

第6章 高周波信号を分配/合成する キー・パーツ

ディバイダ/コンバイナの 種類と使い方

広畑 敦
Atsushi Hirohata

高周波の信号を分配する回路または部品をディバイダ(divider)、合成する回路または部品をコンバイナ(combiner)と呼びます。

ここでは、各種のディバイダ/コンバイナの特徴を概観し、市販されている3 dBハイブリッド・ディバイダの特性を実測して評価してみます。

信号の合成と分配

● 分配/合成が必要なところ

回路の設計においては、信号を合成/分配することが必要なシーンがたくさんあります。

- (1) 一つの信号を二つ以上の回路に分配する
- (2) 二つ以上の増幅器(信号)の合成(プッシュプル回路などの入出力…180°の位相差で分配/合成、二つ以上の電力回路の合成/分配)
- (3) ミキサ、検波、変調回路(二つの信号を混ぜる)
- (4) 信号の一部を取り出して、レベルや位相、整合度などを検出する
- (5) 位相の違う二つの信号を取り出す(直交変調、位相ダイバーシティなど)

図1は2信号分配器を表したものです。ここで、この信号分配器は、ポート1から入った信号電力をポート2とポート3に分配します。ほとんどの場合は、分配器を逆方向にすれば合成器として使えます。分配器は、パワー・スプリッタ(power splitter)とも呼ばれます。

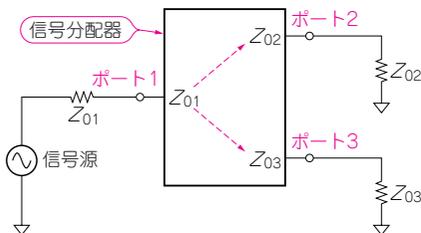


図1 2信号分配/合成器の構成

● ポート間の影響に注意

図1において、ポート1, 2, 3のすべてを直接に接続した場合、 $Z_{01} = Z_{02} // Z_{03}$ となるような関係とすれば、ポート1側から見ると整合になります。うまく動作するように思えますが、ポート2やポート3から見たインピーダンスは不整合となっています。

ポート2とその負荷(Z_{02})が不整合の場合、不整合による反射電力がポート1とポート3に現れ、ポート1から見たインピーダンスが変化し、 Z_{01} とポート1間が不整合となります。これらの不整合による影響は、各ポートに接続された回路を不安定にさせたり、そのポートにとっては不要な信号が混じることになります。

そのため、信号を分配/合成する際には、負荷の状態や信号が互いに影響しないようにアイソレーションが必要な場合が多くあります。

● 分配/合成器に必要な特性

単純に簡単な回路で合成/分配して問題のない場合もありますが、前後の回路によっては、特に大電力の場合などに不都合が出ることもあり、下記のような分配器、合成器に必要な特性をよく知って使う必要があります。

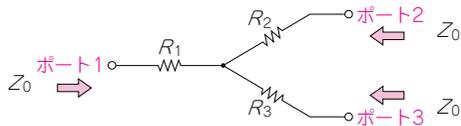
- (1) 損失を少なくしたい
- (2) 入力/出力端子のそれぞれをインピーダンス整合させないと特性が出ない
- (3) 信号間のバランス(レベル, 位相)を取りたい
- (4) 端子間の信号の漏れが問題になる
- (5) 分配出力に位相差をつけたい
- (6) 周波数特性

各種ディバイダ/コンバイナの特徴

■ 抵抗やトランスを使う方式

● 抵抗を使った分配器

図2に、抵抗を使ったインピーダンス50 Ωの2分配器の回路を示します。



等分配器とするには $R_1=R_2=R_3=\frac{Z_0}{3}$ ($Z_0=50$ のとき $R=16.67\Omega$) とする。
ポート間の信号伝達は -6.02dB

図2 抵抗を使った2合成/分配器

抵抗を使った2分配器の特徴を以下にまとめます。

- (1) すべての端子に規定のインピーダンスを接続すれば、どの端子から見てもインピーダンス整合となる
- (2) 抵抗による電力損失が3 dBある
- (3) 各ポート間はすべて -6dB で信号が伝達する(他ポートのインピーダンス変化による影響は -6dB)
- (4) 周波数特性の良い抵抗器を使い、実装に注意すれば広帯域で安定な特性が得られる
- (5) ポート同士は同相で分配, 同相入力で加算される

● バラン・トランスを使った信号分配/合成器

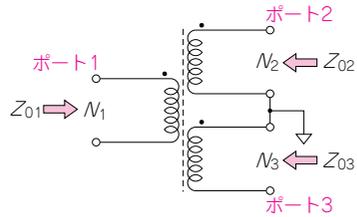
図3は、プッシュプル回路などの入出力によく見られるトランスを使った分配/合成器です。リング形やめがね形コアに、トリファイラ巻きで作られたものが一般的です。

この種のディバイダの特徴を下記に示します。

- (1) 入出力インピーダンスを巻き数比で変化させることができる
- (2) トランスの損失と巻き線抵抗, 結合損失が主で, 抵抗のような大きな損失はない
- (3) ポート1のインピーダンスを整合させても, ポート2, ポート3から見れば不整合
- (4) 各ポートに接続される負荷によって互いに影響する
- (5) ポート2-ポート3間は逆相 (180°)
- (6) 同一周波数の信号をポート2, ポート3へ入力した場合, 逆相入力でもポート1で加算した電力が得られる
- (7) 逆相で加算した場合, ポート2, ポート3からは整合状態に見える
- (8) トランスの周波数特性から, 比較的低い数百MHz以下での広帯域の周波数用途

＊

ポート1から見たインピーダンスを整合させるようにすると, ポート2とポート3側からは不整合状態になります。しかし, ポート1から入力して2分配する場合, あるいはポート2とポート3から同じ周波数, 同じレベル, 逆位相で合成する場合には, ポート2とポート3の不整合による反射電力と, 他ポートからの電力が打ち消されて見かけ上整合状態になります。ポ



ポート1から見たインピーダンスの整合条件:

$$Z_{01} = (N_1/N_2)^2 \times Z_{02} \parallel (N_1/N_3)^2 \times Z_{03}$$

あるいは,

$$Z_{03} + Z_{02} = \{(N_2 + N_3)/N_1\}^2 \times Z_{01}$$

(ポート2, ポート3はそれぞれのインピーダンスに整合しない)

図3 トランスを使った分配/合成器

ート2とポート3のバランスの上に成り立っているといえます。

図3において, ポート2-ポート3間のグラウンドを使用せずに, ポート間を使うことで, 平衡-不平衡のバラン (Balun; Balance-Unbalance) トランスとしても利用できます。

写真1にバラン・トランスの例を示します。

■ ハイブリッドを使う方式

● ハイブリッドとは

ハイブリッド (hybrid) とは, 三つ以上の入出力ポートをもった分配/合成器で, 多くの種類があります。

各ポート間にアイソレーションがあり, 他ポートからの信号の漏れ, 負荷が変化することによるインピーダンス変化などの影響が少なくなっています。この利



(a) B4FL



(b) B4F



(c) B5FL



(d) B5F



(e) B7T

写真1 バラン・トランスの例(面実装バラン・トランス, 東光)