

RT Box *DEMO MODEL*

SPI interface demo on a single RT Box

1台のRT BoxでのSPIデモ

Last updated in RT Box TSP 3.1.2

1 はじめに

シリアルペリフェラルインタフェース(Serial Peripheral Interface: SPI)は、主にペリフェラルとの短距離通信に使用する同期シリアル通信インタフェースの仕様です。SPIデバイスは、1台のコントローラと複数のペリフェラル間のマスタ/スレーブアーキテクチャを使用して全二重モードで通信します。

RT Box Target Support PackageのSPI ControllerとSPI Peripheralブロックは、デジタル出力/入力を介して SPI通信を実装します。RT Boxにはこの2つのSPIモジュールがあります。各SPIモジュールは、最大4つの並列データチャンネル(共通クロックとチップセレクト信号を使用)にデータを出力できます。

このデモモデルは次の内容を示します:

- SPI Controllerのデジタル出力チャンネルをSPI Peripheralのデジタル入力チャンネルに接続し、SPI Peripheralのデジタル出力チャンネルをSPI Controllerのデジタル入力チャンネルに接続するデモンストレーション
- SPI ControllerとSPI Peripheralブロック内のパラメータを設定する方法
- 1台または複数台のRT Boxモデルステップ内でのSPI送信

追加のモデルでは、RT BoxがSPI Controllerとして機能し、外部のADCデバイスをSPI Peripheralとして接続する使用例を示します。追加のモデルについては[付録](#)で説明しており、デモモデルフォルダに収録しています。

1.1 必要なハードウェアおよびソフトウェア

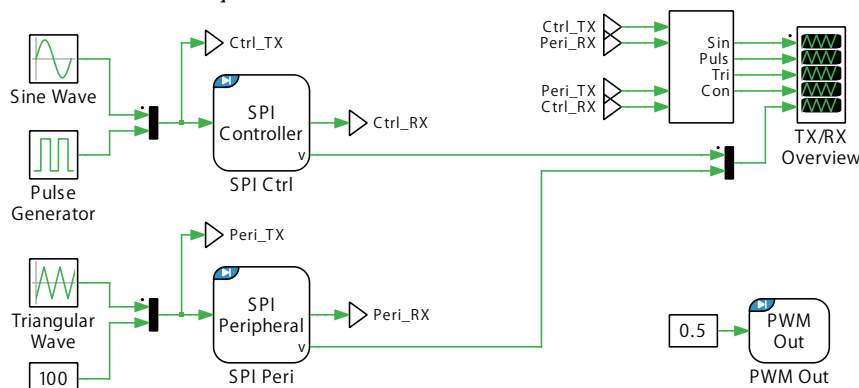
このデモモデルを実行するには、次の製品が必要です(www.plexim.comから入手可能):

- 1台の[RT Box](#)、[PLECS](#)と[PLECS Coder](#)ライセンスを1つずつ
- [RT Box Target Support Package](#)(2.2.1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。
- RT Boxの前面パネルにあるDigital Outputチャンネル0、1、2、3、4に、それぞれDigital Inputチャンネル0、1、2、3、4を配線してください。

2 モデル

このデモモデルでは、一方のモジュールをSPI Controllerとして、もう一方のモジュールを同じRT Box上のSPI Peripheralとして使用します。

図1: SPI Controller-Peripheralデモのサブシステム回路図

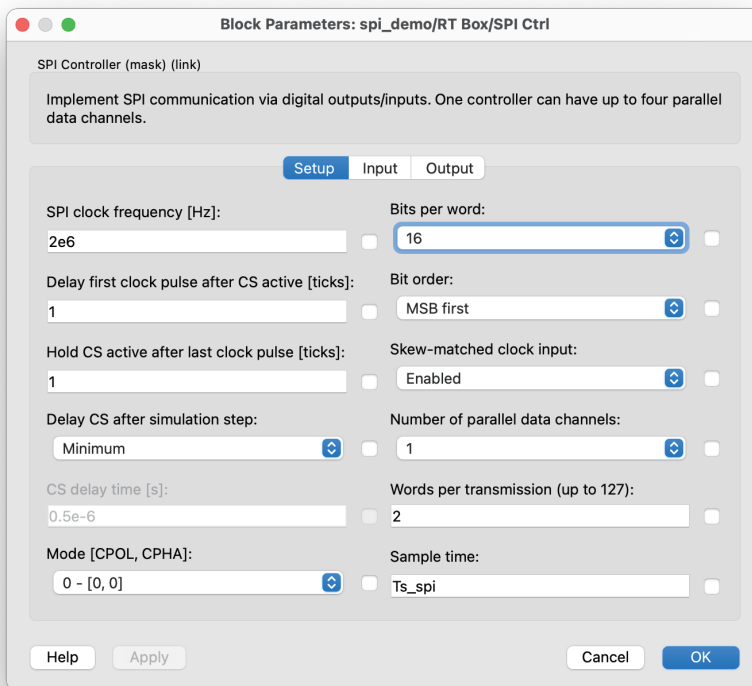


回路図を図1に示します。正弦波とパルス波は2つの16ビットワードに格納され、SPI Controllerのデータ出力チャンネルから送信されます。ハードウェアの物理的配線により、SPI Peripheralのデータ入力チャンネルで受信されます。同様に、SPI Peripheralのデータ出力チャンネルからSPI Controllerのデータ入力チャンネルに三角波と定数値が送信されます。比較のため、図1のPLECSスコープは送信元の信号と受信信号の両方を表示しています。

さらに、PWM Outブロックは、**Synchronization with model step option**オプションをEnabledに設定することで、RT Boxモデルのステップサイズと同期した0.5デューティー比のPWM信号を生成します。このPWM信号は、1台または複数台のRT Boxモデルステップ内でのSPI送信のさまざまな動作を観察するためのリファレンスとして使用できます。

図2はSPI Controllerブロックのパラメータを示しています。以下の説明に記載されていないフィールドについては、SPI Controllerブロックのヘルプページを参照してください。

図2: SPI contentブロックのパラメータ画面



SPI ControllerのSetupタブ

- **Delay first clock after CS active**および**Hold CS active after last clock pulse**フィールドは、クロック信号とCS(チップセレクト)信号の間に特別なタイミングが必要な場合に使用します。このデモでは、各フィールドでデフォルト値1(最小単位)を使用します。
- **Delay CS after simulation step**は、RT Boxのシミュレーションステップに対してSPIデータ転送の開始を調整するのに役立ちます。このデモでは、デフォルトでMinimumを使用します。
- **Mode [CPOL, CPHA]**: 正しいデータ解釈を保証するために、SPI Controllerと外部のSPI Peripheralデバイス間では同一のSPIモードを設定する必要があることに注意してください。
- **Skew-matched clock input**は、コントローラ出力からその入力までの信号伝送遅延が SPI クロック周期の半分を超える場合に有効にできます。有効にすると、入力クロックを受信するために、入力タブの対応する**Digital input channel for skew-matched SPI clock**を指定する必要があります。指定しない場合、このフィールドはグレー表示されます。
- **Number of parallel data channels**: **Input**タブと**Output**タブの**Digital input channel(s) for SPI data**と**Digital output**

channel(s) for SPI dataのチャンネル数が、ここで選択した数と一致する必要があることに注意してください。このデモでは、1つのデータチャンネルのみを使用します。

- **Words per transmission:** このデモでは、1つのワードを正弦波に、もう1つのワードをパルス波に使用します。
- **Sample time:** ここで0を設定すると、SPI送信が各モデルステップ毎に行われることを意味します。モデルステップサイズの整数倍の数値をここに入力することで、SPI送信を複数のモデルステップに拡張することもできます。次章では、両方のシナリオを紹介します。また、-1を設定すると、このSPI Controllerブロックが属する原子単位系サブシステムやタスクフレームのサンプル時間を継承することになります。

SPI ControllerのInputおよびOutputタブ

各SPIモジュールは1つのSPIクロック信号と1つのCS信号しか出力できないため、**Digital output channel for SPI clock**と**Digital output channel for CS**の両方に単一のチャンネル番号が必要です。

SPI Peripheral

SPI Peripheralブロックのパラメータの内容は、いくつかのCS(チップセレクト)タイミング関連のフィールドを除いて、SPI Controllerと同じです。したがって、ここでの説明はありません。

3 シミュレーション

Coderオプション...ウィンドウの**システム**リストから、"spi_demo/RT Box"サブシステムを選択し、**ターゲット**タブに移動します。"RT Box"モデルを**ビルド**します。モデルをアップロードしたら、**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**にチェックします。リアルタイムシミュレーションの結果は、PLECSスコープの"TX/RX Overview"から確認できます。また、定数の値を100から200などに変更し、受信した値がすぐに変化するのを確認することもできます。

3.1 単一モデルステップ内でのSPI伝送

これは、このデモモデルのモデル初期化コマンドにおけるデフォルトの設定です。`type = 'single'`を有効にすると、以下の設定が行われます:

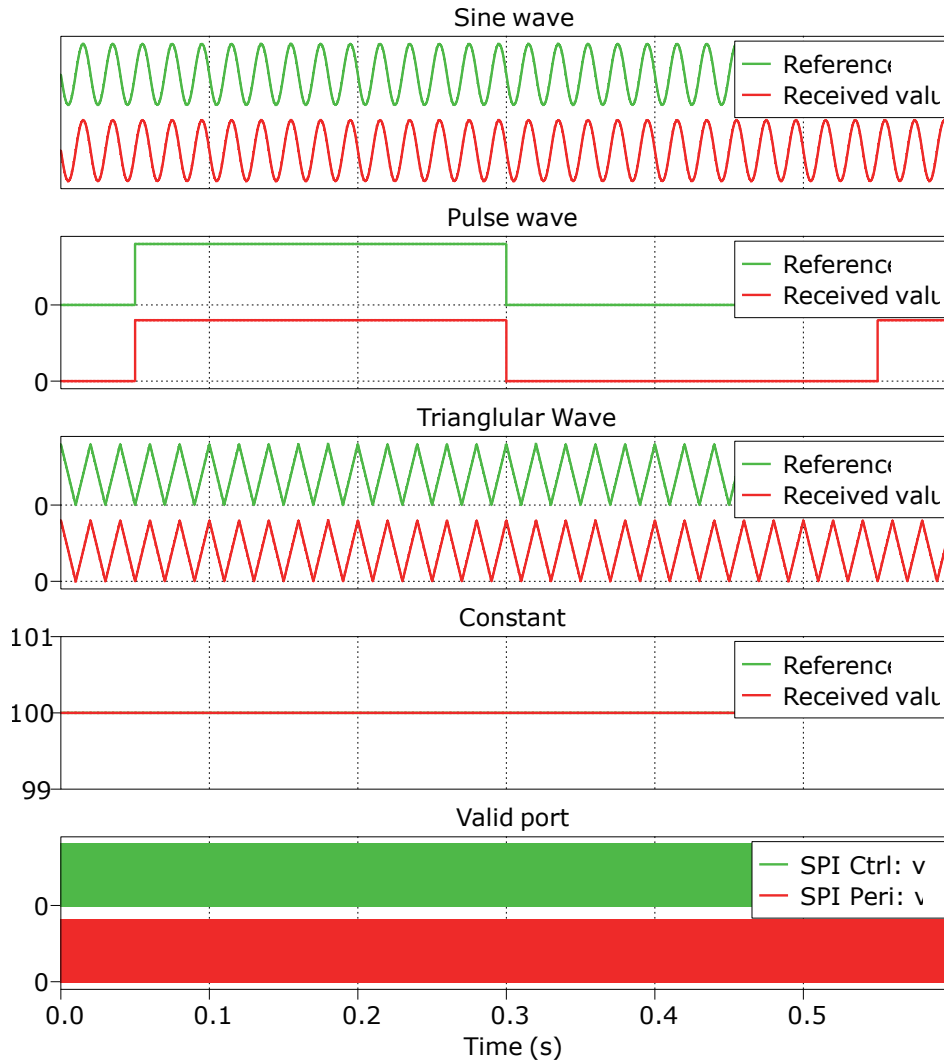
- RT Boxの離散化ステップサイズ = $20 \mu s$
- SPI送信サンプル時間 = $20 \mu s$

RT Boxでリアルタイムシミュレーションを実行し、外部モードが有効になると、PLECSスコープ内の波形を記録します。PLECSスコープの"TX/RX Overview"の最も重要な波形を[図3](#)に示します。受信した値は、信号の振幅と周波数の点で送信元の値と一致します。これは、RT Box上のSPI Controller - Peripheral機能を検証します。

[図4](#)は[図3](#)の0.3秒付近の拡大図です。受信したSPI Controllerのデータは、RT Boxの離散化ステップ サイズと同じ $20 \mu s$ のステップサイズを持つ階段状の波形を示します。送信するリファレンス信号と受信データ間には、2つ分のSPI送信間隔の遅延が生じます。

タイミングをより詳しく把握するために、外部オシロスコープを使用して、さまざまなデジタルチャンネルとRT Boxのステップサイズを測定します。[図5](#)のプロブCH1は、 $20 \mu s$ のモデルステップサイズに同期した0.5デューティ比のPWMを示しています。PWMは正極性で生成されるため、高状態の中心から次の高状態の中心までは、正確に1モデルステップを示します。このシナリオでは、SPI送信がRT Boxモデルの各ステップ内で行われることがわかります。オシロスコープのチャンネル数が限られているため、[図5](#)ではController出力(SIMO)データバスのみがプロブされ、Peripheral出力(SOMI)データは測定していないことに注意してください。

図3: PLECS ScopeによるSPI伝送の単一モデルステップ内でのリアルタイムシミュレーション結果



3.2 複数のモデルステップにわたるSPI伝送

このシナリオは、このデモモデルのモデル初期化コマンドで、以前の `type = 'single'` をコメントアウトし、`type = 'multi'` を有効にすることで選択できます。これにより、以下の設定が行われます:

- RT Boxの離散化ステップサイズ = $5 \mu\text{s}$
- SPI送信サンプル時間 = $20 \mu\text{s}$

これは、SPI送信時間(おおよそSPIクロック周期 $\times$ 1ワードあたりのビット数 $\times$ 1送信あたりのワード数) が、1台のRT Boxステップで提供する時間よりも長い時間を必要とするケースを示します。SPI送信間隔は、RT Boxのステップサイズの整数倍でなければなりません。

PLECSスコープの"TX/RX Overview"のリアルタイムシミュレーション波形は、大きな時間スケールでは図3のようになります。しかし、図6の拡大図を見ると違いがわかります。たとえば、正弦波リファレンス信号は現在 $5 \mu\text{s}$ で離散化されていますが、受信したSPI データは依然として $20 \mu\text{s}$ ごとに更新されます。完全な SPI送信には、全てのRT Box計算ステップが4つが必要です。ループバックシナリオでは、リファレンス信号と受信データ間に2つのSPI送信ステップの遅延がまだ存在します。

図7は、オシロスコープ測定による詳細な情報を示しています。プローブCH1は、新しい $5 \mu\text{s}$ モデルステップサイズを示す0.5デューティ比のPWMを表示します。CH2からCH4は、 $20 \mu\text{s}$ のサンプル時間での SPI送信を示しており、モデルステップのちょうど4倍に相当します。

図4: 図3のリアルタイムシミュレーション結果を0.3秒付近に拡大表示

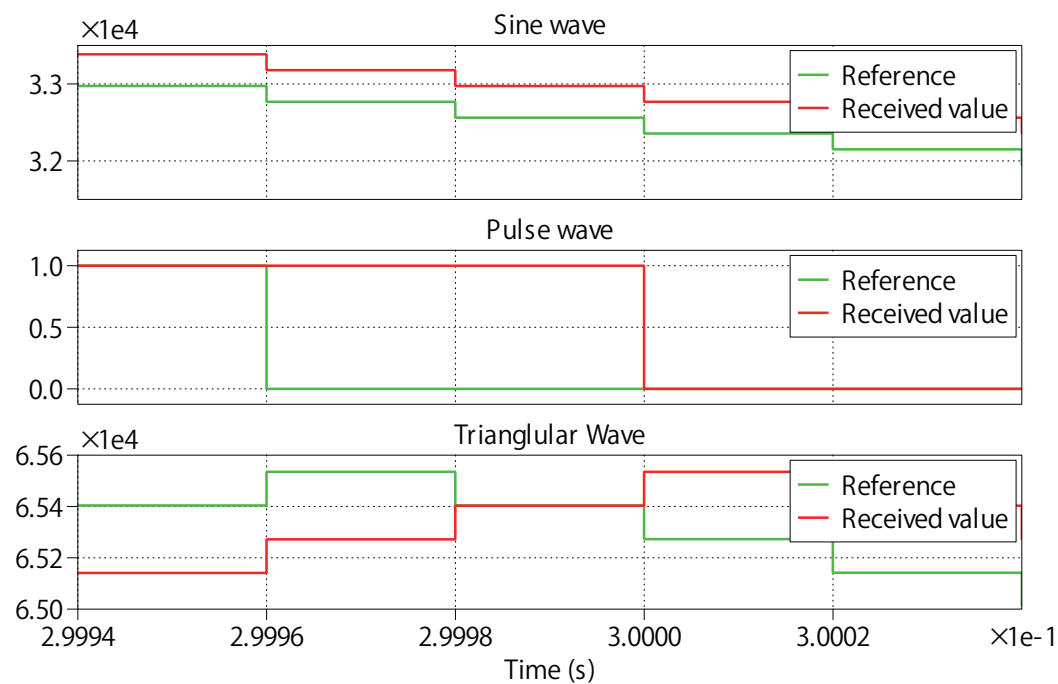


図5: 単一のモデルステップでのSPI伝送の外部オシロスコープ測定

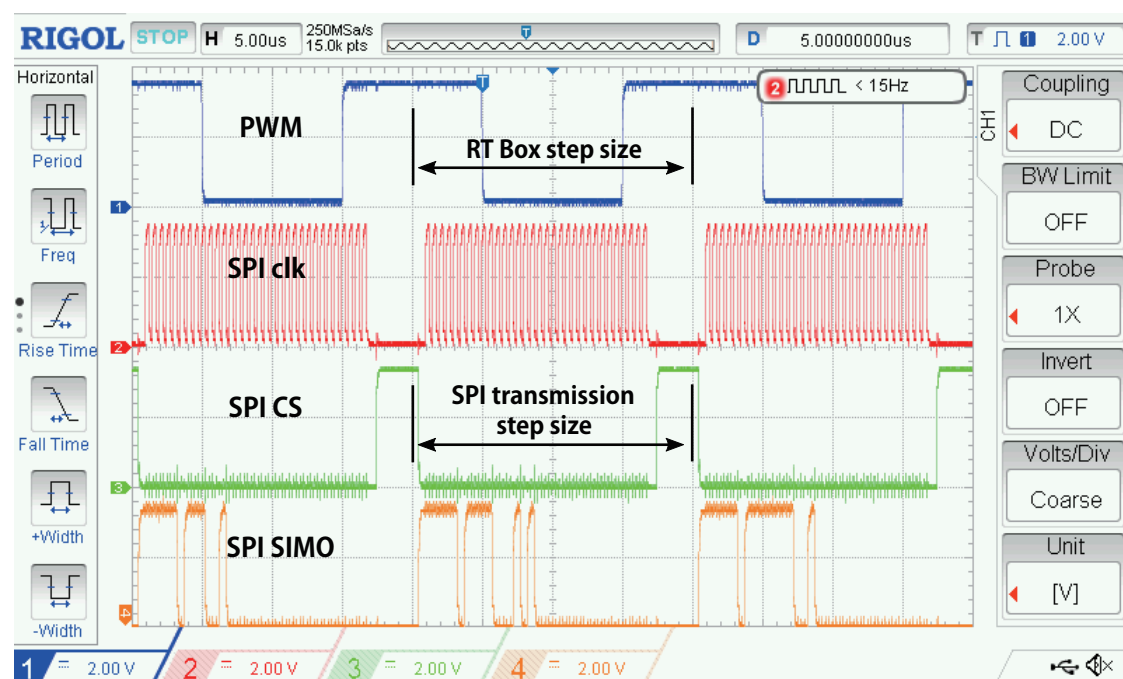


図6: 図5のリアルタイムシミュレーション結果を0.3秒付近に拡大表示

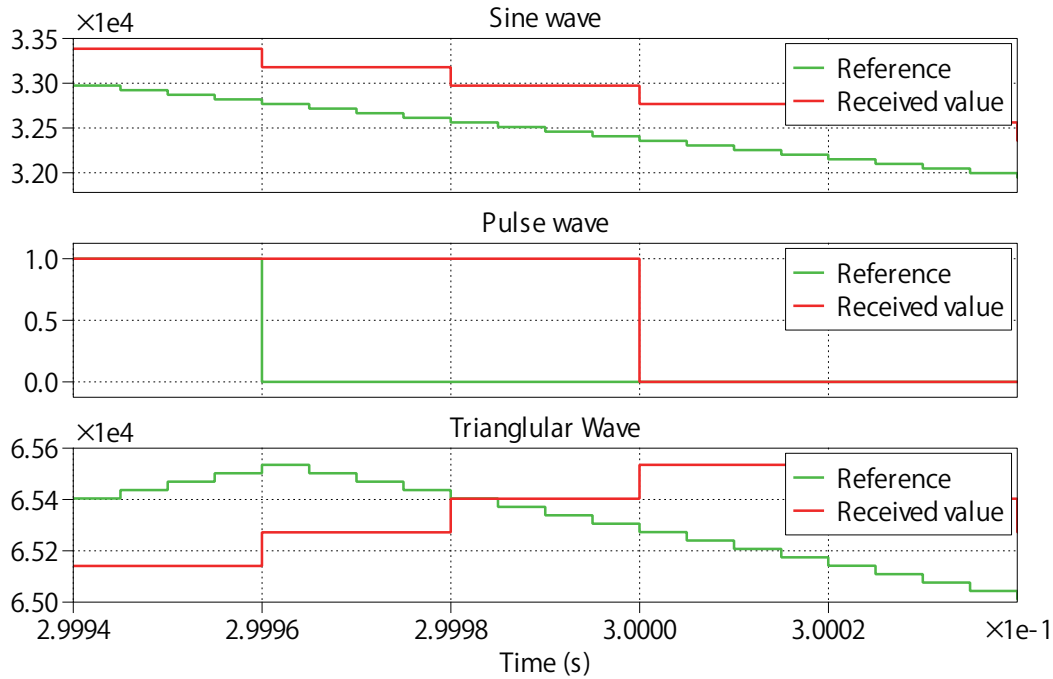
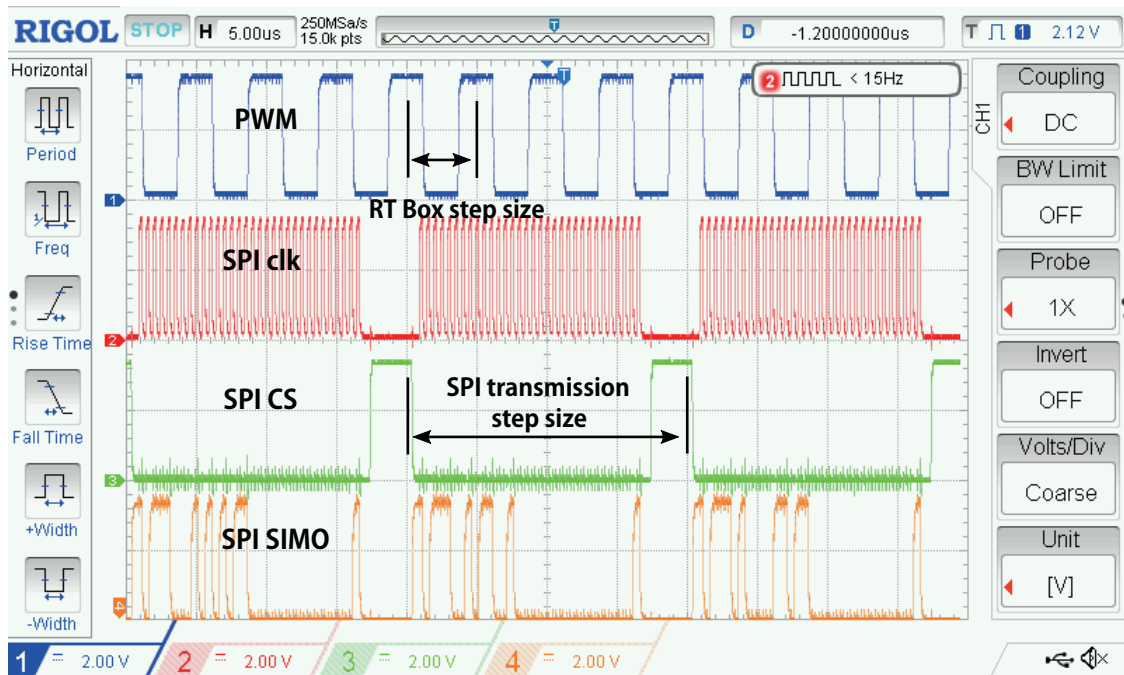


図7: 複数のモデルステップでのSPI伝送の外部オシロスコープ測定



4 まとめ

この RT Boxデモモデルは、RT Boxに統合されたSPIインタフェースを使用した、Controller-Peripheral間のテストを実演しました。PLECSモデルでSPI ControllerおよびPeripheralブロックを設定する方法を示しました。デモ モデルは、オフラインとリアルタイムシミュレーションの両方で動作します。

5 付録

"単一モデルステップ内でのSPI伝送"の場合、デモモデルフォルダ内にspi_demo_adcという名前のより高度なデモモデルを用意しています。このデモを実行するには、外部ADC評価ボード、具体的にはAnalog Devicesの**EVAL-AD7980-PMDZ**が必要です。評価ボードのユーザガイドは[\[2\]](#)を参照してください。評価ボードのピン配置を[図8](#)に、RT Boxへの接続を[図9](#)に示します。

図8: SPI peripheralとして使用するADC評価ボードのピン配置

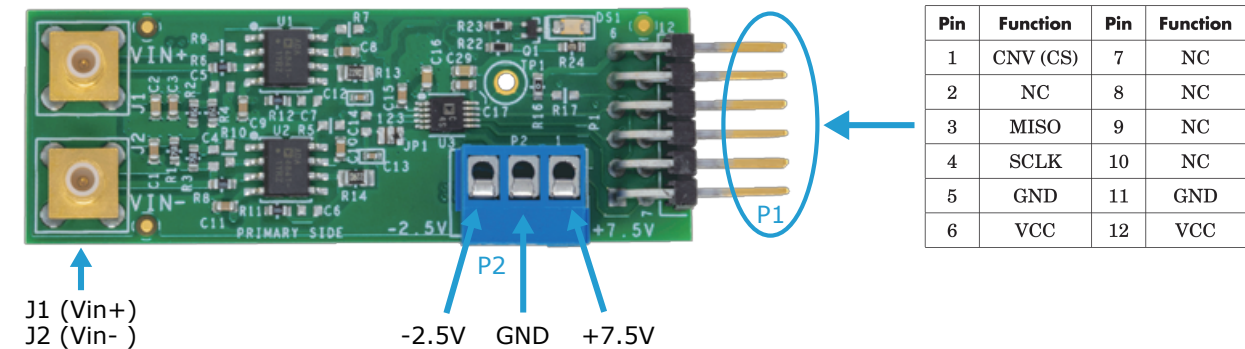
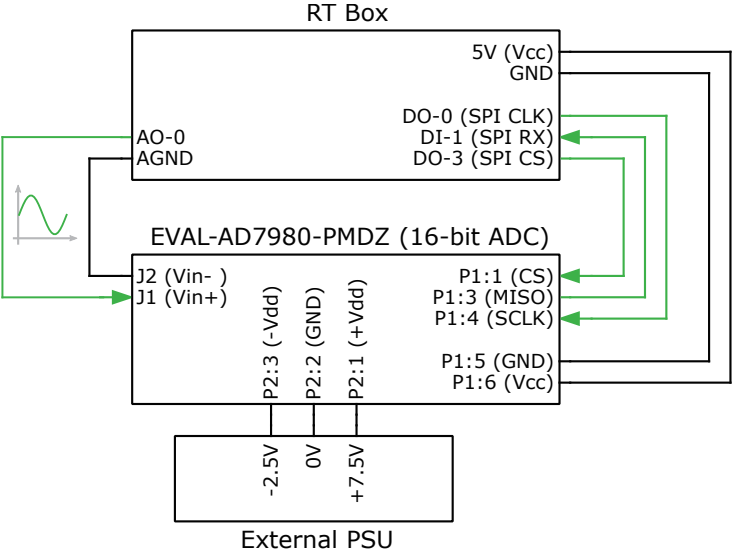


図9: 高度なSPIデモのためのRT Boxと外部ADCボード間のピン接続



RT Boxは SPIコントローラとして機能し、外部ADCボードからSPIデータを受信します。また、50 Hzで0.5Vから4.5Vの正弦波アナログ信号も生成します。16ビットADC評価ボード(EVAL-AD7980-PMDZ)は、このアナログ信号をデジタル値に変換し、SPIペリフェラルとして変換されたデータをRT BoxのSPIインタフェースに送信します。

このデモでは、RT BoxのSPI CS信号をADCのCNV(変換開始)信号として使用しており、ADC SDIピンは電源電圧に接続されていることに注意してください。[\[1\]](#)の"3-WIRE CS MODE WITHOUT BUSY INDICATOR"のセクションを参照してください。2 つのAD7980デバイスを一緒に使用する場合、各ADCのSDIピンに対してCNVとCS1 CS2の特定のタイミングパターンが必要になることがあります。この場合、SPI送信サンプル時間と同期したPWMのデューティ比とキャリア位相シフトを適切に調整して、目的の信号を得ることができます。

RT Boxサブシステムの回路図を図10に示します。PLECSスコープの"Ref/RX Overview"は、RT Boxから送信されたアナログリファレンス信号と、外部ADC変換後の受信したSPIデータの比較を表示します。

モデルをRT Boxにアップロードし、外部モードを有効にすると、図11に示すようにリアルタイムシミュレーションの結果を確認できます。

図10: RT Boxの高度なSPIデモのサブシステム回路図

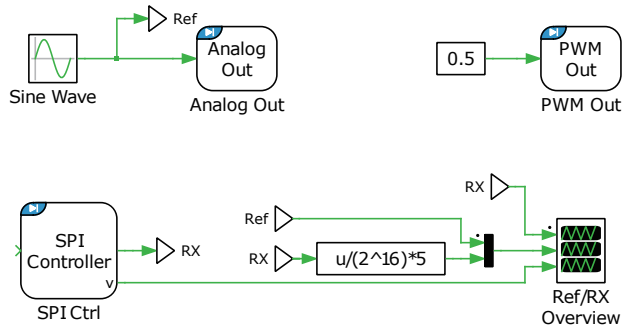
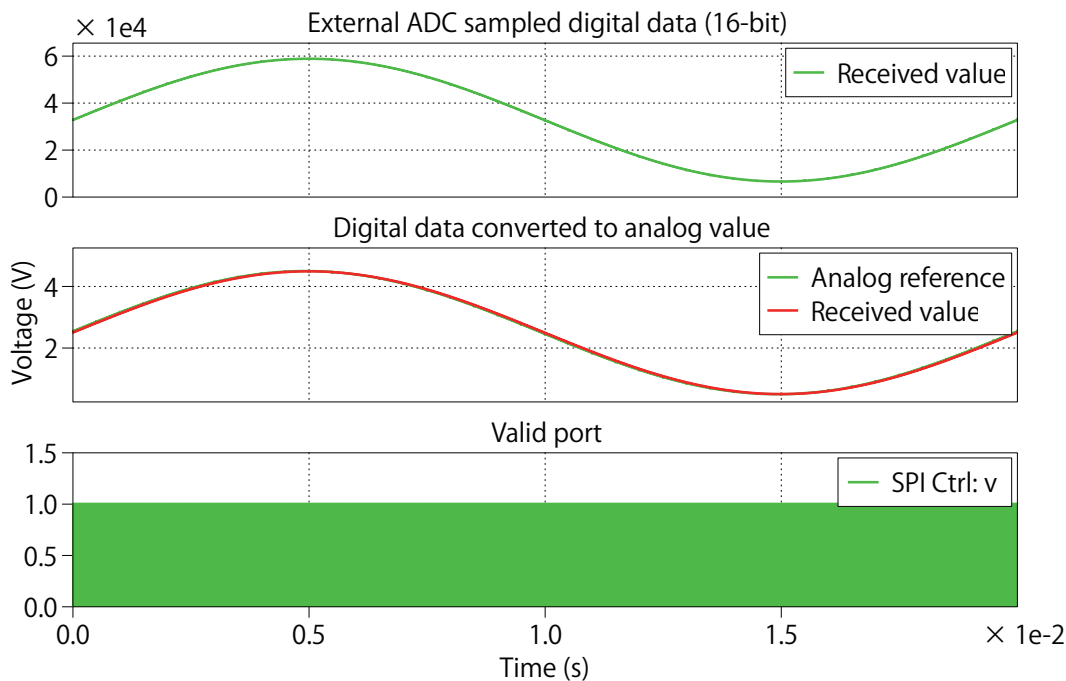


図11: 高度なSPIデモのPLECS Scopeによるリアルタイムシミュレーション結果



6 参考文献

- [1] Analog Devices AD7980 datasheet [Online]. Available:
<https://www.analog.com/media/en/technicaldocumentation/data-sheets/AD7980.pdf>.
- [2] Analog Devices EVAL-AD7980-PMDZ user guide [Online]. Available:
<https://www.analog.com/en/resources/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boardskits/eval-ad7980-pmdz.html>.

改訂履歴:

RT Box TSP 2.1.1 初版

RT Box TSP 2.2.1 SPI Slaveを使用

RT Box TSP 3.1.2 ControllerおよびPeripheralの用語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



アドバンオートメーションへの連絡方法:

☎ +81 3 5282 7047 Phone

+81 3 6285 0250 Fax

✉ ADVAN AUTOMATION CO.,LTD Mail

1-9-5 Uchikanda, Chiyoda-ku

Tokyo, 101-0047

Japan

@ info-advan@adv-auto.co.jp Email

<https://adv-auto.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。