

# RT Box *DEMO MODEL*

## Minimal Example Demos 最小限のサンプルデモ

Last updated in RT Box TSP 3.1.2

# 1 はじめに

これらのRT Boxの最小限のサンプルデモは、1台のRT Box上で動作する基本的な電力変換トポロジを特徴としています。これらのデモモデルには以下の機能があります：

- コンバータトポロジは、該当する場合はPLECSライブラリのNanostepモジュールコンポーネントを使用して、またはPLECSライブラリのパワー素子モジュールのデフォルトSub-cycle average構成を使用して適用します。
- PWM信号の生成は、コンバータトポロジがリアルタイムで動作するのと同じRT Box上で、単純な開ループパターンを使用して行います。
- モデルを1台のRT Boxにデプロイするには、RT Boxの前面パネルにあるDigital OutインタフェースとDigital Inインタフェースを接続するためのループバックケーブルが必要です。

このドキュメントでは、最小限のサンプルデモの共通概念について説明しています。基本的なコンバータトポロジに対するRT Boxの実行機能を紹介することに重点を置いています。ここでは、実際のコンバータ設計のパラメータを提供することを意図していないことに注意してください。

選択した離散化ステップサイズとCPUの平均実行時間、および各最小限のサンプルデモのFPGAステップサイズを表1に示します。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。誘導性ACリンクを備えた高周波DC/DCコンバータを正確にモデル化するには、小さなステップサイズが重要です。

## 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)：

- [PLECS](#)および[PLECS Coder](#)ライセンス1つずつ(バージョン4.9.1以上)
- 1台の[PLECS RT Box](#) CE、1、2または3
- [RT Box Target Support Package](#)バージョン3.1.1以上
- 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。
- 37ピンD-Subケーブル1本

---

**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

すべての最小限のサンプルデモは同じセルフループバック概念に従っているため、以下ではflying\_cap\_single\_phase\_inverter.plecsモデルを使用して説明します。図1は、モデルのトップレベルの回路図を示しています。

ユーザは、最上位レベルの回路図にPLECSスコープを追加して、生成された理想PWM信号をPC上のオフラインシミュレーションで視覚化できます。

"Plant"サブシステムには、コンバータトポロジとPWM生成ロジックの両方が含まれています。図2は、"Plant"サブシステム内の回路モデルを示しています。

表1: 最小限のサンプルデモの離散化ステップサイズ

| Model Name   | RT Box 1<br>CPU | RT Box 2 or 3<br>CPU,<br>FlexArray | Nanostep<br>(7.5 ns on RT Box 1,<br>4ns on RT Box 2 or 3) |
|--|-----------------|------------------------------------|---|
| Buck Converter   | 1.25 $\mu$ s    | 2.0 $\mu$ s , 250ns                | Yes   |
| Synchronous Buck Converter   | 1.25 $\mu$ s    | 2.0 $\mu$ s , 250ns                | Yes   |
| Boost Converter  | 1.25 $\mu$ s    | 2.0 $\mu$ s , 250ns                | Yes   |
| Flyback converter  | 1.5 $\mu$ s     | 1.5 $\mu$ s , 250ns                | Yes   |
| Single-Phase Inverter  | 1.5 $\mu$ s     | 2.0 $\mu$ s , 250ns                | Yes   |
| Three-Phase Inverter   | 2.0 $\mu$ s     | 2.0 $\mu$ s , 250ns                | Yes   |
| Three-Level NPC Inverter   | 2.0 $\mu$ s     | 2.0 $\mu$ s , 250ns                | Yes   |
| Three-Level NPC Inverter<br>(two interleaved branches with breakers) | 5.0 $\mu$ s     | 2.0 $\mu$ s , 500ns                | N/A   |
| Three-Level T-Type Inverter  | 2.5 $\mu$ s     | 2.5 $\mu$ s , 250ns                | Yes   |
| Three-Level ANPC Inverter  | 2.5 $\mu$ s     | 2.5 $\mu$ s , 417ns                | N/A   |
| Vienna Rectifier   | 2.5 $\mu$ s     | 2.5 $\mu$ s , 250ns                | Yes   |
| Five-Phase Inverter  | 5.0 $\mu$ s     | 2.5 $\mu$ s , 417ns                | N/A   |
| Five-Phase Interleaved Sync. Buck                                    | 3.5 $\mu$ s     | 2.5 $\mu$ s , 417ns                | N/A   |
| Flying-Cap Single-Phase Inverter                                     | 6.0 $\mu$ s     | 4.5 $\mu$ s , 450ns                | N/A   |
| Cascaded Full-Bridge Rectifier                                       | 6.0 $\mu$ s     | 4.5 $\mu$ s , 900ns                | N/A   |
| Dual-Active Bridge   | 1.8 $\mu$ s     | 1.8 $\mu$ s , 257ns                | Yes   |
| Half-Bridge LLC  | 1.8 $\mu$ s     | 1.8 $\mu$ s , 257ns                | Yes   |
| Full-Bridge LLC  | 1.8 $\mu$ s     | 1.8 $\mu$ s , 257ns                | Yes   |
| Phase-Shifted Full-Bridge  | 1.8 $\mu$ s     | 1.8 $\mu$ s , 257ns                | Yes   |
| CLLC   | 2.0 $\mu$ s     | 2.0 $\mu$ s , 250ns                | Yes   |
| NPC CLLC   | 2.0 $\mu$ s     | 2.0 $\mu$ s , 250ns                | Yes   |
| Three-Phase Dual Active Bridge                                       | 2.0 $\mu$ s     | 2.0 $\mu$ s , 250ns                | Yes   |
| Triple Active Bridge   | 2.0 $\mu$ s     | 2.0 $\mu$ s , 250ns                | Yes   |

## 2.1 コンバータトポロジ

該当する場合、コンバータのスイッチングレグは、PLECSライブラリのNanostepセクションで利用可能なモジュールを使用して構築します。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。トポロジにNanostep実装がない場合、PLECSライブラリのパワー素子モジュールを使用してデフォルトのSub-cycle average構成でモデル化します。

パワー素子モジュール内の**アサーション**はすべてデフォルトでオンに設定されています。リアルタイム実行中に、補完スイッチペアのゲート信号の重複を捕捉できます。RT Boxはエラーメッセージを表示します。

電気モデル設定ブロックはコンバータのブリッジ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を選択します。

図1: 最小限のサンプルデモのトップレベルの回路図

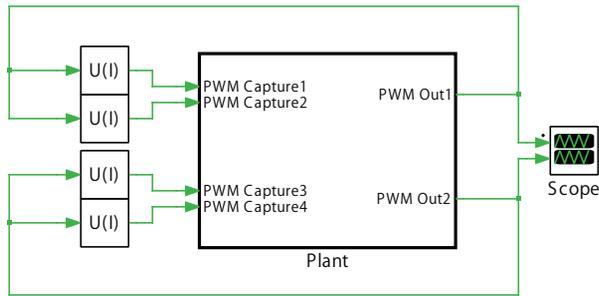
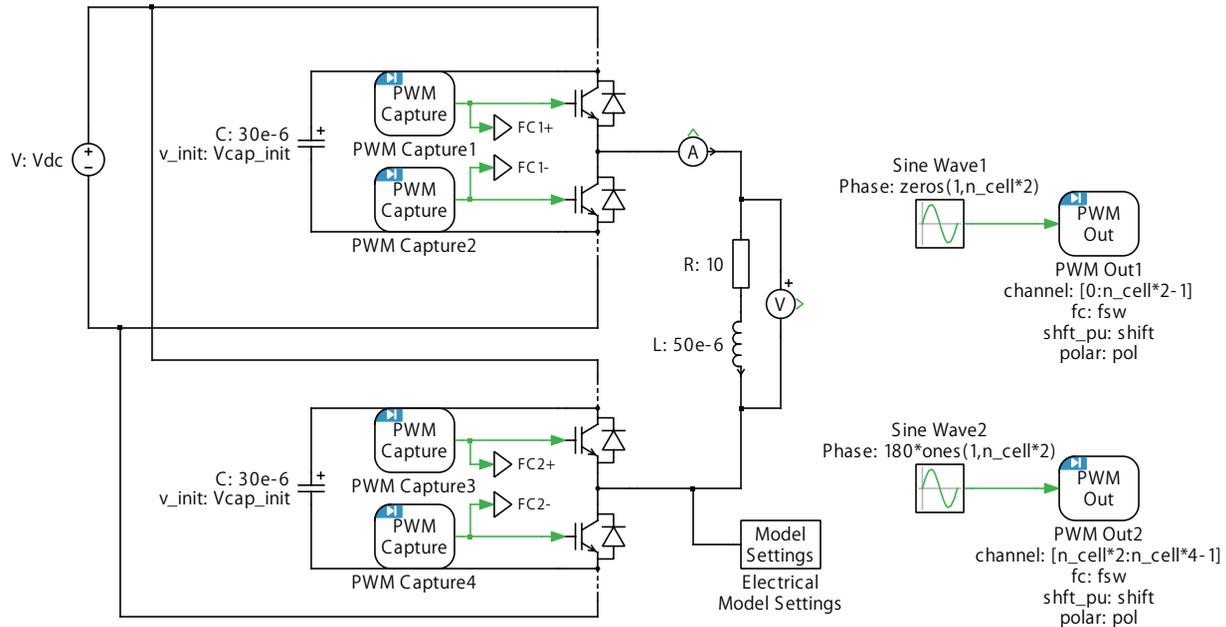


図2: 最小限のサンプルデモのPlantサブシステムの回路図



- 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でのみ使用可能で、RT Box 2または3上にビルドする場合のデフォルトのオプションです。

また、離散化ステップ 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微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。

## 2.2 PWM生成とキャプチャ

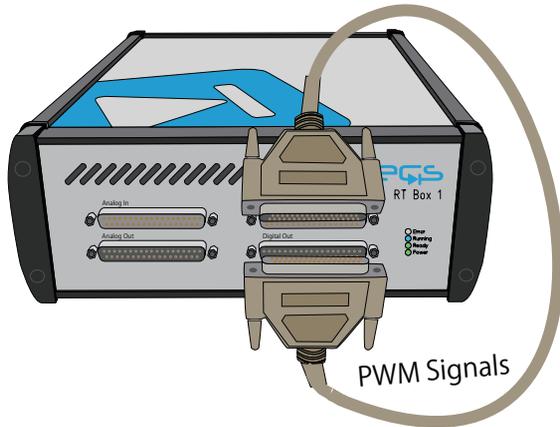
RT Box Target SupportライブラリのPWM Outブロックは、PWM信号を生成するために使用します。**Carrier phase shift**、**Carrier limits**、**Polarity**などのパラメータは、RT Box上でさまざまなトポロジのゲート信号パターンを生成するために使用します。

RT Box Target SupportライブラリのPWM Captureブロックは、ループバック方式で自己生成したPWM信号をサンプリングするために使用します。FPGAシミュレーションの場合、前提条件として、PWM Captureブロックをパワー素子モジュールのゲートに直接接続する必要があることに注意してください。 - これは、すべての最小限のサンプルデモの実装に適用しています。パワー素子モジュールがNanostep用に設定されている場合、PWM信号はRT Box 1およびCEでは7.5ナノ秒間隔でサンプリングし、RT Box 2および3では4ナノ秒間隔でサンプリングします。これはNanostepソルバの実行間隔です。

## 3 シミュレーション

最小限のサンプルモデルを1台のRT Boxにデプロイするには、以下の手順に従ってください:

図3: 最小限のサンプルデモを実行するために前面にループバックケーブルを接続したRT Box



- 1 図3のようにDB37ケーブルを使用して、RT BoxのDigital OutインタフェースをDigital Inインタフェースに接続します。
- 2 Coderオプション ウィンドウのシステムリストから、"Plant"を選択し、ユーザのRT Boxにビルドします。
- 3 モデルがアップロードされたら、Coder オプション...ウィンドウの外部モードタブから、RT Boxに接続し、自動トリガを有効化にします。
- 4 ユーザは、"Plant"サブシステム回路図内に接続されているPLECSスコープからリアルタイムの波形を表示できます。
- 5 ユーザは、RT Box Web InterfaceのApplicationタブとDiagnosticsタブで、CPUまたはFPGAシミュレーションのリアルタイムパフォーマンスに関する詳細情報を見ることもできます。

## 4 まとめ

これらの最小限のサンプルデモでは、1台のRT BoxでPWM信号ループバックを設定する簡単な使用方法を紹介しました。CPUまたはFPGAシミュレーションは、電気モデル設定ブロックを使用してPLECSモデルで設定できます。

改訂履歴:

RT Box TSP 3.0.1 初版

RT Box TSP 3.0.3 2つのインタリーブブランチを備えたNPCインバータデモを追加

RT Box TSP 3.1.2 デモをNanostepソルバに更新し、さまざまな新トポロジを追加



**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。