

オシロスコープを使用したレーダーRFパルスのトリガ

RFパルスの解析は、航空交通管制 (ATC) や海上レーダー、電離層の科学的測定などのパルス・レーダー・アプリケーションの重要な側面です。アプリケーションを特性評価するための重要な情報を得るには、パルスのエンベロープと変調の解析が欠かせません。R&S®RTOおよびR&S®RTP オシロスコープを使用すると、タイムドメイン／周波数ドメイン解析の前提条件となる、パルスの正確なトリガが可能となります。このドキュメントでは、ATC信号でのRFパルス測定など、さらに詳細な測定の実行にあたって、R&S®RTOとR&S®RTPを使用してパルスに正確にトリガをかける方法について説明します。

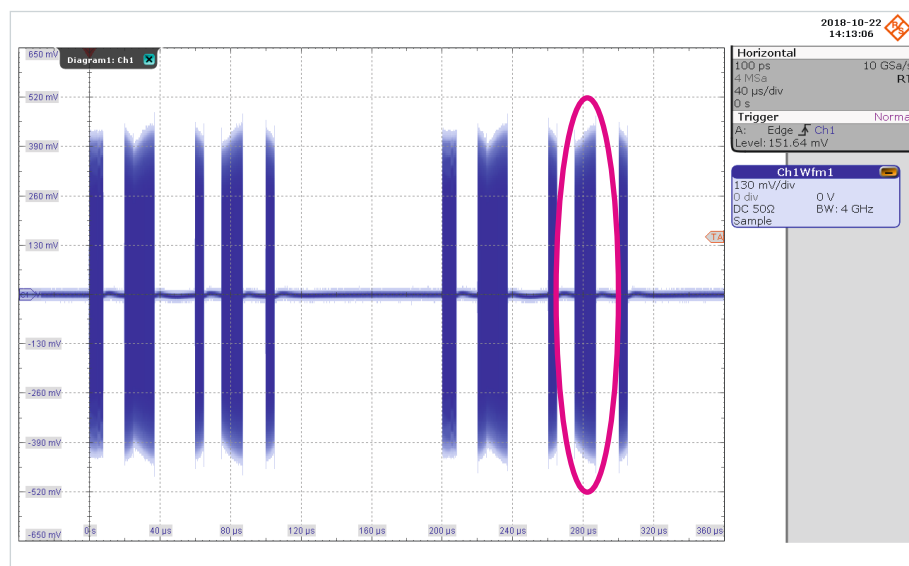
課題

レーダーRFパルスが要件を満たしているかどうか判断するには、周波数、変調、立ち上がり／立ち下がり時間とパルス繰り返し間隔 (PRI)、持続時間、振幅に関する測定が必要となります¹⁾。測定の際にパルスを正しく配置し、休止状態ではなくパルスのみを効率的にストアするには、再現可能な方法でパルスにトリガをかける必要があります。従来のエッジトリガでは、安定した表示が生成されません。なぜなら、パルスにはトリガを配置可能なエッジが複数あるからです。さまざまなパルス幅 (5.0/10.0/3.0/7.5/3.0 μ s) と変調を持つ複数のパルスが存在する、複雑なシナリオ (下のスクリーンショットを参照) では、エッジトリガを使用できません。

ローデ・シュワルツのソリューション

R&S®RTOおよびR&S®RTP オシロスコープは、最大 6 GHz/8 GHzの周波数のRFパルスを解析できます。パルス解析の最も重要な機能は、高精度のデジタルトリガです。デジタルトリガは、アナログトリガと比較してトリガ感度ははるかに高く、アドバンスドタイプのトリガに対する帯域幅制限がありません。RFパルスを解析するには、トリガが、常にパルスに対して同じ位置に現れる必要があります。例として、パルス列を使用して、パワーレベル 5.0 dBm (=400 mV)、搬送波周波数 f_c 2.8 GHzの7.5 μ sパルス (赤い楕円内) にだけかかるトリガをセットアップします。

¹⁾ Mark A. Richards, 2013年、『Fundamentals of Radar Signal Processing (レーダー信号処理の基礎)』、第2版 McGraw-Hill Companies

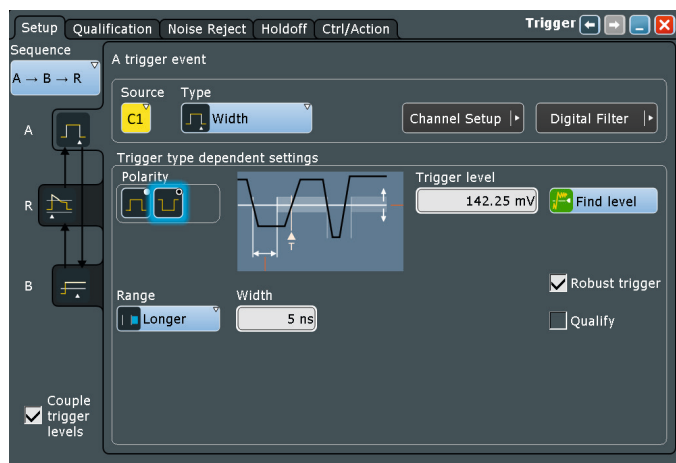


複数のパルスから成るシーケンス

この収集には、A-B-Rトリガが使用されています。パルスの開始によって条件Aにトリガがかかり、指定されたパルス持続時間の経過後に、パルスの終了によってBトリガが出力されます。次に、Rトリガを使用して、持続時間が長すぎたり、パワーが高すぎたパルスの状態をリセットします。

Aトリガ

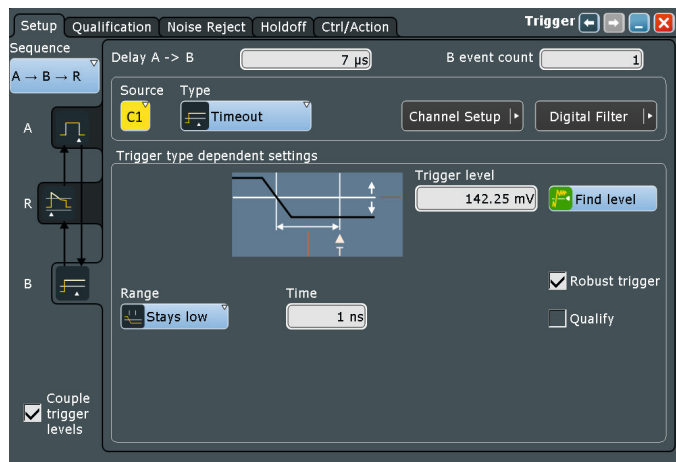
Aトリガは、負極性のトリガタイプ「Width」を使用します。このトリガは、2つの連続するパルス間の休止状態に焦点を合わせます。幅を、搬送波数周期分 (360 ps) より長くする必要があります。この例では5 nsに設定しています。レベルは、最小許容パワーレベル-3.9 dBm (=142.25 mV) に設定されています。パルス幅トリガによってレーダーパルスにトリガをかけるので、Robust triggerオプションを有効にする必要があります (下のスクリーンショットを参照)。この設定は、Aトリガがすべてのパルスの開始で安定したトリガをかける上で十分です。



パルスを開始するためのAトリガのセットアップ

Bトリガ

Bトリガ (下のスクリーンショットを参照) は、トリガタイプ「Timeout」を使用します。パワーレベルはAトリガと同じです。結合されたトリガレベルが使用されます。Aトリガと同様に、タイムアウト時間を搬送波数周期分 (360 ps) より長くする必要があります。この例では1 nsに設定しています。

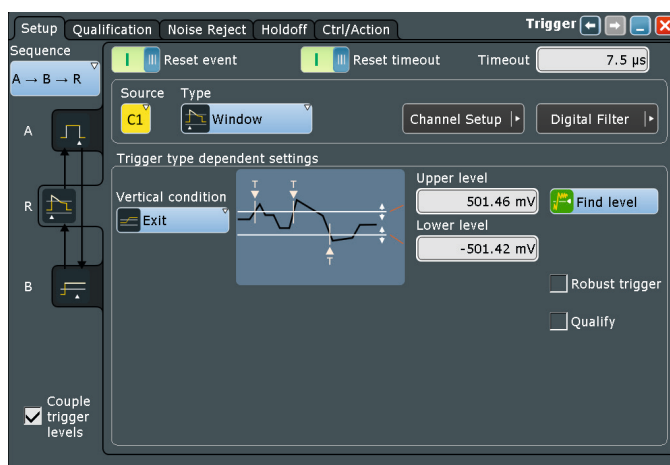


パルスを終了するためのBトリガのセットアップ

AからBまでの遅延を最小許容パルス長7 μsに設定すると、それより小さなパルスは無視されます。Robust triggerオプションを有効にします。

Rトリガ

7.5 μsより長い、10 dBmを超えるパルスを破棄する必要があります。実施するには、Rトリガを適用します (下のスクリーンショットを参照)。これにより、Aトリガ条件がリセットされます。リセットタイムアウトを有効にし、タイムアウトを最大許容パルス長 (7.5 μs) に設定すると、これより長いパルスが破棄されます。より高いパルスパワーを持つパルスは、Windowトリガによって無視します。そのため、タイプを「Window」、垂直軸条件を「Exit」に設定します。レベルを、7.0 dBm (=501.46 mV) とその対象値に設定します。



トリガ条件をリセットするためのRトリガのセットアップ

この結果、パルスの持続時間が7.0 μs~7.5 μs、パワーレベルが-3.9 dBm~7.0 dBmの範囲にあるパルスが、さまざまなパルスのシーケンスから取得されます。これらのパルスはフレームの最後に、常に同じトリガ位置 (次ページのスクリーンショットの、上部の赤い三角形で示される位置) で、オフタイムの割合が小さい状態でストアされます。

この例では、1 Gサンプルのメモリサイズを備えたR&S®RTOは、約36,000の連続パルスをストックできます。Historyモードを使用すると、すべての収集にアクセスし、各パルスの詳細な解析およびパルス間解析を実行できます。

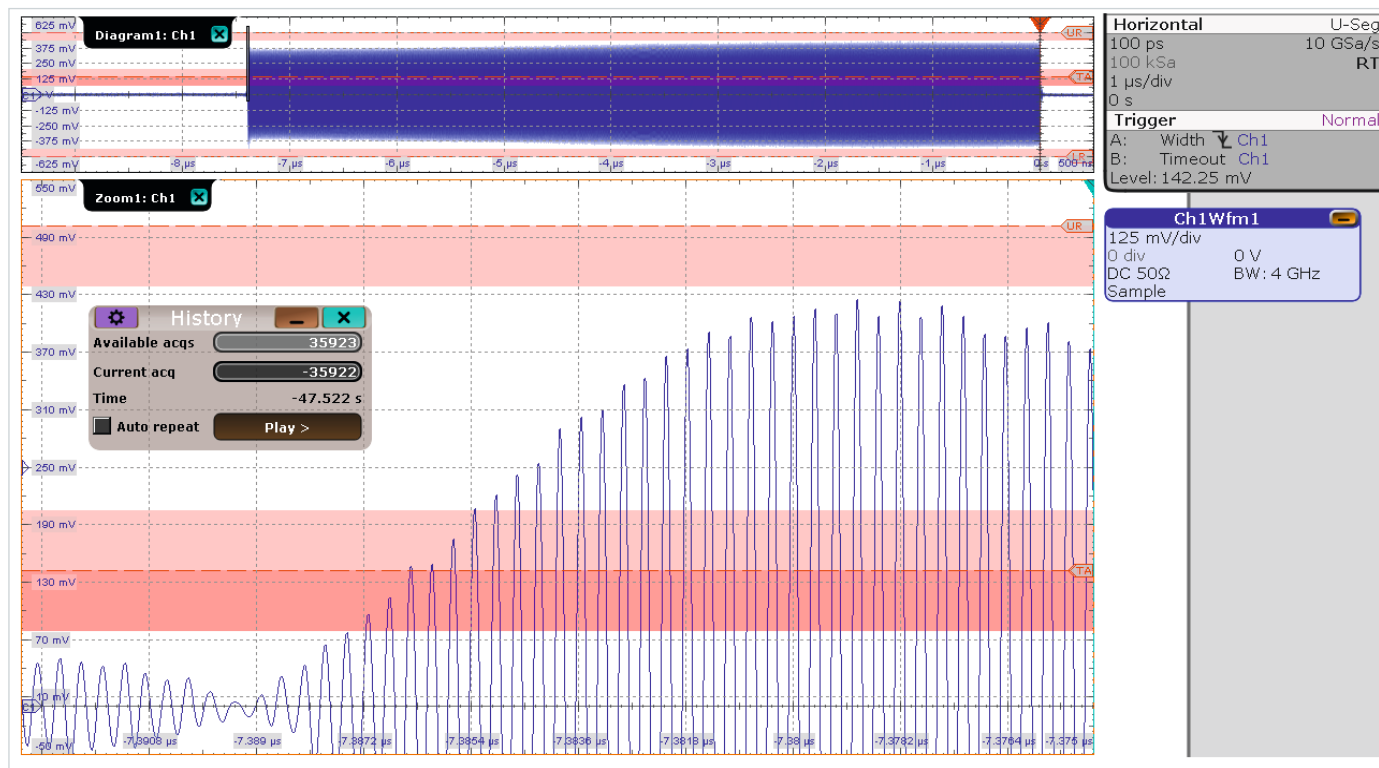
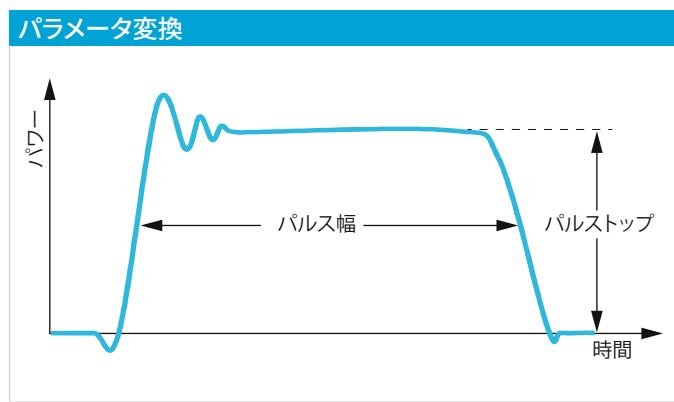
下の表に、どのパルスパラメータが、オシロスコープのどのトリガパラメータに変換されるかの概要を示します。

パラメータ変換	
パルスパラメータ	オシロスコープのパラメータ
パルスストップ(最小値)	(A)トリガレベル
パルスストップ(最大値)	(R)終了上限/下限レベル
パルス幅(最小値)	(B)遅延A▷B
パルス幅(最大値)	(R)タイムアウト

まとめ

R&S®RTOおよびR&S®RTP オシロスコープは、使用モデルの最大帯域幅までRFパルスを解析します。詳細な解析を実行するため、R&S®RTOとR&S®RTPは、スペクトラム解析のIFパワートリガと同様に、パルス幅、パワーレベルなどのパルス特性に正確にトリガをかけます。デジタルトリガは、全帯域幅に作用する、重要な機能です。R&S®RTOとR&S®RTPを使用すると、パルスが収集内で適切に配置されるため、パルスの収集後にエンベロープ²⁾と変調の正確な特性評価が行えます。連続パルスのパルス間解析も可能です。

²⁾ 『Analyzing RF radar pulses with an oscilloscope (オシロスコープを使用したRFレーダーパルスの解析)』
(アプリケーションカード、PD 5215.4781.92 Rohde&Schwarz GmbH & Co. KG)



A-B-Rトリガを使用して捕捉された7.5 μ sパルス

高品質に裏打ちされたサービス

- ・ 世界に広がるサービス網
- ・ 各地域に即した独自性
- ・ 個別の要望に応える柔軟性
- ・ 妥協のない品質
- ・ 長期信頼性

ローデ・シュワルツ

Rohde & Schwarz グループは、次の各ビジネス・フィールドにおいて革新的なソリューションを提供し続けています：電子計測器、放送機器、セキュリティ通信、サイバーセキュリティ、そしてモニタリング & ネットワーク・テスト。創業80年を超えるドイツ・ミュンヘンに本社を構えるプライベート・カンパニーで、世界70カ国以上に拠点をもち、大規模な販売・サービスネットワークを展開している会社です。

永続性のある製品設計

- ・ 環境適合性と環境負荷の低減
- ・ 高エネルギー効率と低排出ガス
- ・ 長寿命かつ所有コストの最適化

Certified Quality Management
ISO 9001

Certified Environmental Management
ISO 14001

Rohde & Schwarz training

www.training.rohde-schwarz.com

ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社

www.rohde-schwarz.com/jp

お客様窓口：

- ・ ご購入に関するお問い合わせ
TEL：☎ 0120-190-721 | FAX：03-5925-1285
E-mail：sales.japan@rohde-schwarz.com
- ・ 技術ホットライン
TEL：☎ 0120-190-722
E-mail：TAC.rsjp@rohde-schwarz.com
- ・ 修理・校正・サービスに関するお問い合わせ
TEL：☎ 0120-138-065
E-mail：service.rsjp@rohde-schwarz.com

電話受付時間 9:00 ～ 18:00

(土・日・祝・弊社休業日を除く)

R&S® は、ドイツRohde & Schwarz の商標または登録商標です。
PD 3609.2000.96 | Version 01.00 | 4月 2019 (sk)
オシロスコープを使用したレーダーRFパルスのトリガ
掲載されている記事・図表などの無断転載を禁止します。
おことわりなしに掲載内容の一部を変更させていただくことがあります。
あらかじめご了承ください。
© 2019 Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG | 81671 Munich, Germany



3609200096