumes no responsibility or liability arising out of the application or use of any information, product, or service described herein except as expressly agreed to in writing by Altera Corporation. Altera customers are advised to obtain the latest version of device specifications before relying on any published information and before placing orders for products or services.

