



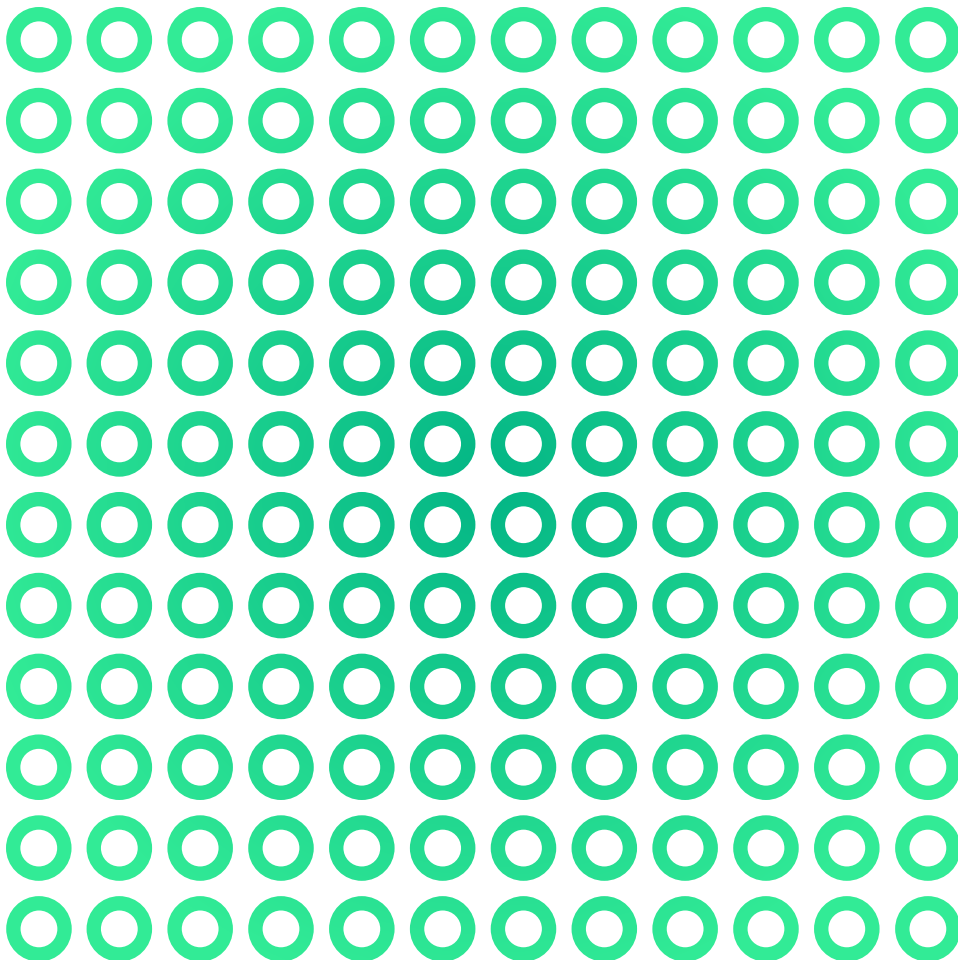
NI is now part of Emerson.



EMERSON™

アプリケーションノート

# ZigbeeおよびThreadの PHY層テスト用NIソリューション





# 目次

- 03** 概要
- 04** PHY層
- 04** 計測器の設定
- 05** 測定
- 05** RFmxの構成
  - RFmxDDemodによるEVMの測定
  - LabVIEW API
  - .NET API
  - RFmxSpecAn SEMによるパワースペクトル密度の測定
  - RFmx Waveform Creator - 生成
- 10** 推奨NIバンドル
  - ハードウェア
  - ソフトウェア
- 11** 関連リンク

本書では、Zigbee™規格およびThread™規格が必要とされる物理層 (PHY) 測定を、NI RFmxソフトウェアの各種パーソナリティにより実施する方法について説明します。

この文書の対象者は、NIのハードウェアとソフトウェア (NI RFmxなど) に関する実用的な知識があり、IEEE 802.15.4-2020を閲覧可能な方です。当該規格は、IEEEのWebサイトにて資格情報の制限付きで公開されています。

## 概要

Zigbeeは、IEEE 802.15.4規格に基づく無線通信技術です。コストと消費電力が低いため、IoTやスマートホームアプリケーションに適しています。Connectivity Standards Alliance (旧称Zigbee Alliance) がZigbee規格の開発および認定を担当し、最新情報を公開しています。

同様に、ThreadもIEEE 802.15.4に基づく低消費電力の短距離無線通信技術です。こちらの管理団体はThread Groupです。ThreadとZigbeeは、ネットワーク層とアプリケーション層に大きな違いがありますが、PHY層は似通っています。そのため、Connectivity Standards AllianceとThread Groupによる公式の提携で示されているように、ある程度の相互運用性があります。

このホワイトペーパーでは、OSIモデルのPHY (図1参照) に関する要件と、その要件を満たすうえで必要なテストについて説明します。



図1

OSIモデルの概要 (ハイライトされている部分がPHY)

## PHY層

ZigbeeとThreadのどちらも、PHYの独自の変調方式によりサブギガ帯と2.4 GHz帯の両方をサポートしています。詳細については、表1を参照してください。

帯域	周波数	変調	利用地域	Zigbee
868 MHz	868 MHz~868.6 MHz	BPSK	ヨーロッパ	チャンネル0
915 MHz	902 MHz~928 MHz		米国、オーストラリア	チャンネル1~10
2.4 GHz	2.4 GHz~2.4835 GHz	OQPSK	世界各地	チャンネル11~26

表1

ZigbeeおよびThreadの周波数帯域の詳細

## 計測器の設定

本書で紹介するソリューションでは、NIのPXIベースのベクトル信号トランシーバである**PXIe-5842**を使用します。PXIe-5842は、波形発生器（各規格で指定された変調波形の送信を担当）と信号アナライザ（受信および測定を担当）の両方の役割を果たします。DUTがPA、LNA、FEMなどであれば、後述の測定を行うのに必要なRF計測器はPXIe-5842だけです。場合によっては、DUT制御用や電源供給用に他のモジュールが必要になります。



図2

NIのサンプルPXIシステム（緑の四角で囲んだ部分がPXIe-5842）

## 測定

IEEE 802.15.4-2020に、ZigbeeおよびThreadの信号に関するテスト要件が定められています。正確な要件については、この規格を参照してください。セクション12.3にOQPSKのPHY RF要件、セクション13.3にBPSKのPHY RF要件が記載されています。

表2に、送信テスト要件の一部と、各要件のテストに使用したRFmxパーソナリティおよび計測器を示します。

要件	RFmx計測器
送信パワースペクトル密度マスク	RFmxSpecAn SEM
EVM	RFmxDDemod
送信中心周波数許容範囲	RFmxSpecAn FCnt
送信電力	RFmxSpecAn TXP

表2

IEEE 802.15.4のPHY要件（一部抜粋）および要件テストに推奨されるNI RFmx計測器

## RFmxの構成

RFmxは、NIの計測器をベースにしたRF信号アナライザ用ドライバです。RFmxパーソナリティにはさまざまな種類があり、それぞれのパーソナリティで多様な測定を行うことができます。すべてのRFmxパーソナリティに、LabVIEW、.NET（C#またはVB）、およびC言語のAPI一式が用意されています。パーソナリティとAPIはすべて、NIの全RF信号アナライザハードウェアに対応しています。

このセクションでは、ZigbeeおよびThreadの所定の測定で必要となるRFmx計測器の推奨構成例について説明します。ただし、これらの測定に必要な機能を網羅的に示すのではなく、ZigbeeおよびThreadの信号に必要な設定のみに限定して紹介します。

### RFmxDDemodによるEVMの測定

この測定を構成するうえでは、表3の全項目を含む各種プロパティにアクセスできるRFmx付属サンプルのRFmxDemodDDemod (Advanced).vi (LabVIEW) またはRFmxDemodDDemodAdvancedソリューション（C# .NET）が出発点として役立ちます（図3参照）。

RFmx Demod LabVIEW	.NET API	推奨設定	
		BPSK	OQPSK
RFmxDemod DDemod Configure Modulation Type	ConfigureModulationType	PSK	
RFmxDemod DDemod Configure M	ConfigureM	2	4
RFmxDemod DDemod Configure PSK Format	ConfigurePskFormat	標準	オフセットQPSK
RFmxDemod DDemod Configure Symbol Rate	ConfigureSymbolRate	300~600 kSymbol/sec	1 MSymbol/sec
RFmxDemod DDemod Configure Pulse Shaping Filter	ConfigurePulseShapingFilter	平方根二乗余弦	半正弦
RFmxDemod DDemod Configure Number of Symbols	ConfigureNumberOfSymbols	バーストのシンボル数より大きい値*	
Digital Demod:Signal Structure	ConfigureSignalStructure	バースト	

表3

ZigbeeおよびThreadの信号についてRFmx Digital ModulationでEVMを測定する場合の推奨構成例

\* 適切な構成では、バースト信号構造を利用して信号のバーストの立ち下がりエッジを自動的に検出できます。

1. バーストの立ち上がりを捉えるようにトリガを構成します。たとえば、適切なレベルのIQパワーエッジトリガを使用します。
2. シンボル数を、バーストの全シンボルをキャプチャできる大きさに設定します。ドライバがバーストの立ち下がりエッジを自動的に検出します。シンボル数がバーストのシンボル数よりも多い場合、バーストのみが集録されます。シンボル数がバーストのシンボル数よりも少ない場合、集録時にバーストの一部が切り捨てられます。

詳細については、[バースト信号構造のヘルプページ](#)を参照してください。

復調結果をフェッチする場合、OQPSK波形の変調時にはEVM結果のオフセットバージョンを使用してください。

## LabVIEW API

BPSK	OQPSK
RFmxDemod DDemod Fetch EVM	RFmxDemod DDemod Fetch Offset EVM
RFmxDemod DDemod Fetch Constellation Trace	RFmxDemod DDemod Fetch Offset Constellation Trace

表4

LabVIEW APIの必須RFmxDDemodフェッチVI (変調方式によって異なる)

## .NET API

BPSK	OQPSK
FetchEvm	FetchOffsetEvm
FetchConstellationTrace	FetchOffsetConstellationTrace

表5

.NET APTの必須RFmxDDemodフェッチメソッド (変調方式によって異なる)

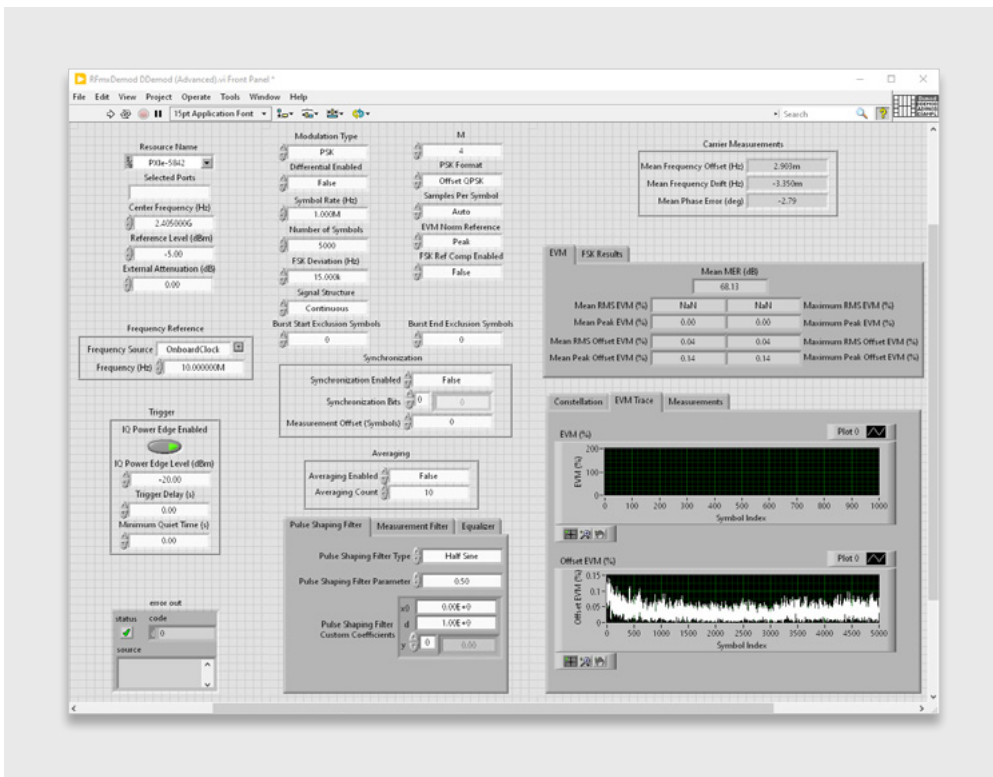


図3 実行後のRFmxDemod DDemod (Advanced).viのスクリーンショット (使用した構成と返された結果を表示)

図3に、OQPSK波形用に構成したループバック内のPX1e-5842に対し、LabVIEWでサンプルのRFmxDemod DDemod (Advanced).viを実行した結果を示します。生成波形には、RFmx Waveform Creatorのサンプル「zigbee\_o-qpsk\_1000kcs\_halfsine.rfws」。

### RFmxSpecAn SEMによるパワースペクトル密度の測定

この測定を構成するうえでは、上記全項目を含む各種プロパティにアクセスできるRFmx付属サンプルのRFmxSpecAn SEM (Advanced).vi (LabVIEW) またはRFmxSpecAnAcpソリューション (C#.NET) が出発点として役立ちます (図4参照)。

\*本セクションで示す推奨設定は、2.4 GHzのOQPSK波形用です。

RFmx SpecAn	.NET API	推奨設定*
RFmxSpecAn SEM Configure Carrier Integration Bandwidth	ConfigureCarrierIntegrationBandwidth	2 MHz
RFmxSpecAn SEM Configure Reference Type	ConfigureReferenceType	ピーク
RFmxSpecAn SEM Configure Offset Frequency	ConfigureOffsetFrequency	開始: 3.5 MHz 終了: 10 MHz
RFmxSpecAn SEM Configure Offset Frequency Definition	ConfigureOffsetFrequencyDefinition	搬送波中心から測定帯域幅中心まで
RFmxSpecAn SEM Configure Offset Absolute Limit	ConfigureOffsetAbsoluteLimit	制限モード: カプリング 制限開始: -30 dBm
RFmxSpecAn SEM Configure Offset Relative Limit	ConfigureOffsetRelativeLimit	制限モード: カプリング 制限開始: -20 dBc
RFmxSpecAn SEM Configure Carrier RBW Filter	ConfigureCarrierRbwFilter	RBW自動: いいえ RBW: 100 kHz
RFmxSpecAn SEM Configure Offset RBW Filter	ConfigureOffsetRbwFilter	RBW自動: いいえ RBW: 100 kHz

表6

ZigbeeまたはThreadのO-QPSK信号についてRFmx SpecAn SEMでパワースペクトル密度マスクを測定する場合の推奨構成例

あわせて、開始トリガを使用して信号バーストをキャプチャすることをお勧めします。たとえば、適切なレベルを指定したIQパワーエッジトリガを使用します。

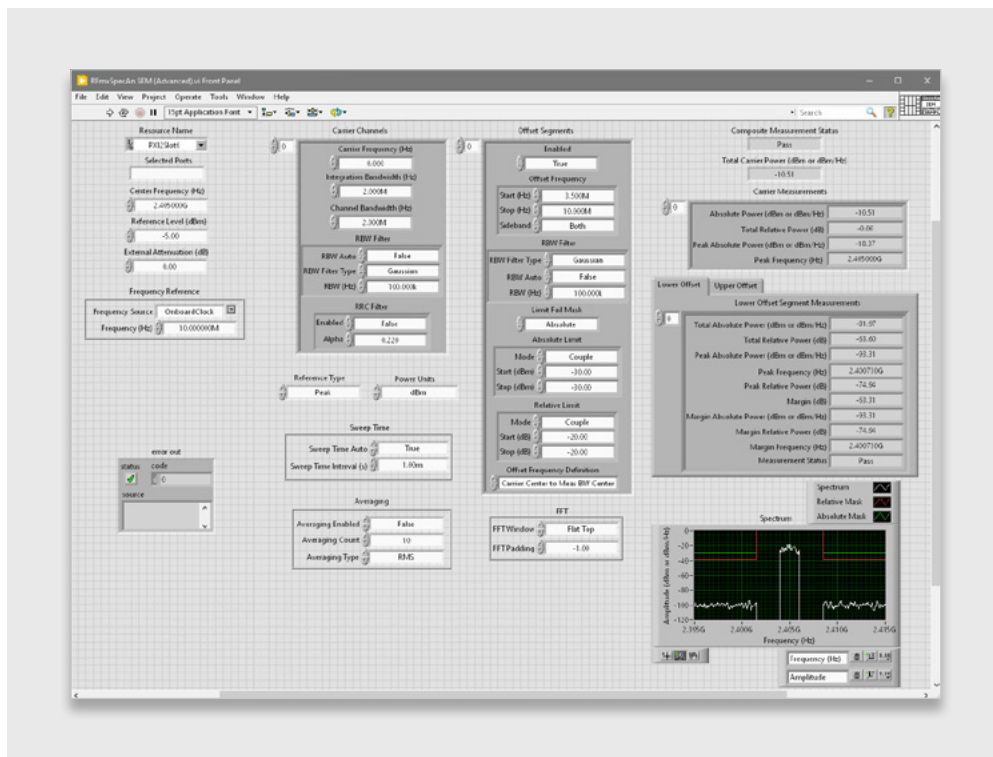


図4

実行後のRFmxSpecAn SEM (Advanced).viのスクリーンショット (使用した構成と返された結果を表示)



図4に、OQPSK波形用に構成したループバック内のPXIe-5842に対し、LabVIEWでサンプルのRFmxSpecAn SEM (Advanced).viを実行した結果を示します。生成波形には、RFmx Waveform Creatorのサンプル「zigbee\_o-qpsk\_1000kcps\_half sine.rfws」を使用しました。

## RFmx Waveform Creator: 生成

NIでは、RFmx Waveform CreatorにZigbeeの波形サンプルを2種類提供しています。それぞれ、OQPSK用とBPSK用です。これらの波形サンプルは規格にあわせて構成済みですが、構成のパラメータはすべて、実際の要件にあわせて適宜変更可能です。

これらのサンプルにアクセスするには、「Modulation」→「Generic」→「PSK」の順に選択します（図5参照）。表示されたポップアップウィンドウで「Example Settings」オプションを選択し、ドロップダウンで以下のサンプルを選択します。

*zigbee\_bpsk\_300kcps\_gaussian-0.4.rfws*

*zigbee\_o-qpsk\_1000kcps\_half sine.rfws*

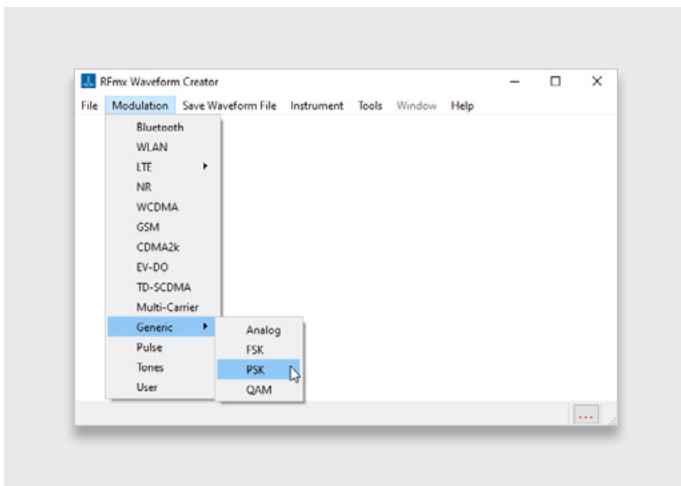


図5 RFmx Waveform Creatorのユーザインタフェース（PSK波形へのアクセス手順をハイライト）

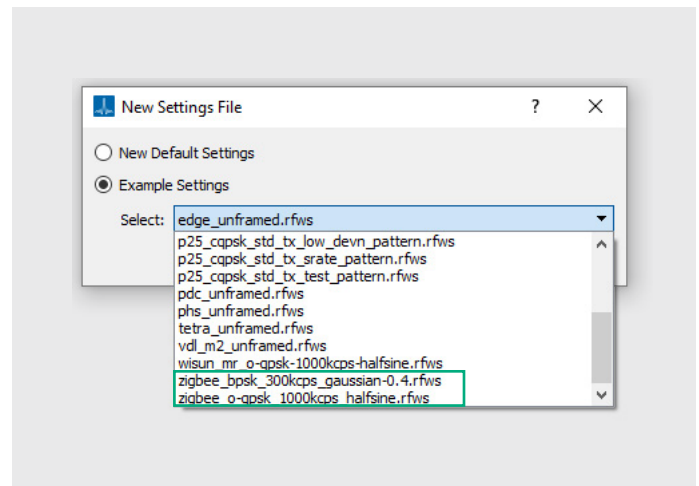


図6 RFmx Waveform Creatorの「New Setting File」ポップアップウィンドウ（Zigbee波形サンプル2種をハイライト）

これらの波形は、RFmx Waveform Creatorから直接生成するか、または.tdms波形ファイルとして保存し他のアプリケーション（InstrumentStudio™ソフトウェアなど）で再生できます。

## 推奨NIバンドル

### ハードウェア

866573-01B Wi-FiおよびBluetooth®、30 MHz~8 GHz、1 GHz帯域幅、9スロットシャーシ、コントローラ

このソリューションには、本バンドル付属の**PXIe-5842**が必要です。他のオプションもご用意しています。詳細情報やご注文については、NI担当者までお問い合わせください。



図7

PXIe-5842ベクトル信号トランシーバ (本バンドル付属)

### ソフトウェア

本書で説明した測定に必要なソフトウェアは、**RFmx**の全コンポーネントです。

本書で説明したEVM測定には、**RFmx Digital Modulation**ライセンスが必要です。本書で説明したスペクトル計測には**RFmx SpecAn**が必要ですが、このソフトウェアのライセンス購入は不要です。

## 関連リンク

[RFmx Demod User Manual \(LabVIEW APIドキュメント\)](#)

[RFmx Demod .NETヘルプドキュメント](#)

[RFmx SpecAn User Manual \(LabVIEW APIドキュメント\)](#)


[RFmx SpecAn .NET](#)

Emerson、Emerson Automation Solutions、およびそれらの関連事業体はいずれも、いかなる製品の選択、使用、または保守についても責任を負いません。製品の適切な選択、使用、および保守に関する責任は、購入者およびエンドユーザーのみに帰属します。


NI、National Instruments、ni.com、LabVIEW、およびInstrumentStudioは、Emerson Electric Co.のテストおよび計測事業部の1社が所有する商標です。EmersonおよびEmersonのロゴは、Emerson Electric Co.の商標およびサービスマークです。Zigbeeは、Connectivity Standards Alliance™で開発されたものです。このブランド、関連ロゴ、マークはConnectivity Standards Allianceの商標です。Thread Group、Thread、Built on Thread、およびThread Certified Componentのワードマークとロゴは、米国および他の法域におけるThread Groupの登録商標、未登録商標、サービスマークです。Bluetooth®のワードマークは、Bluetooth SIG, Inc.が所有する登録商標です。その他の商標はすべてそれぞれの所有者の商標です。


本書の内容は情報提供のみを目的としたものであり、その正確性については万全を期しておりますが、本書に記載されている製品またはサービス、あるいはそれらの使用または適用可能性について、明示または黙示を問わず、いかなる保証も行わないものではありません。すべての販売には当社の契約条件が適用され、これは要求に応じて提供されます。当社は、当該製品の設計または仕様をいつでも予告なく変更または改善する権利を有します。


NI  
11500 N Mopac Expwy  
Austin, TX 78759-3504 USA

 [Linkedin.com/company/niglobal/](https://www.linkedin.com/company/niglobal/)

 [Twitter.com/NIGlobal](https://twitter.com/NIGlobal)

 [Youtube.com/@NIGlobalYoutube](https://www.youtube.com/@NIGlobalYoutube)

 [Instagram.com/niglobal/](https://www.instagram.com/niglobal/)

 [Facebook.com/NationalInstruments](https://www.facebook.com/NationalInstruments)

