

パワースプリッタ/コンバイナにおける電力伝達を コヒーレント・非コヒーレント信号の観点から理解する

2020 年 9 月 24 日

Denis Loxha, Mini-Circuits Applications

前書き

パワースプリッタ / コンバイナは双方向で利用できる受動素子で、単一の信号は複数の信号に分配され、また逆に複数の入力信号は単一の信号に合成されて出力されます。N ポートスプリッタの場合、入力信号は N ポートの出力に分配されます。N ポートコンバイナとして使用すると N ポートの入力に合成され一つのポートから出力されます。

応用例としては、試験機器、実験室および生産現場レベルの試験機器、パワーアンプサブシステムなど多くのタイプの信号処理が含まれます。最も一般的なタイプのパワースプリッタ/コンバイナは、N ポート間の振幅、位相差、インピーダンスが同一のものです。スプリッタとしての入出力損失は N (例えば、N=2 ポートでは 3 dB、N=4 ポートの場合は 6 dB の損失)により決まり、これに内部回路によるわずかな挿入損失が加わります。コンバイナとしては、単一ポートの出力は N ポート入力の合計になります。信号処理に必要な位相シフトや不均一な振幅は通常、外部回路で実現されますが、一般的に使用される構成として、パワースプリッタ/コンバイナのパッケージに含まれる場合があります。信号処理に必要な位相シフトや振幅の最適化は、通常外部回路で実現されますが、よく使用される一部の例では、パワースプリッタ/コンバイナパッケージに含まれる場合があります。

スプリッタ/コンバイナのもう一つの機能は、複数のポート間の分離です。デバイスの内部回路は、N ポートの一つから他のポートに通過する信号のキャンセル用に設計されています。

良好なアイソレーションと正確な電力分配を行うために、内部は平衡回路になっており、不平衡により発生するエネルギーは内部の負荷抵抗で消費されます。負荷抵抗の定格により消費電力が決まるため、不平衡時の処理がパワースプリッタ/コンバイナ的能力を決める重要な要素になります。

このアプリケーションノートでは、特に非コヒーレント信号で使用する場合に N 個の入力信号の組み合わせがデバイスの電力処理にどのように影響するかを示すことに焦点を当てています。

信号のコヒーレンスについて理解する

信号の位相コヒーレンスについては、さまざまな定義で説明されます。

おそらく最も単純な定義は、二つの信号が同じ周波数で一定の位相オフセットを維持している場合のコヒーレンスです。言い換えると、二つの信号間の相対位相 $\Delta \phi$ (図 1 および 2) は、時間が経過しても一定に保たれています。逆に、二つの信号が相互に一定の位相を保たない場合は、図 3 に示すように、それらは非コヒーレントと見なします。

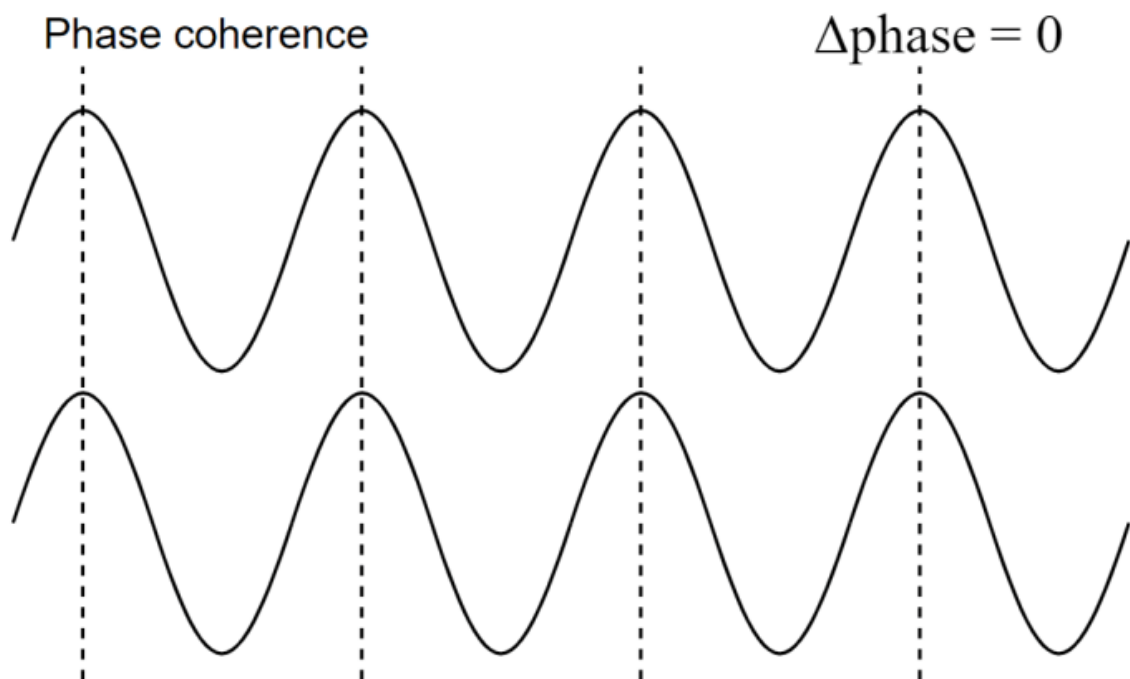


図1

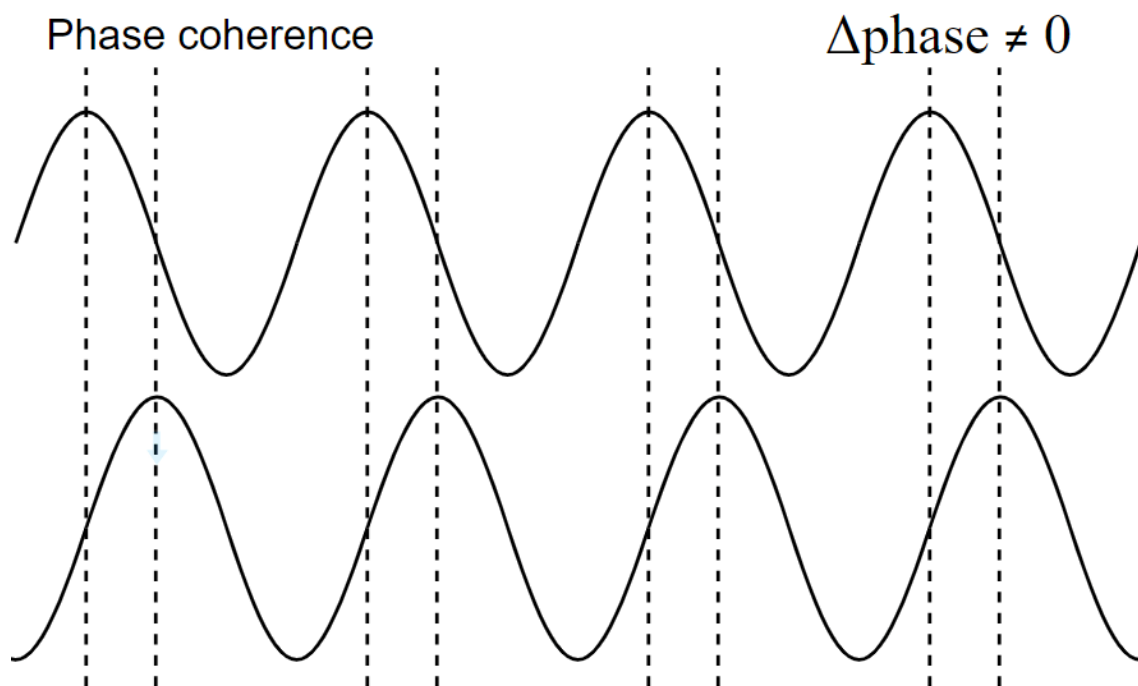


図 2

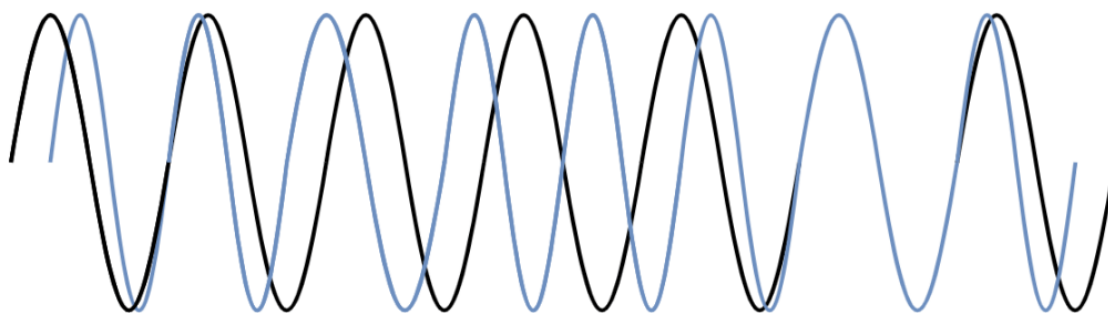


図 3

2分岐のパワースプリッタの場合を考えてみましょう。入力は一の信号であり、二つの出力信号に分配され、それぞれが元の電力の半分(-3 dB)になります。出力は同じ入力信号から得られるため、出力間に位相差はありません。したがって出力はコヒーレントです。信号パスの一つに時間遅延のある伝送路セクションなどが挿入されると位相差が発生しますが、この位相差は一定のままであるため、信号はコヒーレントのままです。これらのコヒーレント信号により信号パスのバランスがとれ、負荷抵抗によって電力が消費されることはほとんどありません。

逆方向（パワーコンバイナとして）の場合、二つの入力のコヒーレントで振幅が同じである場合にはデバイスは平衡状態になり負荷抵抗に電力は供給されません。しかし入力信号に違いがある場合（非コヒーレント）にはシステムが不平衡になって負荷抵抗で電力が消費されます。非コヒーレントにより消費される電力量は負荷抵抗の定格を超えてはいけません。

一般に、非コヒーレント信号は、振幅、位相、および（または）周波数が異なり、その結果かなりの不平衡電力が消費されます。消費電力の範囲としては、ほぼ 0 からトータル入力電力にまでなる可能性があります。

Mini-Circuits 社がカタログ中で定義する非コヒーレント信号

パワーコンバイナの挿入損失は、合成信号の振幅と位相の関係に応じて変化します。弊社の多くのスプリッタ/コンバイナにおいては、コンバイナとして定格電力を指定する場合に「コンバイナに非コヒーレント信号を入力する場合、ポートあたりの最大電力は XX ワットの電力定格をポート数で割ったものです」と記載しています。たとえば内部消費の定格電力が 0.8W の 2 分岐パワースプリッタがある場合、各ポートの最大電力は $0.8\text{W} / 2$ 、つまり各ポートあたり 0.4W です。二つの入力信号の振幅が等しく同相である場合（図 4 を参照）、挿入損失はゼロであるため、電力定格はスプリッタと同じ定格電力を N ポートで割ったものになります。したがって、信号が完全に周波数と振幅のコヒーレントである場合、定格 10 ワットの 2 分岐スプリッタは 5 ワットの二つの信号を処理できます。

二つの信号の周波数が異なる場合、挿入損失は理論上の挿入損失と等しくなります。つまり、異なる RF 周波数の二つの信号が追加されている場合、各信号は 3dB の損失で S ポートに現れます。内部抵抗は、各信号の 3dB の電力損失を吸収します。

ただし信号の位相が 180° ずれている場合（図 5 を参照）には挿入損失は無限大になります。この場合、電力は出力されず全電力は抵抗で消費されます。

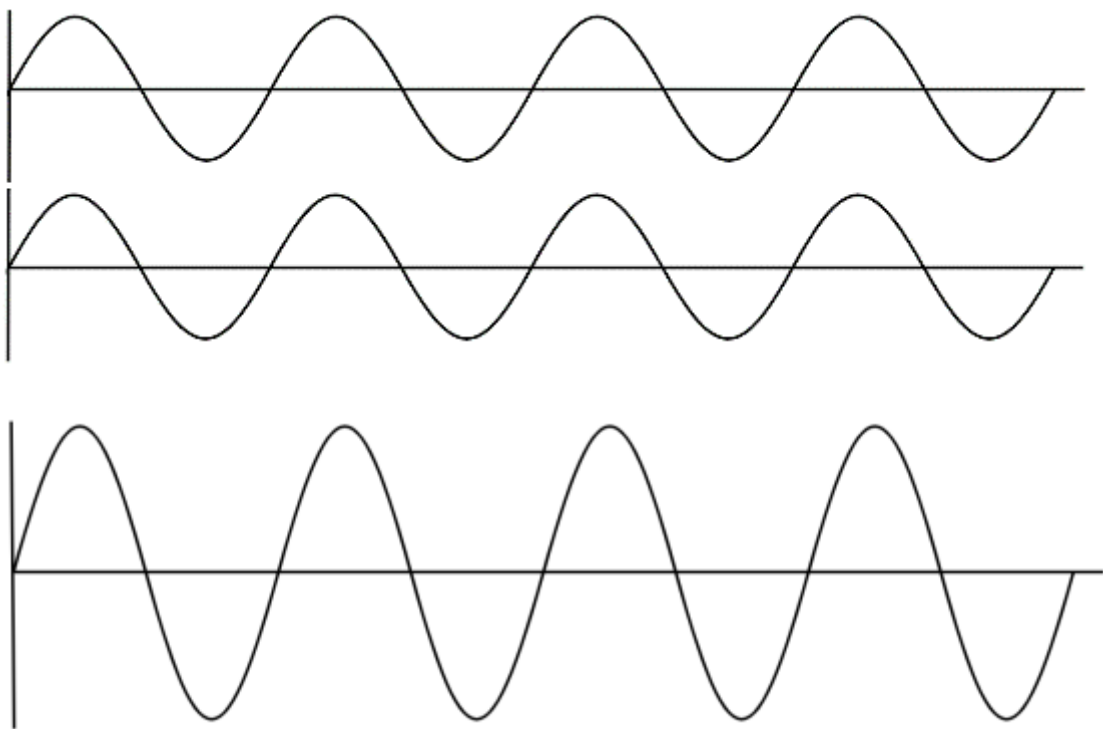


图 4

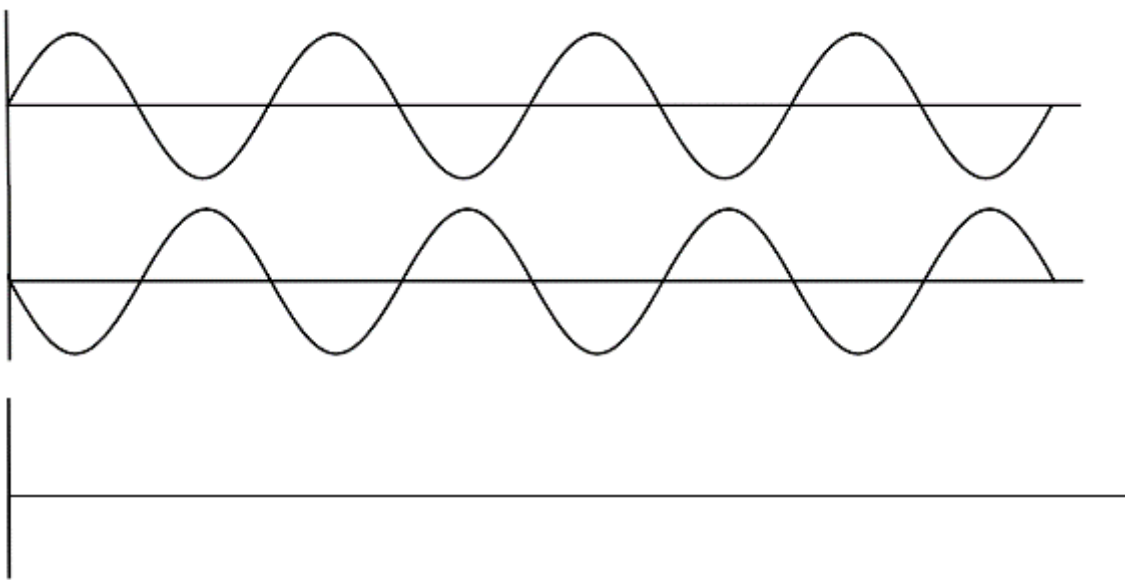


图 5

追加情報

1. パワースプリッタを理解する: <https://www.minicircuits.com/appdoc/AN10-006.html>
2. FAQ: <https://www.minicircuits.com/appdoc/PWR2-4.html>