

RT Box *DEMO MODEL*

Multiphase Buck Converter

多相降圧コンバータ

- PWMトリガ方式のAnalog In測定を動的な位相シェディングを備えた3相インタリーブ降圧コンバータに適用 -

Last updated in RT Box TSP 3.1.3

1 はじめに

このRT Boxのデモでは、閉ループ内のインタリーブ多相降圧コンバータを紹介しています。次章では、PLECSの電気回路ドメインと制御器ドメインを使用した電力ステージと制御の実装について詳しく説明します。このデモモデルには次の機能があります:

- 電源回路は、一連の負荷に電力を供給する3相インタリーブ降圧コンバータで構成しています。
- 有効な位相数は位相シェディングによって動的に変更し、これにより軽負荷状態でのコンバータの効率が向上します。
- コントローラ側は、各相のPWMをトリガとし、同期的に各相の平均インダクタ電流をサンプリングします。この関係は、より少ない位相のPWMがアクティブになる位相シェディング中でも維持されます。また、3相間の電流バランス制御も実現しています。

このモデルは、既存のSTM32 Target SupportのデモをRT Boxに適応させたものであることに注意してください[1]。したがって、このドキュメントではコンバータのパラメータとコントローラのアルゴリズムの説明は行いません。

このドキュメントの焦点は、RT Boxをコントローラとして使用する場合の、PWMをトリガとしたAnalog Inの測定と、動的な位相シェディングのためのDigital Out Overrideコンポーネントの使用方法を紹介することです。

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):

- 2台の[PLECS RT Box](#)、[PLECS](#)と[PLECS Coder](#)ライセンスを1つずつ
- [RT Box Target Support Package](#)(3.1.1以降)
- RT Box の初期セットアップについては、[RT Box User Manual](#)のクイックスタートガイドに記載されている、PLECSとRT Box の設定手順に従います。

注意 このモデルには、以下から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

このデモは、STM32 Target Supportのdemos内にあるMultiphase Buck Converterデモ(interleaved_buck_converter.pdf)を基に作成されています。RT BoxのPlantモデルと良く似ています; Controllerモデルは同じ制御アルゴリズムを使用していますが、RT Boxのターゲットブロックを利用しています。

2.1 Plant

電源回路を[図1](#)に示します。回路パラメータの説明については、STM32Multiphase Buck Converterデモ[1]のドキュメントを参照してください。

各フェーズは、PLECSライブラリのNanostepセクションにあるBuck Converterコンポーネントを使用してモデル化します。RT BoxのNanostepソルバは、1桁台のナノ秒範囲の時間ステップでコンバータをシミュレートします。NanostepソルバのステップサイズはRT Boxハードウェアに基づいて固定で、RT Box 1およびCEは7.5ナノ秒、RT Box2および3では4ナノ秒です。

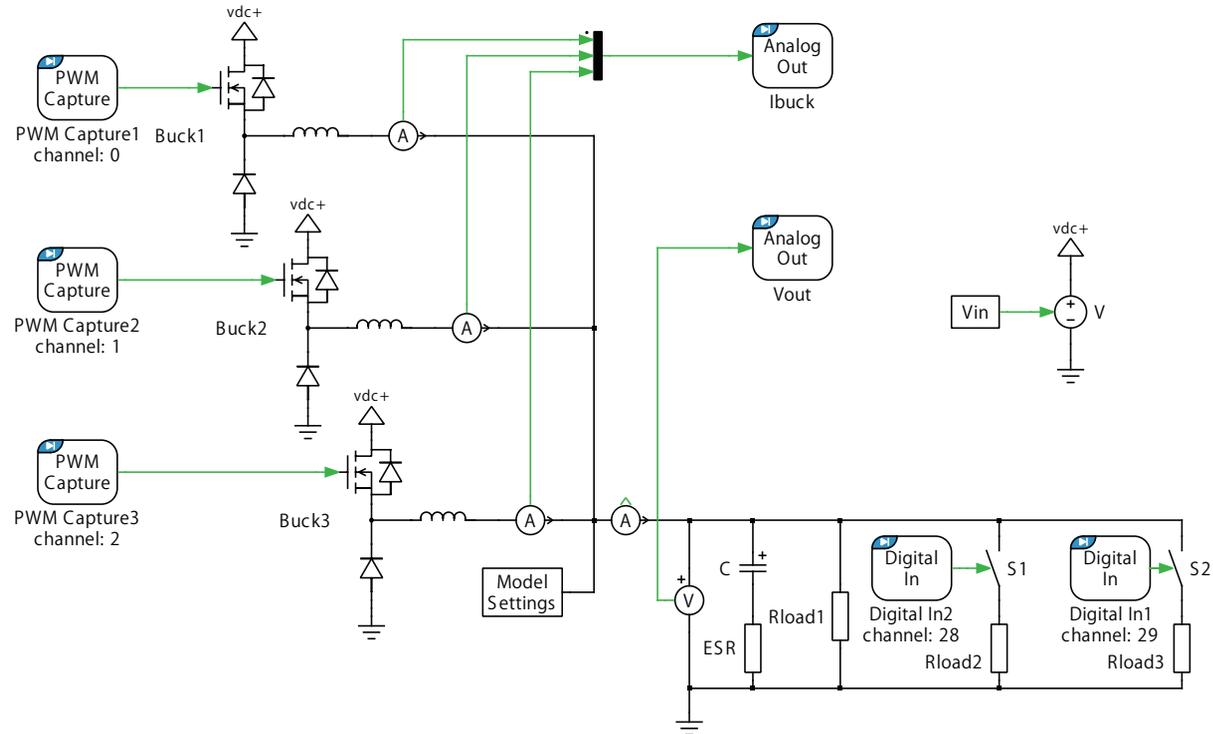
電気モデル設定ブロックは位相レグに接続しています。このブロック内では、**ターゲット**としてCPUまたはFPGAを選択できます。

Multiphase Buck Converter

- CPU - すべてのRT Boxで使用可能で、RT Box 1にビルドする場合のデフォルトのオプションです。
- FPGA - RT Box 2および3でのみ使用可能なため、RT Box 2または3にビルドする場合のデフォルトのオプションです。

また、分散化ステップサイズ T_{s_plant} は、異なるシミュレーションターゲット間では若干調整される場合があります。詳細については、各デモのモデル初期化コマンドを参照してください。

図1: 多相降圧コンバータの電源回路



合計負荷抵抗は、2つのDigital In信号(DI-28とDI-29)の位置に基づいて変更できます。アクティブな位相数は、合計負荷電流に作用します。負荷抵抗が減少すると、より多くの位相がアクティブになります。

2.2 Controller

コントローラのモデルを図2に示します。"Voltage Controller"、"Current Controller"、"Phase Shedding"、および"Phase Calc"という名前のサブシステムは、対応する STM32 Target Support のデモと同じです。

コントローラ部には、RT Box Target Support ライブラリの次のコンポーネントが含まれています:

- PWM Outブロック: **Advanced** タブの **ADC trigger output** で構成するキャリア最小値。
- Analog Inブロック: **Trigger source** で Use PWM trigger port で構成します。
- Digital Out Overrideブロック: 位相シェディングを動的に制御します。
- Digital Outブロック: Plant側の負荷抵抗を制御するためにDO-28とDO-29のデジタル信号を出力します。

3 シミュレーション

このモデルは、コンピュータ上のオフラインモードと、PLECS RT Box上のリアルタイムモードのどちらでも実行できます。リアルタイム操作を行うには、図3に示すように2台のRT Box("Plant"と"Controller")をセットアップする必要があります。図はRT Box 1のセットアップが示されていますが、これは説明のみを目的としています。

図2: 多相降圧コンバータのコントローラモデル

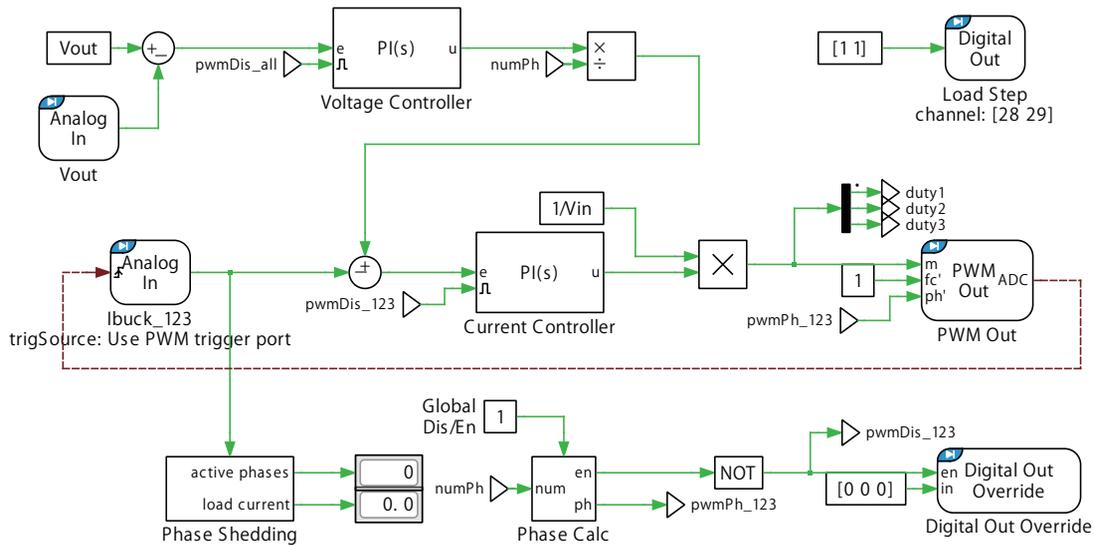
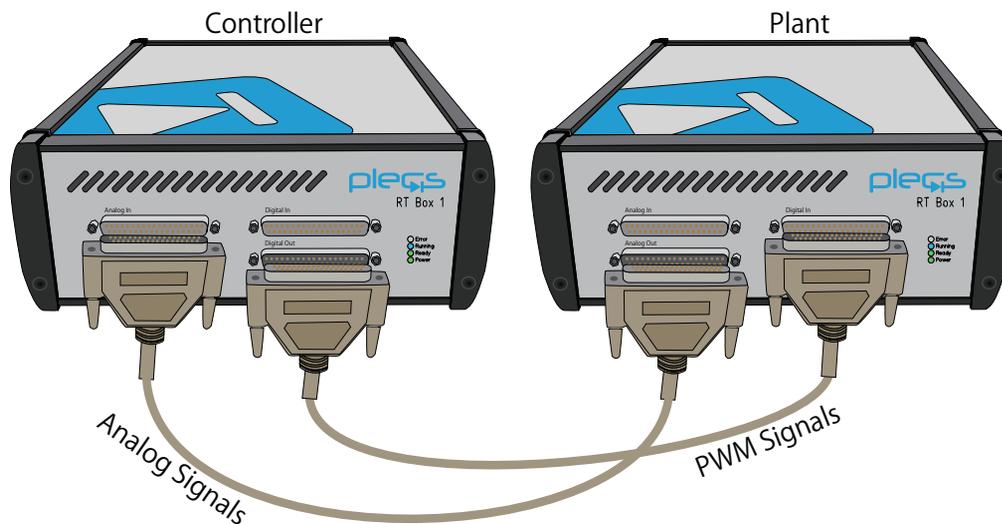


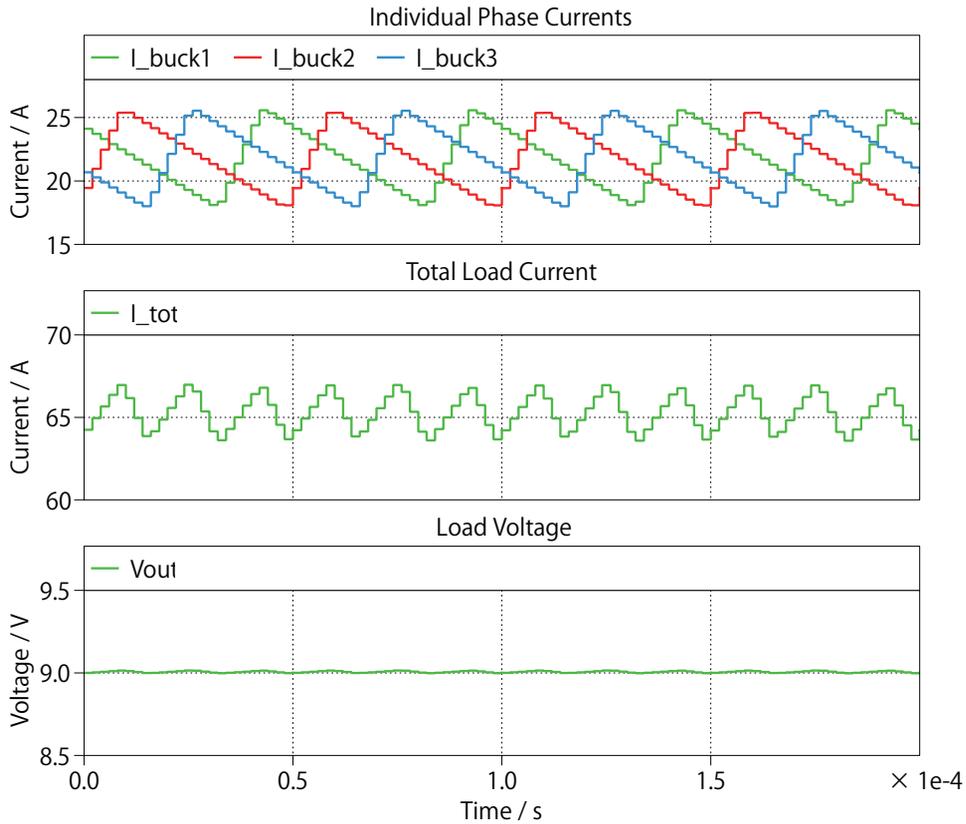
図3: デモモデルのリアルタイム動作のためのハードウェア構成の例(RT Boxのモデルは説明のみを目的としています)



- モデル内の各サブシステムを対応するBoxにビルドすると、リアルタイムシミュレーションの波形は図4のようになります。デモのデフォルト設定では、両方の追加の負荷抵抗ブランチがオンになっています。これにより、負荷抵抗が最小になり、負荷電流が最大になります。このシナリオでは、3つの降圧コンバータブランチすべてがアクティブになり、バランスが取れ、120度の位相シフトでインタリーブするように制御されます。
- 次に、外部モードでは、Controller側Box内の負荷ステップを制御する定数ブロックをデフォルトの[1 1]から[1 0]に変更します。これにより負荷抵抗が増加し、負荷電流が減少します。リアルタイムシミュレーションの波形は図5のようになります。このシナリオでは、最初2つの降圧コンバータブランチのみがアクティブに制御され、バランスが取られ、互いに180度の位相シフトでインタリーブされます。
- 外部モードでは、前述の定数ブロックをさらに[1 0]から[0 0]に変更します。これにより、負荷抵抗が最大になり、負荷電流が最小になります。リアルタイムシミュレーションの波形は図6のようになります。最初の相のみがアクティブになります。

Multiphase Buck Converter

図4: 3相すべてがアクティブな場合のシミュレーション結果



4 まとめ

このモデルでは、PWMをトリガとしたAnalog Inブロックを使用して RT Box上のインターリーブ多相電流を測定する方法と、Digital Out Overrideブロックを使用して動的な位相シェディングを行う方法を示しました。

5 参考文献

[1]STM32 Interleaved Buck Converter Demo

URL: https://plexim.com/sites/default/files/demo_models/interleaved_buck_converter.pdf

図5: 2つのアクティブ相のシミュレーション結果

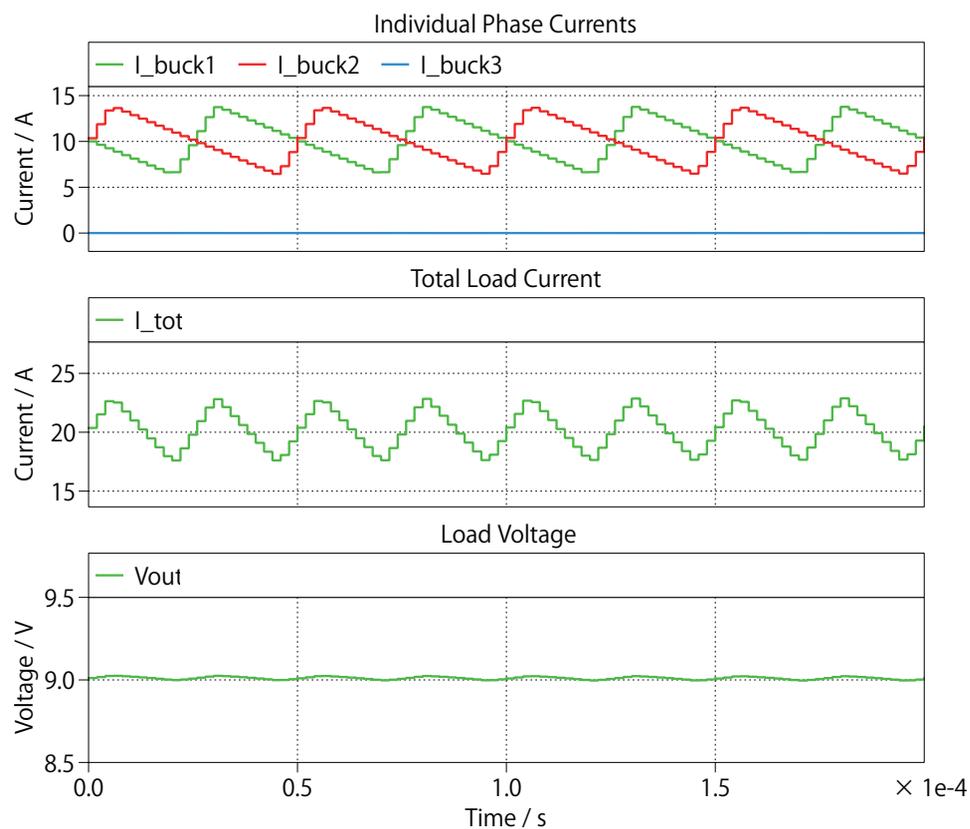
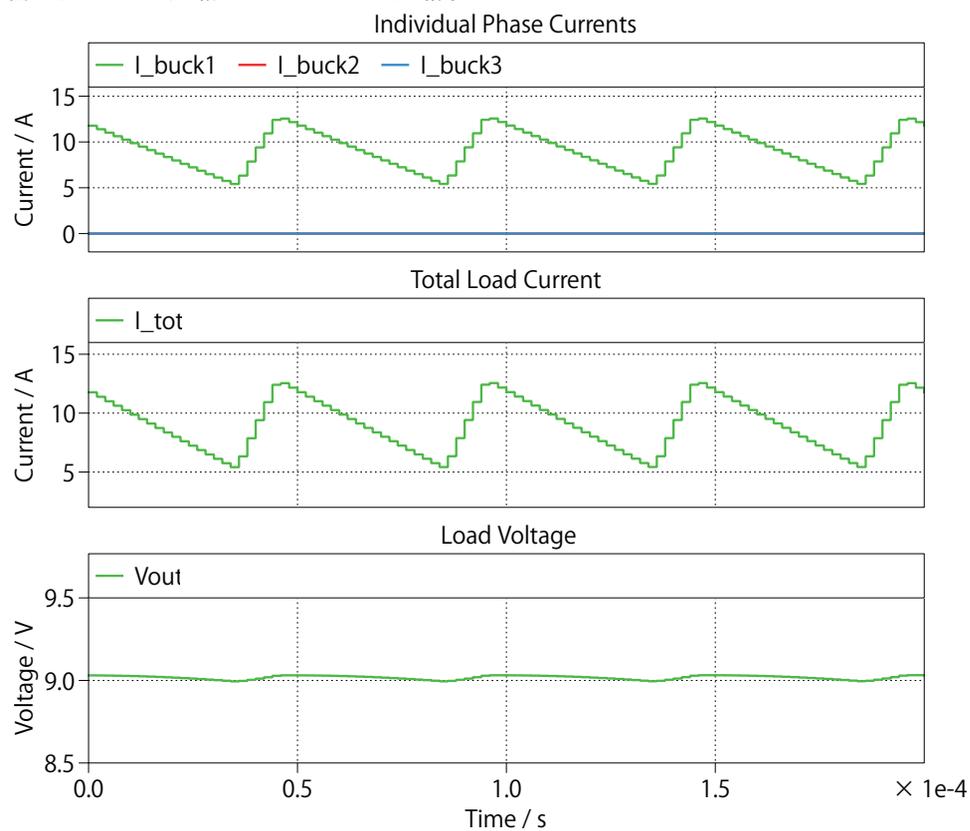


図6: 1つのアクティブ相のみのシミュレーション結果



改訂履歴:

RT Box TSP 2.1.2 初版

RT Box TSP 3.1.3 Nanostepライブラリの降圧コンバータコンポーネントを使用するように更新



Pleximへの連絡方法:

☎ +41 44 533 51 00 Phone

+41 44 533 51 01 Fax

✉ Plexim GmbH Mail

Technoparkstrasse 1
8005 Zurich
Switzerland

@ info@plexim.com Email

<http://www.plexim.com> Web

KESCO 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

+81 3 6285 0250 Fax

✉ Keisoku Engineering System CO.,LTD. Mail

1-9-5 Uchikanda, Chiyoda-ku
Tokyo, 101-0047
Japan

<https://kesco.co.jp> Web

RT Box Demo Model

© 2002–2025 by Plexim GmbH

このマニュアルで記載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の事前の書面による同意なしに、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。