

Embedded Code Generation *DEMO MODEL*

Analog Protection Features on STM32 Microcontrollers

STM32マイクロコントローラのアナログ保護機能

- STM32マイクロコントローラに過電流および過電圧保護の実装 -

Last updated in STM32 TSP 1.5.1

1 はじめに

このSTM32デモモデルでは、PLECS CoderとSTM32 Target Support Package(TSP)を使用して、STM32マイクロコントローラ(Microcontrollers: MCU)のアナログ保護機能を構成する方法を学習します。アナログ保護信号は、PWM信号によって駆動される電源スイッチを過電流や過電圧による損傷から保護します。障害によって保護信号がトリガされると、PWM出力は直ちにシャットダウンされ、事前に定義された安全状態に強制されます。

- STMicroelectronics社のSTM32G4xまたはSTM32F3xマイクロコントローラを使用した組み込みターゲット向けPLECS Coderの一般的なワークフローについて説明します。
- 過電流および過電圧からパワーステージを保護するための一般的な構成を示します。
- Powerstage Protectionブロックを構成する方法を示します。
- Powerstage Protectionとアナログ保護信号の代表的なオフライン実装を実装します。

次章では、モデルの説明と、モデルをシミュレートする方法、および制御コードをSTM32ターゲットにデプロイする方法について説明します。

1.1 要求仕様

このデモモデルを実行するには、次の製品が必要です(www.plexim.comから入手可能):

- バージョン4.9.8以降のPLECS [Blockset](#)または[Standalone](#)
- [PLECS Coder](#)ライセンス
- バージョン1.5.5以降の[STM32 Target Support Package](#)
- PLECS STM32 TSPでサポートしているSTM32 Nucleoボード1枚
- 2本のジャンパ線

注意 このモデルには、以下の方法でアクセスできるモデル初期化コマンドが含まれています:

PLECS Standalone: シミュレーションメニュー -> シミュレーション・パラメータ... -> 初期化

PLECS Blockset: **Simulink**モデルウィンドウで右クリック -> モデル プロパティ -> コールバック -> InitFcn*

2 モデル

[図1](#)に示すトップレベルレベルの回路図には、STM32 TSPでサポートされているターゲットごとに1つずつ、合計5つのサブシステムが含まれています。各サブシステムは、対応するSTM32ハードウェア上に個別にデプロイできます。サブシステムブロックの太い外側の境界線で示されるように、ターゲット固有のサブシステムはコード生成に対して有効になっています。この構成は、PLECS Coderからサブシステムのモデルコードを生成するために必要です。

生成されたコードは、MCU上の基本サンプリング時間で実行します。サンプリング時間は、**Coder** -> **Coderオプション...**ウィンドウの**タスク**タブにある各タスクの**サンプリング時間**設定によって構成されます。このモデルでは、各サブシステムの"Base task"の離散化ステップサイズは100 μ sに設定されています。追加の"Blink Task"のサンプル時間は0.5秒です。

2.1 PWM信号の生成

サブシステムの回路図を[図2](#)に示します。STM32 TSPライブラリのPWMブロックを使用して、単一の出力PWM信号が生成されます。スイッチング周波数は500Hzに設定され、デューティー比は0.9固定です。設定されたアナログ保護信号がトリップすると、このPWM信号は数システムクロック周期で強制的に安全状態(無効)になります。

Analog Protection Features on STM32 Microcontrollers

図1: デモモデルのトップレベルの回路図

Analog protection features are available on all supported STM32 targets

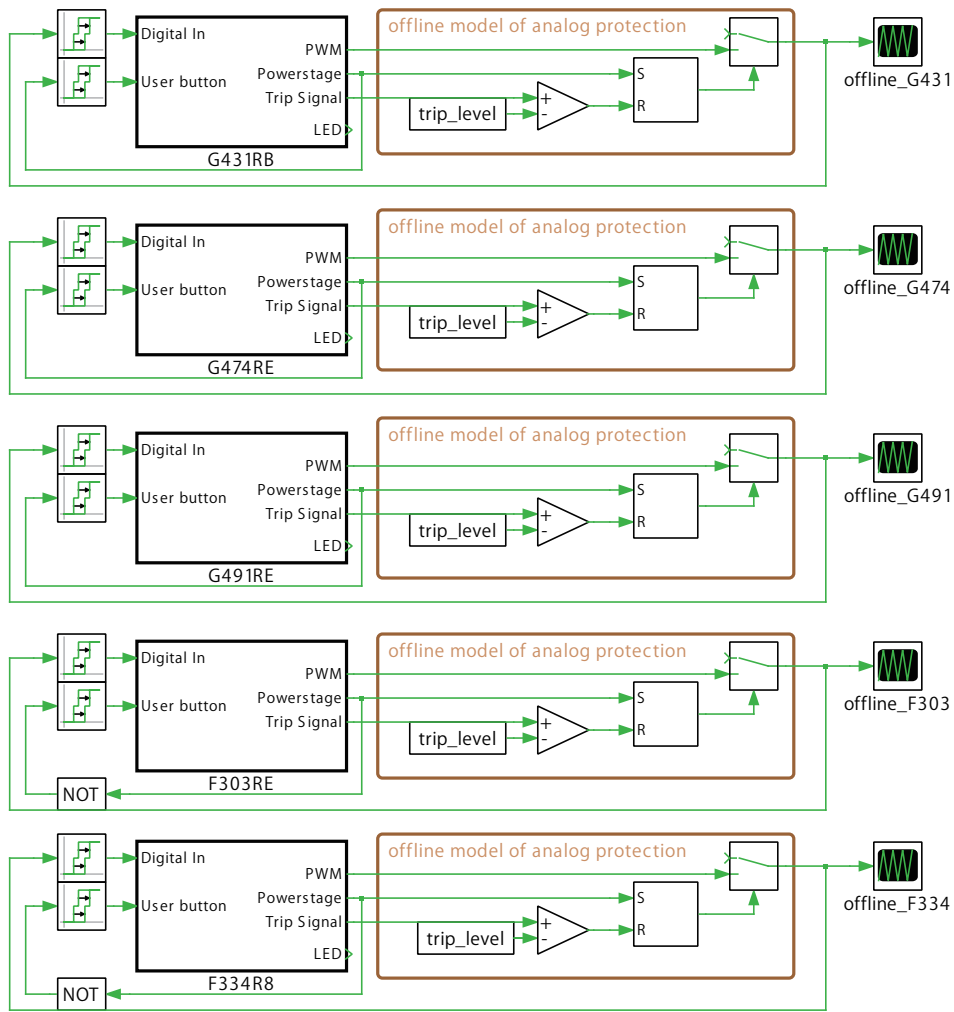
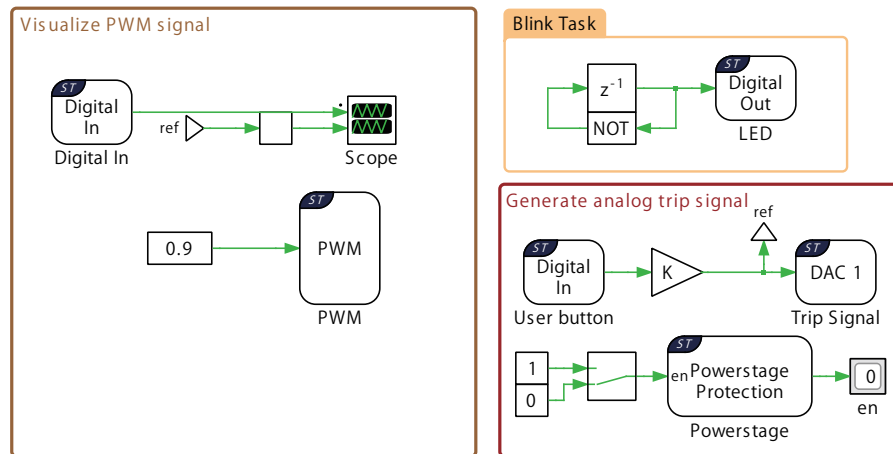


図2: ターゲットMCUでPWM信号を生成するように設定



2.2 Powerstage Protectionブロック

Powerstage Protectionブロックは、ターゲットMCU上のすべてのPWM出力を有効または無効にする安全メカニズムであるインターロックを実装します。起動シーケンスの後、**en**入力信号が論理的にLowからHighに遷移しない限り、PWM出力は無効のままになります。これにより、ターゲット上でコードが実行されるとすぐにPWM信号がアクティブになることが防止され、安全な操作が保証されます。

Coder -> Coderオプション -> ターゲットタブのProtectionサブタブで構成された各アナログトリップ信号は、Powerstage Protectionブロックで処理する必要があります。Powerstage Protectionブロックは、トリップ信号を無視(ignore)するか、パワーステージを無効にする(Disable powerstage (one-shot)のように設定されている場合、PWM信号の生成を無効にすることができます。アナログトリップ信号の構成については、次項で説明します。

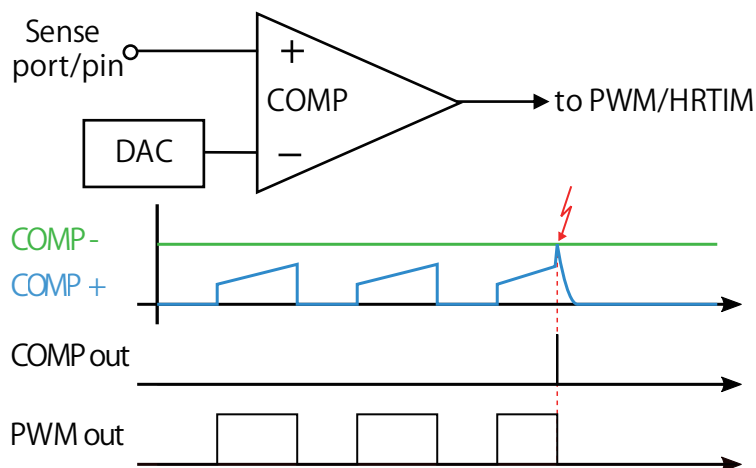
Powerstage Protectionブロックが反応する各トリップイベントはラッチされ、Powerstage Protectionブロックの**en**入力信号をLowからHighに切り替えることによるのみクリアできます。

注意 Powerstage Protectionブロックが個々のPWM信号に与える影響はオフラインシミュレーションでは表現されないため、ユーザが個別に実装する必要があります。例はPowerstage Protectionブロックのヘルプと図4に示されています。

2.3 アナログ保護の信号構成

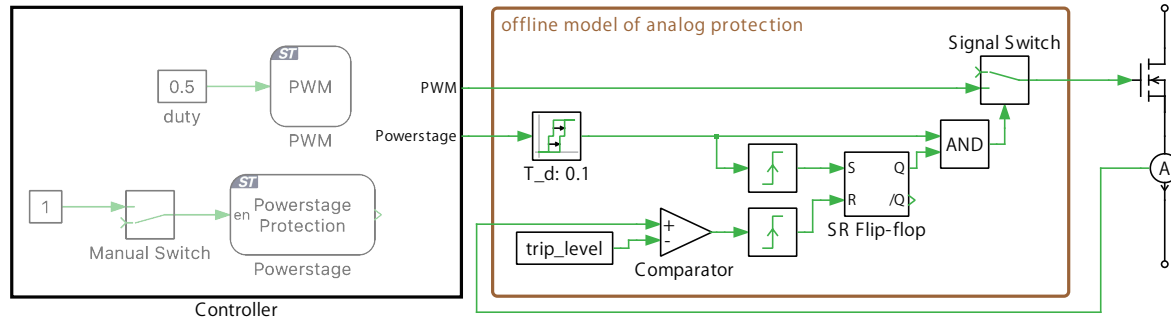
Coder -> Coderオプション -> ターゲットタブのProtectionサブタブで、ターゲットMCUごとに1つのアナログ保護の信号が有効になります。アナログ保護のメカニズムと動作を図3に示します。各アナログの保護信号には、最大許容電圧を定義する障害しきい値レベルがあります。このしきい値信号は、内部比較器の負の入力パッドに内部接続されたDACによって設定されます。Senseピンは通常、電流または電圧測定信号に接続され、比較器の正入力パッドに内部的にルーティングされます。**Trip behaviour**がTrip if signal is above thresholdに設定されている場合、Senseピンの信号がしきい値を超えると、比較器の出力は論理Highになります。この遷移により、すべてのPWM出力が強制的に安全状態に移行され、シャットダウンします。

図3: アナログ保護の信号に対する反応



注意 アナログ保護信号が個々のPWM出力に及ぼす影響はオフラインシミュレーションでは表現されないため、ユーザが別途実装する必要があります。図4に例を示します。PWM出力は手動切替スイッチに接続されており、Powerstage Protectionがen入力でLowからHighへの遷移を検出するとすぐに有効になります。MOSFETを流れる電流(電流計で測定)が規定のtrip_levelを超えると、比較器が出力を論理"High"に変更し、PWM出力が無効になります。障害が解消され、Powerstage Protectionブロックが再び有効になると、PWM出力が再び解放されます。

図4: アナログ保護の信号のオフライン実装



2.4 トリップ信号シミュレーション

このデモでは、Sense信号、つまり電流または電圧の測定値は、DACターゲットブロックによってエミュレートされます。この代表的なSense信号は、内部アナログ比較器の正入力ピン、すなわちSenseピンに接続する必要があります。

3 シミュレーション

各サブシステムは、対応するSTM32ハードウェアのターゲット固有のコードに直接変換できます。

ハードウェアの接続

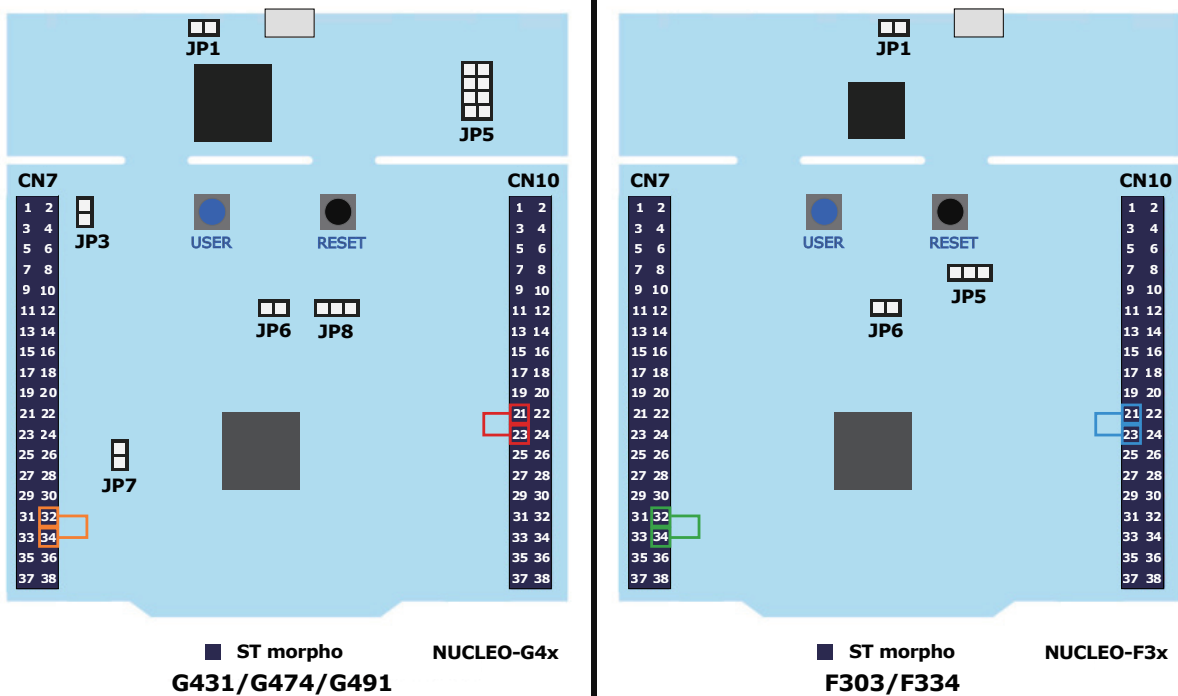
図5のように、2本のジャンパを使用してピンを接続します。この接続により、生成されたPWM信号がDigital Inにフィードバックされ、PWM波形が視覚化されます。また、DACターゲットブロックによって生成されたアナログ波形が、内部アナログ比較器の正のピンに接続されます。

MCUに書き込み

以下の手順に従って、サブシステムのいずれかをSTM32 MCUにアップロードしてください。

- 目的のMCUをUSBケーブルでホストコンピュータに接続します。
- **Coder -> Coderオプション...**ウィンドウの左側にある**システム**リストから、目的のMCUを選択します。
- Build typeをBuild and Programに設定し、**ビルド**をクリックします。

図5: アナログ保護機能をテストするためのジャンパ接続



注意 正しくプログラムされていれば、STM32ボード上の緑色のLED(LD2)が点滅します。

外部モード

生成したコードをSTM32ターゲット上で実行し、ジャンパが接続されると、ユーザは外部からPLECSアプリケーション内の数値表示ブロックやPLECSスコープでリアルタイムで値の更新を確認したり、特定のシミュレーションパラメータを変更することができます。

以下の手順はターゲットデバイスへの接続方法を示しており、デバッグの詳細についてはユーザーマニュアル[6]の"外部モードの開始"セクションを参照してください。

- **Coder -> Coderオプション...**ウィンドウの左側にある**システム**リストから、目的のMCUを選択します。
- **外部モード**タブから**接続**をクリックします
- **自動トリガを有効化**をクリックして、PLECSスコープと数値表示ブロックの結果を確認します。

選択したMCUのサブシステム内にあるPLECSスコープと数値表示ブロックで、リアルタイムの値を表示できるようになりました。

パラメータのインライン化

モデルをビルドする前に、**Coderオプション**ウィンドウの**パラメータのインライン化**タブにある"例外"リストにコンポーネントを追加すると、ターゲットデバイスの特定の値をリアルタイムで変更できます。

この場合、外部モードからターゲットデバイスに接続する際に、**手動切替スイッチ**で変更できます。手動切替スイッチを0から1に切り替えることで、Powerstage Protectionブロックに**en**信号が供給され、PWM信号の生成が可能になります。

構成されたアナログ保護信号は、NUCLEOボード上の青色の"User"ボタンが押されると作動します。ボタンを押すと、DACは設定された故障しきい値を超えると電圧を出力します。このため、比較器の出力状態は論理Highになり、トリップ信号がMCUを介してPWMペリフェラルに伝達されます。数回のシステムクロック周期後、モデルのすべてのPWM出力は強制的に安全状態(非アクティブレベル)に移行します。PWM信号を再度有効にするには、手動切替スイッチを0から1に切り替えます。

4 まとめ

このモデルは、STM32 MCUにおける過電流および過電圧保護の一般的な構成を示しています。アナログ保護信号によって、数クロック周期以内にPWM出力をオフにすることができます。これにより、故障発生時におけるパワーステージの効率的な保護が可能になります。

5 参考文献

- [1] NUCLEO-G431RB, URL: <https://www.st.com/en/evaluation-tools/nucleo-g431rb>.
- [2] NUCLEO-G474RE, URL: <https://www.st.com/en/evaluation-tools/nucleo-g474re>.
- [3] NUCLEO-G491RE, URL: <https://www.st.com/en/evaluation-tools/nucleo-g491re>.
- [4] NUCLEO-F303RE, URL: <https://www.st.com/en/evaluation-tools/nucleo-f303re>.
- [5] NUCLEO-F334R8, URL: <https://www.st.com/en/evaluation-tools/nucleo-f334r8>.
- [6] STM32 Target Support User Manual,
URL: <https://www.plexim.com/download/documentation>
日本語マニュアル: <https://adv-auto.co.jp/products/plexim/manual.html>

改訂履歴:

STM32 TSP 1.4.1 初版
STM32 TSP 1.5.1 Webリンクの更新

Pleximへの連絡方法:

☎ +41 44 533 51 00 Phone
✉ Plexim GmbH Mail
Technoparkstrasse 1
8005 Zurich
Switzerland
@ info@plexim.com Email
<https://www.plexim.com> Web

計測エンジニアリングシステムへの連絡方法:

☎ +81 3 6273 7505 Phone
✉ Keisoku Engineering System CO.,LTD. Mail
1-9-5 Uchikanda, Chiyoda-ku
Tokyo, 101-0047
Japan
<https://kesco.co.jp> Web

Embedded Code Generation Demo Model

© 2002–2026 by Plexim GmbH

このマニュアルで説明されているソフトウェアPLECSは、ライセンス契約に基づいて提供されています。ソフトウェアは、ライセンス契約の条件の下でのみ使用またはコピーできます。Plexim GmbHの書面による事前の同意なしに、このマニュアルのいかなる部分も、いかなる形式でもコピーまたは複製することはできません。

PLECSはPlexim GmbHの登録商標です。MATLAB、Simulink、およびSimulink Coderは、The MathWorks, Inc.の登録商標です。その他の製品名またはブランド名は、それぞれの所有者の商標または登録商標です。

本マニュアルは、Plexim社の英文マニュアルを日本語に翻訳したものです。本マニュアルと英文マニュアルとで差異がある場合、英文マニュアルを正とします。

本マニュアルの内容に基づいて発生した負傷や損害などに対して、Plexim GmbHおよび計測エンジニアリングシステム株式会社は一切責任を負いません。製品とアプリケーションに関連したリスクを最小限に抑えるため、ユーザが適切な設計および保護対策を用意する必要があります。