

# 次世代ワイヤレスアプリケーションのための革新的なテストソリューション

Chi Man Shum, VP Test and Measurement, Mini-Circuits

## 序論：

次世代ワイヤレスアプリケーション向け接続デバイスの急増により、迅速で革新的、そしてコストパフォーマンスに優れたテストソリューションの需要が高まっています。コストの削減とテストスループットの向上が、設計検証段階および量産ラインでのテストの双方から求められています。テストエンジニアは、被試験デバイス (DUT) の接続数を減らしかつ複数のテストを平行して行える方法を模索しています。

現実的には1つのテストシステムですべてのテストを行える万能なソリューションは存在しません。テストシステムの仕様は設計と並行して定義されることが多く、テスト機器ベンダーはお客様の仕様に対して迅速かつ柔軟に対応する必要があります。テストシステムの開発期間は、お客様の製品リリースまでの期間に直接影響を及ぼすため、テストシステムサプライヤーは、お客様のニーズに合わせて迅速に提案することが不可欠です。

Mini-Circuits では、経済性、信頼性、柔軟性、迅速性の原則に基づいて、テストおよび測定アプリケーション向けの製品ラインアップを充実させました。Mini-Circuits では、テストシステムに組み込まれるコンポーネントを常時在庫し、これらを組み合わせることによって、お客様の仕様に合わせたカスタムテストシステムを2週間で出荷するビルディングブロックアプローチを可能にしました。一般的にテストエンジニアは、スイッチ、スプリッタ/コンバイナー、アッテネータ、アンプなどを組み合わせ DUT とテスト機器間のシグナルトラフィックを管理します。この記事では量産ラインでのテスト効率の改善のために、Mini-Circuits の RF スイッチが使用された例を紹介します。

## スイッチマトリクスと自動シグナルルーティング

実際のテストで使用する RF およびマイクロ波スイッチは、一般的にシグナルトラフィックの管理およびテストを自動化するためにスイッチマトリクスに組み込まれます。テストシグナルはスイッチマトリクスを通過するため、スイッチマトリクスの性能が試験の精度、再現性、効率に直接影響を及ぼします。テストシステムを構築する際に、DUT へのシグナルの品質やテストポート間の適切なアイソレーションが確保できているかなどに注意を払わなければなりません。

テスト アプリケーション用の RF スイッチの主な特性には次のようなものがあります。

- ・ **アイソレーション** - スイッチが「オン」信号ポートから「オフ」信号ポートへの RF リークを抑制する度合い
- ・ **挿入損失** - 伝送線路に内在する損失による入力から出力への減衰。
- ・ **最大定格電力** - スイッチがダメージを受けることなく入力できる最大定格 RF 入力電力
- ・ **切り替え時間** - 1つの状態から別の状態に切り替えるまでにかかる時間。

通常はミリ秒からナノ秒単位まで。

- ・ **スイッチの寿命** - スイッチが故障するまでに保証する切り替え回数。

テストシステムの要求仕様がアプリケーションごとに異なるケースが多く、複雑なアプリケーションに対応したスイッチマトリクス仕様決定までに多くのコストと時間がかかる場合があります。これを解決するために Mini-Circuits では、カタログ品のスイッチマトリクスやコンポーネントの他、お客様の仕様に合わせたカスタムテストソリューションを提供しています。カスタム品に組み込むスイッチのタイプ(メカニカル、ソリッドステート)はお客様の仕様に基づいて選択します。

メカニカルスイッチとソリッドステートスイッチの主な違い

RF スイッチは、メカニカルとソリッドステート(半導体)の2つのタイプに分類されます(図 1)。



図 Error! Bookmark not defined. SP8T メカニカルスイッチ MSP8T-12D+(左)、デュアル SPDT ソリッドステートスイッチ USB-2SP2T-DCH(右)。どちらか1種類のスイッチのみを使用した設計ですべてのテストニーズを満すことは出来ません。多くの場合、性能、速度、切り替え回数のトレードオフが必要です。

メカニカルスイッチは、高電力に対応し、損失が少なくアイソレーションも良好です。しかしスイッチング時間が遅く、サイズが大きくなります。また数百万回を超えると再現性が劣化し始めます。

一方、ソリッドステートスイッチはスイッチング速度がはるかに速く、再現性にも優れます。スイッチング速度はテストスループットに直接影響し、再現性の向上はスイッチの交換頻度を少なくできるため、量産テストでは有効です。一方で最大定格電力が低く、アイソレーションも低いといった短所があります。特にアイソレーションはテストシステムとして校正するのが難しいため、自動化されたテストシステムでは特に重要なパラメータです。アイソレーションの悪いスイッチは、漏れ信号が測定パスに流れ込み、正確に測定できなくなる可能性があります。このことによりテストの精度を損ない、タイミング特性を劣化させるなどの問題が発生します。

Mini-Circuits ではソリッドステートスイッチの設計を革新し、広帯域でのアイソレーションを劇的に改善し、低アイソレーションに関連する課題も解決しました。Mini-Circuits では DC から 8 GHz の周波数範囲と 50 dB から 110 dB のアイソレーションをもつコストパフォーマンスに優れた USB 制御ソリッドステートスイッチを提供しています。このスイッチの利点は、メカニカルスイッチと組み合わせることでお客様の仕様に最適化したトータルテストソリューションを提案することができることです。

表 1. Mini-Circuits 高性能ソリッドステートスイッチの選択例。 Mini-Circuits はさまざまなスイッチ構成、制御インタフェース、およびパフォーマンスパラメータを提供します。



<b>Model Number</b>	U2C-1SP2T-63VH	USB-2SP2T-DCH	USB-4SP2T-63H	SPI-SP10T-63
<b>Frequency Range</b>	10 to 6000 MHz	DC to 8000 MHz	10 to 6000 MHz	1 to 6000 MHz
<b>Switch Type</b>	SPDT	Dual SPDT	Quad SPDT	SP10T
<b>Isolation</b>	110 dB	50 dB up to 4 GHz	65 dB	80 dB
<b>Switching Time*</b>	700 ns	14 $\mu$ sec	250 ns	6 $\mu$ sec
<b>Insertion Loss</b>	5.0 dB	1.5 dB	2.8 dB	5.0 dB
<b>Power Handling</b>	+33 dBm	+35 dBm	+ 30 dBm	+27 dBm

## 例 1: 携帯電話ネットワークテスト用の高次スイッチングシステム

最初の例は携帯電話オペレーターが、ネットワーク上に増設されたベースステーション

(BTS) 機器を検証するためのテストシステムです。このテストシステムでは、新たな BTS ノードの各チャンネルを評価し、仕様を満たしていることを確認します。また、増設された機器が既存の機器に悪影響を与えずに動作することを確認する必要があり、増設された BTS 機器に対応している携帯電話の検証を可能にする必要があります。

これらを実現するために、6 つの独立したテストステーションを 20 の BTS チャンネルのいずれかまたはすべてに接続するシグナルルーティングシステムが必要になりました。必要に応じて複数のユーザーが同じ BTS に接続できるようにセットアップをする必要がありますが、どのテストステーションがどの BTS にアクセスできるかを制限する制御メカニズムも必要となりました。これらの要件を満たすために、Mini-Circuits は ZT-20X6NB、20x6 ノンブロッキング フルアクセススイッチマトリックスを開発しました。この双方向スイッチマトリックスは、世界の主要な通信帯域である 600 MHz から 6 GHz をカバーし、ポート B1~B6 (図 2 参照) をポート A1~A20 の任意の組み合わせに接続するようにプログラムでき、複数の入力ポートが同時に同じ出力ポートに接続できます。このノンブロッキング構成は容易に変更できるため、マルチユーザ、マルチデバイスのテストシステムに最適です。

このシステムは、コンパクトな高さ 6U (約 10 インチ) のラックマウントに設置可能なシャーシに設計され、フロントパネルに全 26 個の RF コネクタ (N タイプ) を備えています (図 3)。USB とイーサネットのコントロールインターフェイスと、ユーザーに多彩な制御オプションを提供するタッチスクリーンが組み込まれています。コントロールソフトウェアは、どなたにも使いやすい GUI アプリケーションを Mini-Circuits から提供しております。このソフトウェアを介しネットワーク経由または USB 接続を介したりリモートコントロールが可能となります。Windows 用の ActiveX および .NET API オブジェクトと HTTP / Telnet サポートにより、一般的なプログラミング環境との互換性が確保されます。

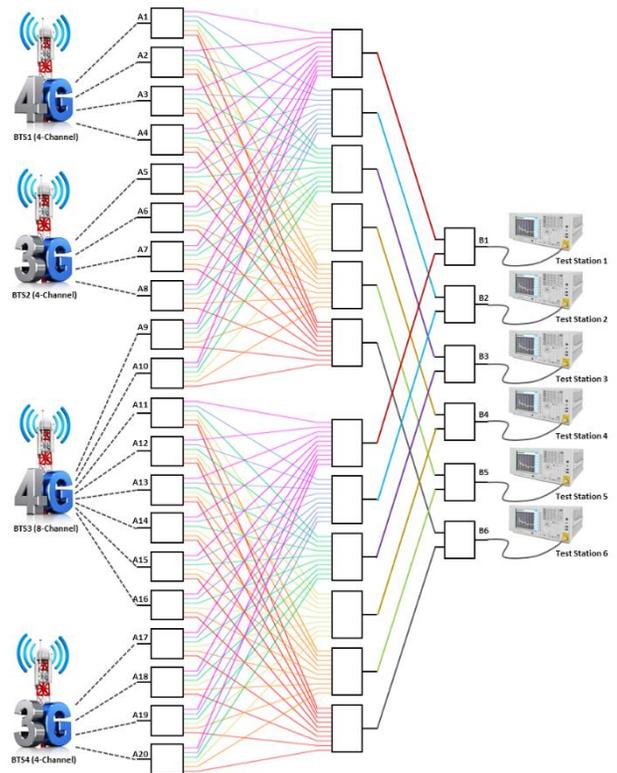


図 2: ZT-20X6NB スイッチマトリックスを利用したマルチユーザベースステーション試験システムの機能図。6 つの独立したテストステーションは 20 BTS チャンネルはすべて相互接続できる。

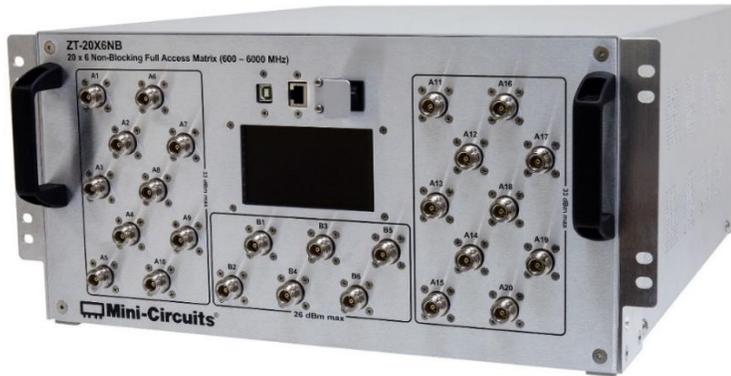


図 3: ZT-20X6NB 6U , 10-inch ラックマウントシャーシ.

## 事例 2: 高速スループット用ソリッドステートスイッチの組み込み

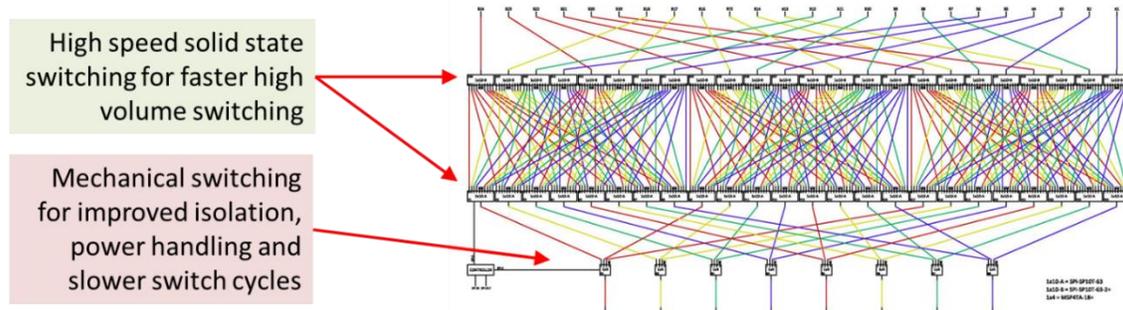
600 MHz から 6 GHz までの通信テストに対応した別の例を見てみましょう。図 4 は、8 x 24 スイッチマトリックスを示します。この例ではプログラマブルアッテネータを含むよりポート数の多い 24 x 48 システムへの提案となりました。この提案ではスイッチマトリックスの最大パス損失を 12 dB に規定し、120dB のテストポート間のアイソレーションを確保する必要がありました。また DUT テスト時に 30msec 未満のスループットを満たすことが目標となりました。

目標仕様を満たすために、メカニカルとソリッドステートスイッチの組合せを採用しました。8 ポート側には SP4T メカニカルスイッチ (MSP4TA-18+) を使用し、0.2 dB の挿入損失と 90 dB のアイソレーションを実現しました。このメカニカルスイッチのスイッチング速度 (20msec) は目標の 30msec を満足しています。

図 4 は、SP4T メカニカル スイッチだけでは実現できない複雑なスイッチング ネットワークを示しています。このシグナルルーティングを実現し、目標のテスト時間を満たすために SPI 制御の SP10T ソリッド ステートスイッチ (SPI-SP10T-63) を使用しました。

このソリッドステートスイッチのスイッチング速度は 6usec であり、メカニカルスイッチが 1 サイクルを実行する時間よりも早くすべてのスイッチの切り替え可能です。また 80 dB のアイソレーションと +27 dBm の最大定格電力を実現し、要求仕様を満たします。この例ではメカニカルスイッチとソリッドステートスイッチの両方の利点を活かし、広範囲でのテストが可能となりました。

図 4. 各々のスイッチの特長を生かした最適設計スイッチマトリックス



## 40GHz への拡張

上記の例は、Mini-Circuits が複雑なテスト要件に合わせてカスタマイズした RF スイッチマトリックスを構築した 2 つの例にすぎません。

Mini-Circuits では 26.5GHz および 40 GHz までのメカニカルスイッチを有し、5G などのマイクロ波、ミリ波通信向けにはこれらのスイッチを用いたテストソリューションを提案しております。

多種多様なワイヤレスデバイスの開発競争の中、高速で効率的、コストパフォーマンスに優れたテストソリューションの必要性が増え続けています。この記事ではこの傾向を念頭に置き、お客様がテストセットアップの効率を最適化するのに有効なカスタムスイッチマトリックスを紹介しました。

Mini-Circuits は 40 GHz で動作するシステムや、減衰量制御、信号増幅、信号分配などの他の機能を組み込んだシステムで、多くのお客様との連携に成功しています。

Mini-Circuits のホームページ上でテストソリューションのポートフォリオをご覧ください。独自のモジュラーテストシステムをオンラインで構成することが可能となりました。その他の販売および技術サポートについては下記の Email アドレスへお気軽にお問い合わせください。

Mini-Circuits テストソリューション リンク

<https://www.minicircuits.com/products/PortableTestEquipment.html>

テクニカルサポート Email

[testsolutions@minicircuits.com](mailto:testsolutions@minicircuits.com)