



Deney 3: Wilkinson Güç Bölücü

1 Amaç

1. Bir mikrodalga devresinde RF gücün bölünmesini araştırmak.
2. RF güç bölücü devre olarak literatürde en çok kullanılan güç bölücü devresi olan Wilkinson Güç Bölücü'yu (WPD) kullanmak.
3. WPD'nin S parametreleri ile güç bölme ve birleştirme özelliklerini test etmek.

2 Ön Hazırlık Soruları

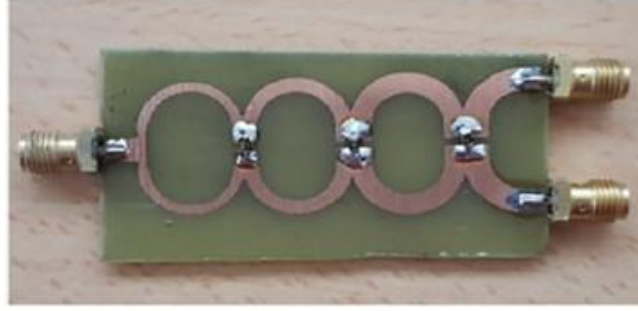
1. Wilkinson Güç Bölücü devresinin S parametreleri (izolasyon, geri dönüş kaybı, iletim vb.) hangi adlarla anılır?
2. Wilkinson Güç Bölücü devresinin S parametrelerinin giriş ve çıkış güçleri üzerinden hesaplanmasını gösteriniz. (P_1 , P_2 ve P_3 kapılardaki giriş ve çıkış gücü olsun; denklemleri bunlar üzerinden yazınız.)
3. Wilkinson güç birleştirici (Wilkinson Power Combiner, WPC) devresinin şemasını kabaca çiziniz. WPD'den ne farkı vardır? Giriş ve çıkış güçleri arasında ne fark olabilir?
4. Aşağıdaki soruların yanıtlarını araştırınız:
 - (1) İletim bant genişliği nasıl tespit edilir?
 - (2) Yansıma bant genişliği nasıl tespit edilir?
 - (3) WPD girişine (kapı 1) 20 dBm güç uygulanırsa çıkışta her bir kapıda dBm güç elde edilir.
 - (4) WPD girişine (kapı 1) -20 dBm güç uygulanırsa çıkışta her bir kapıda dBm güç elde edilir.
 - (5) WPC'nin iki simetrik kapısının da girişine (kapı 2 ve 3) 20 dBm güç uygulanırsa çıkışta kapı 1'de dBm güç elde edilir.

3 Temel Kavramlar

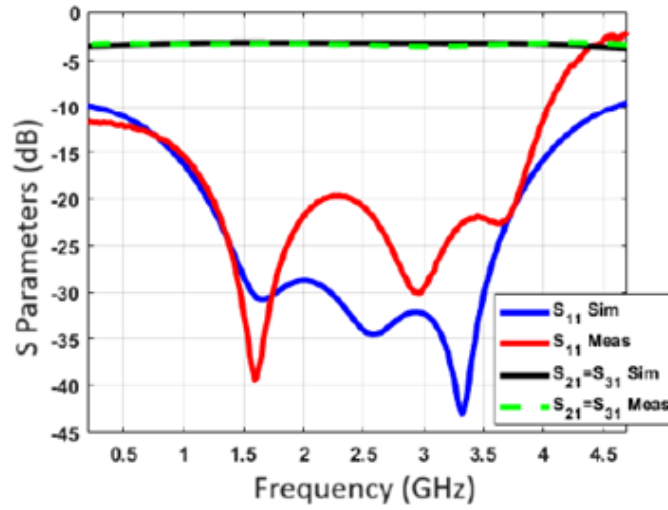
3.1 Giriş

Wilkinson Güç Bölücü, mikrodalga mühendisliğinde yaygın olarak kullanılan, bir giriş sinyalini eş fazlı ve eş genlikli iki çıkışa bölen üç portlu bir devredir. İdeal bir Wilkinson bölücüde giriş portundan (Port 1) uygulanan sinyal, iki çıkış portunda (Port 2 ve Port 3) eşit şekilde bölünür ve her iki çıkışta da orijinal gücün yarısı elde edilir. Güç desibel (dB) cinsinden ifade edildiğinde gücün yarıya inmesi yaklaşık -3 dB'lik bir zayıflamaya karşılık gelir. Bu nedenle ideal bir bölücü için her bir çıkış portunun kazancı olan S_{21} ve S_{31} değerleri -3 dB'dir.

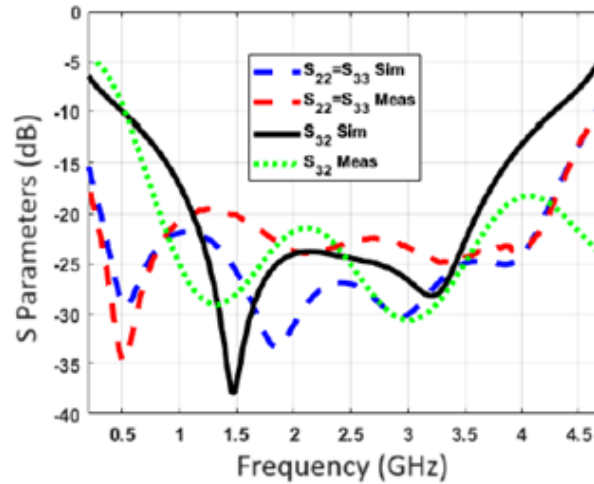
Wilkinson bölücünün temel tasarımı, iki adet çeyrek dalga ($\lambda/4$) transformasyon hattından ve bu hatların sonuna bağlanan bir izolasyon direncinden oluşur. Çeyrek dalga transformatörler, empedans uygunlaştırma sağlayarak giriş portunun empedansını (genellikle 50 Ω) iki çıkış portunun paralel kombinasyonuna bağlar. Devrenin simetrik yapısı, gücün Port 2 ve Port 3'te eşit olarak bölünmesini sağlar. İzolasyon direncinin kritik rolü ise iki çıkış portu arasındaki etkileşimi en aza indirmektir. Bu sayede bir çıkış portuna sinyal uygulanırsa diğer porta güç sızıntısı engellenir ve portlar birbirinden yalıtılmış olur. İdeal bir Wilkinson bölücünün S parametre matrisi, empedans uyumunun (S_{11} , S_{22} , $S_{33} = -\infty$ dB) ve mükemmel izolasyonun (S_{23} , $S_{32} = -\infty$ dB) sağlandığını gösterir.



Şekil 3-1. Özel bir amaçla üretilmiş, çok katmanlı (multi-section) Wilkinson güç bölücünün (WPD) üretilmiş hâli.



Şekil 3-2. Eşit bölmeli (equal way) WPD'nin S_{11} , S_{21} ve S_{31} parametreleri (benzetim ve ölçüm).



Şekil 3-3. Eşit bölmeli (equal way) WPD'nin S_{22} , S_{33} ve S_{32} parametreleri (benzetim ve ölçüm).

Bu devrenin en önemli avantajları basit yapısı, geniş bantlı performansı, düşük ekleme kaybı ve yüksek port izolasyonudur. Gücün bölünmesi, empedans değerlerinin hassas hesaplanmasına dayandığı için yüksek bir doğruluk sağlar. Wilkinson güç bölücüler; besleme ağlarında, faz kaydırıcılarda, anten dizilerinde ve güç birleştirici/ayırıcı olarak yaygın bir şekilde kullanılarak modern iletişim sistemlerinin vazgeçilmez bir bileşenidir. Şekil 3-1'de özel bir amaçla üretilmiş, çok katmanlı (multi-section) bir WPD görülmektedir. Şekil 3-2 ve Şe-



kil 3-3'de ise bu WPD'ye ait benzetim ve ölçüm S parametreleri gösterilmiştir.

3.2 S Parametreleri ve dB Dönüşümleri

Önemli

S_{ij} , kompleks gerilim (voltaj) dalga katsayısıdır. Bir port j uyarıldığında port i 'de ortaya çıkan ortalama güç (tek kaynak, tek frekans, fazlar sabit) genellikle şu şekilde verilir:

$$P_{i \leftarrow j} = |S_{ij}|^2 P_j \quad (3-1)$$

Burada P_j , port j giriş gücüdür.

Güç oranlarını dB cinsine çevirirken $10 \log_{10}$ kullanılır:

$$P \text{ (dB)} = 10 \log_{10} \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (3-2)$$

Gerilim (voltaj) oranlarını dB'ye çevirirken $20 \log_{10}$ kullanılır; güce geçildiğinde $10 \log_{10}$ uygulanır.

dB formülleri ($10 \log_{10}$ ile):

Ekleme (insertion) kaybı, $P_1 \rightarrow P_2$ (güç oranı, dB):

$$IL_{21} \text{ (dB)} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{2 \leftarrow 1}}{P_1} \right) = 10 \log_{10} (|S_{21}|^2) \quad (3-3)$$

Geri dönüş (return) kaybı, port 1 için:

$$RL_1 \text{ (dB)} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{ref1}}{P_1} \right) = 10 \log_{10} (|S_{11}|^2) \quad (3-4)$$

İzolasyon (isolation), $P_2 \rightarrow P_3$:

$$ISO_{23} \text{ (dB)} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{3 \leftarrow 2}}{P_2} \right) = 10 \log_{10} (|S_{32}|^2) \quad (3-5)$$

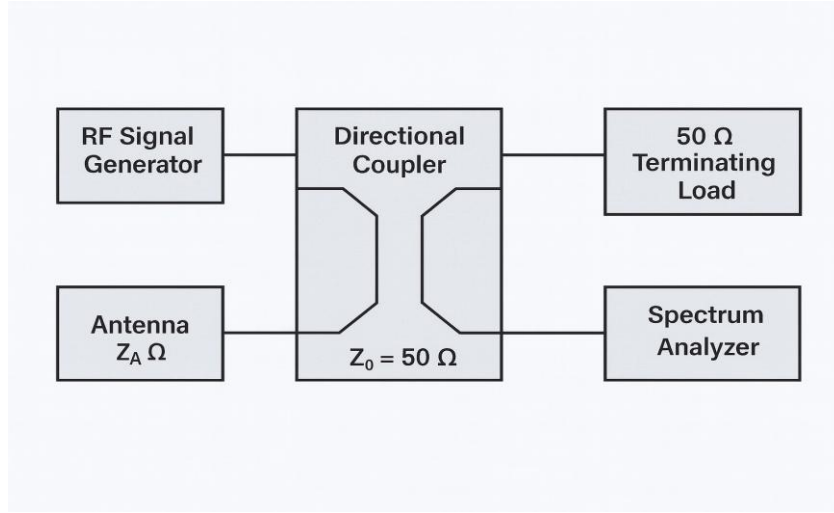
4 Gerekli Ekipmanlar

- Spektrum analizörü (3 GHz)
- RF sinyal üretici (3 GHz)
- Yönlü kuplör (directional coupler)
- Wilkinson güç bölücü devresi (WPD)
- Kablo ve konnektörler
- 50 Ω sonlandırma yükü (load terminator; kapı 2 ve 3'ü kapatmak için en az iki adet)

5 Deneyin Yapılışı

5.1 Wilkinson Güç Bölücünün S Parametrelerinin Ölçümü

1. 2400 MHz frekansı için WPD'nin S_{11} parametresini yönlü kuplör kullanarak ölçünüz (Şekil 3-4'teki düzeneği kullanınız). Bu işlemi uygularken kapı 2 ve 3'ü 50 Ω sonlandırma ile kapatınız.



Şekil 3-4. Yönlü kuplör ile S parametresi ölçüm düzeneği. Ölçülen WPD kapısı, şekildeki “Antenna $Z_A \Omega$ ” ucuna bağlanır (RF Signal Generator: RF sinyal üretici, Directional Coupler: yönlü kuplör, 50 Ω Terminating Load: 50 Ω sonlandırma yükü, Spectrum Analyzer: spektrum analizörü).

2. 2400 MHz frekansı için WPD'nin S_{22} parametresini yönlü kuplör kullanarak ölçünüz (Şekil 3-4'teki düzeneği kullanınız). Bu işlemi uygularken kapı 1 ve 3'ü 50 Ω sonlandırma ile kapatınız.

Şimdi yönlü kuplörü söküp yalnız WPD ile devam ediniz.

3. WPD girişine (kapı 1) 0 dBm güç uygulayarak kapı 2'yi ölçünüz (kapı 3, 50 Ω yük ile sonlandırılacak). Bu ölçümden S_{21} parametresini hesaplayınız.
4. WPD'nin kapı 1 girişine 0 dBm güç uygulayarak kapı 3'ü ölçünüz (kapı 2, 50 Ω yük ile sonlandırılacak). Bu ölçümden S_{31} parametresini hesaplayınız.
5. WPD'nin kapı 2 girişine 0 dBm güç uygulayarak kapı 3'ü ölçünüz (kapı 1, 50 Ω yük ile sonlandırılacak). Bu ölçümden S_{32} parametresini hesaplayınız.

5.2 Raporda Bulunması Gerekenler

1. Wilkinson güç bölücü devresinin bant genişliğini Şekil 3-2 ve Şekil 3-3'deki S parametrelerinden hesaplayınız. Alt kesim frekansını, üst kesim frekansını ve merkez frekansını belirleyiniz.
2. Wilkinson güç bölücü devresinin S parametrelerini 2400 MHz için belirleyiniz ve Tablo 3-1'da logaritmik (dB) olarak yazınız. İdealde ne olması gerektiğini, ölçüm sonucunun ne olduğunu ve durumu karşılaştırınız.
3. Wilkinson güç bölücü nerelerde kullanılır?
4. Bu deneyden öğrenilenleri maddeler hâlinde yazınız.



Tablo 3-1. Wilkinson güç bölücünün 2400 MHz'deki S parametreleri (dB).

S parametresi	Ölçüm sonucu	İdealde ne olmalı	Değerlendirmeniz
S_{11}			
S_{22}, S_{33} de aynısı			
S_{21}			
S_{31}			
S_{32}			

6 Deney Sonu Soruları

1. Tablo 3-1'daki ölçülen S_{11} değeri, ideal Wilkinson bölücünün $S_{11} = -\infty$ dB değerinden neden farklı çıkar? Olası nedenleri yazınız.
2. Ölçtüğünüz S_{21} ve S_{31} değerleri -3 dB'den ne kadar sapıyor? Sapmanın olası nedenleri (ekleme kaybı, kablo ve konnektör kayıpları, port uyumsuzluğu vb.) nelerdir?
3. Wilkinson bölücüde izolasyon direnci olmasaydı iki çıkış portu arasındaki izolasyon (S_{32}) nasıl etkilenirdi? Bu direncin görevi nedir?
4. WPD girişine 0 dBm güç uygulandığında kapı 2'de spektrum analizörü -3.4 dBm gösteriyorsa S_{21} kaç dB'dir? Bu değer ideal değerle uyumlu mudur?