

**DENEY NO: IX****DENEYİN ADI: DÜŞÜK GÜRÜLTÜLÜ KUVVETLENDİRİCİ (LNA) TASARIMI****Deneyde Kullanılacak Cihazlar ve Malzemeler:**

- 1) Simülatör yazılımları
- 2) Spektrum Analizör (1 GHz)
- 3) RF Sinyal Üreteci (minimum -75 dBm, maksimum 7 dBm çıkış gücü)
- 4) Çalışma frekansınıza uygun olarak tasarlanmış LNA.
- 5) BNC(m) konnektörler ile sonlandırılmış koaksiyel kablolar.

**Amaç**

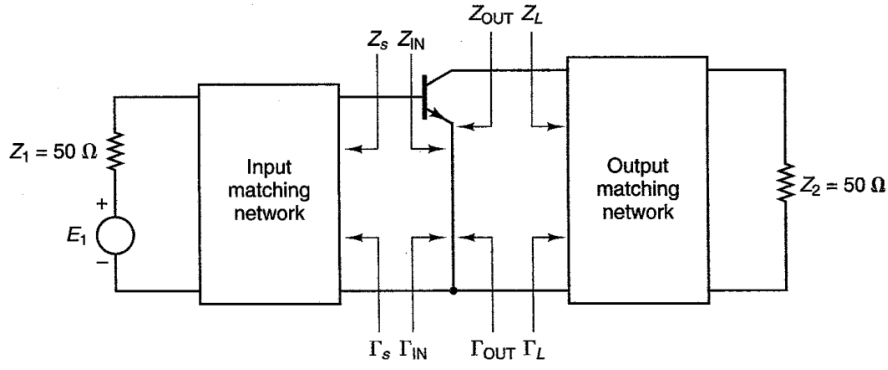
Bu deneyin amacı, RF ve mikrodalga alıcı devrelerinde sıklıkla kullanılan düşük gürültülü kuvvetlendiricinin (LNA) öncelikle benzetim (simülasyon) ortamında tasarımını yapmak, daha sonra gerçeklemek ve s-parametrelerini, gürültü faktörünü ölçüp teorik tasarım ile sonuçları karşılaştırmaktır. Her deney grubu kendilerinin belirlediği çalışma frekansına göre tasarımlarını tamamladıkları LNA ile bu ölçümü gerçekleştirecektir.

**Giriş**

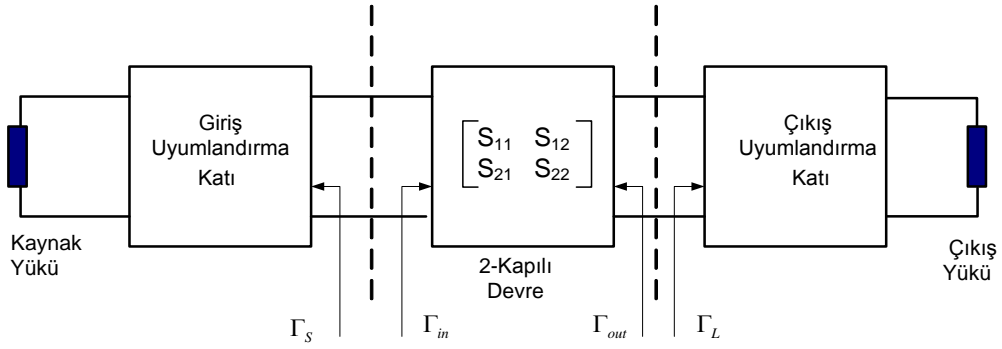
Düşük gürültülü kuvvetlendirici, bir haberleşme sisteminin alıcı bloğunda genelde antenden sonra gelen katıdır. Diğer kuvvetlendiricilerden farkı, işarete eklediği gürültünün diğer kuvvetlendiricilerden çok daha az olmasıdır. LNA'nın gürültü katsayısı alıcı devrenin gürültüsüne doğrudan eklendiğinden düşük olması zorunludur. LNA'dan sonra gelen devre katlarının gürültü katsayıları LNA'nın güç kazancı oranında düşeceğinden LNA'nın yeteri miktarda güç kazancına sahip olması da gereklidir. Friis ifadesinden de bilindiği gibi, bir sistemin toplam gürültüsün, dolayısıyla alış hassasiyetini belirleyen en baskın kat, ilk kattır. Bazı özel sistemler haricinde hemen her haberleşme sisteminin ilk katında bir düşük gürültülü kuvvetlendirici bulunmaktadır. Friis denklemi:

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots \quad (1)$$

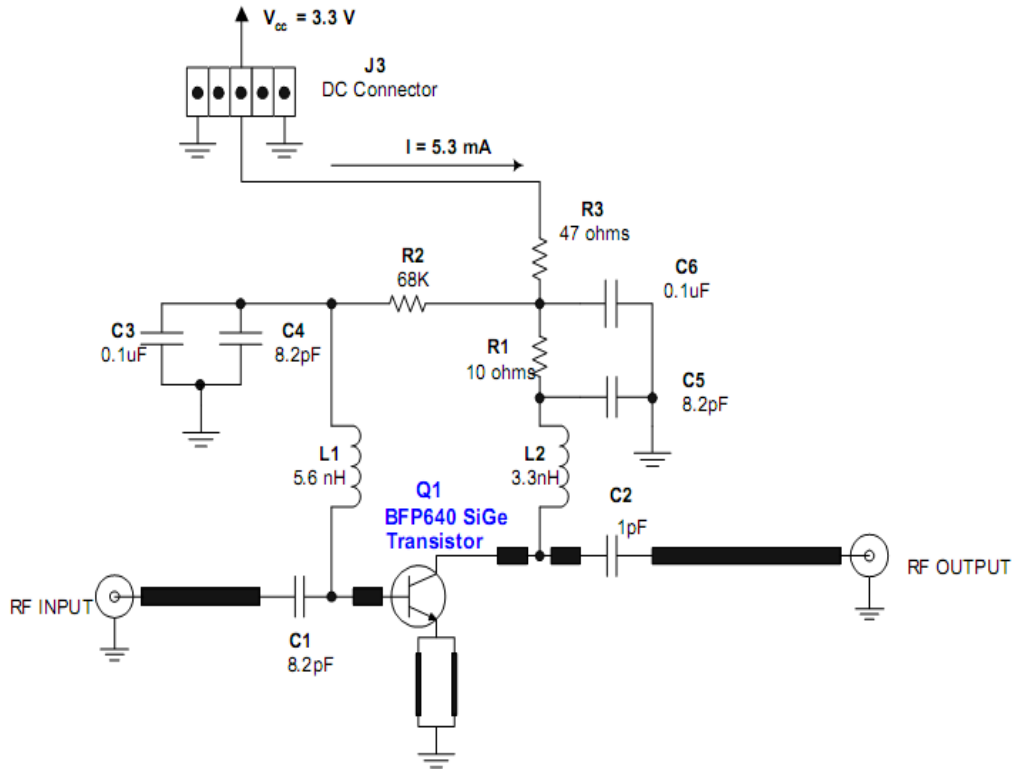
Örneğin, LNA'nın kazancının sonraki basamaklarda kullanılan mikser gibi blokların gürültü faktörlerini yeterince baskılayacak kadar yüksek olması gerekir. Genelde LNA'nın girişine bağlanan antenlerin veya filtrelerin standart çıkış dirençleri  $50\Omega$  dur. Sistem gürültüsünü azaltabilmek ve maksimum güç transferinin sağlanabilmesi için maksimum güç transferinin sağlanabilmesi için LNA'nın giriş ve çıkış empedansının sırasıyla giriş ve çıkış uyumlama devreleri ile  $50\Omega$  a uyumlanması gerekir. Tüm kuvvetlendiricilerde olduğu gibi bir LNA da kararlı çalışmalıdır. Eğer potansiyel kararsız ise kararsızlık ihtimalini ortadan kaldıran çözümler uygulanmalıdır.



Şekil 1: Bir kuvvetlendiricinin blok şeması



Şekil 2: Bir LNA tasarım kurgusu bloğu.



Şekil 3: Bir LNA DC besleme tasarım kurgusu.

LNA tasarımı için pek çok aşama vardır:

- Uygun frekans bandı için en düşük gürültülü ve katalog bilgilerinin yeterli transistörün seçilmesi (BJT veya FET olabilir: örneğin, AN11097, BFP640, BFP740, BFR62, MGA-785, ATF-34143, ATF-531P8, ATF-55143 vb.)
- Katalog bilgilerinde verilen s-parametreleri ile aynı değerleri verecek şekilde DC besleme devresinin tasarlanması
- Kararlılık analizi yapılması ve koşulsuz kararlılık şartını sağlayacak çözümler üretilmesi
- Güç kazancı ve gürültü faktörü çemberlerinin beraber değerlendirilerek maksimum güç kazancı ve minimum gürültü faktörü elde etmek amacıyla giriş ve çıkış uyumlama devreleri için sırasıyla giriş ve çıkış empedans veya yansıma katsayılarının s-parametreleri analizi yardımıyla bulunması
- Toplu parametrelili devre elemanları veya mikroşerit iletim hatları kullanılarak maksimum bant genişliği ve minimum yansıma olacak şekilde uyumlama devrelerinin tasarlanması
- Elde edilen tüm devrenin PCB için çıktısının (layout) alınması ve gerçekleştirilmesi
- Bulunan değerlerin pratik devreye dönüştürülmesi ve ölçülmesi

Bu deneyde her grup, 600MHz-900MHz aralığında kendilerinin belirleyeceği çalışma frekansına göre benzetim ortamında LNA tasarımı gerçekleştireceklerdir.

### Deney Ön Hazırlık Çalışması

- 1) Aşağıdaki kavramları açıklayınız.
  - a. Giriş ve çıkış kararlılık daireleri
  - b. Kararlılık katsayıları
  - c. Koşulsuz kararlılık
  - d. Potansiyel kararsızlık
  - e. Güç kazancı ( $G_A$ ,  $G_T$ ,  $G_P$ )
  - f. Tek yönlü (unilateral) kuvvetlendirici
  - g. Uyumsuzluk katsayısı ( $M_S$  veya  $M_L$ )
  - h. Kazanç daireleri
  - i. Gürültü faktörü ve minimum gürültü faktörü
  - j. Gürültü faktörü daireleri
  - k. Giriş ve çıkış VSWR daireleri
- 2) LNA tasarımında transistör seçimi yapılırken hangi parametreler göz önüne alınmalıdır?
- 3) Sinyal gürültü oranı ölçümü nasıl yapılır bir düzenekle açıklayınız?
- 4) Transistora uygun DC besleme devresi nasıl tasarlanmalıdır?
- 5) Transistora kararlılık analizinde dikkat edilmesi gereken parametreler nelerdir? Kararsız bir transistör nasıl kararlı hale getirilir?
- 6) LNA tasarımında uyumlama devrelerine ihtiyaç var mıdır? Neden? Siz tasarımınızda hangi tür uyumlama devresi tercih ettiniz neden?
- 7) LNA performans parametrelerini tablo halinde belirtiniz. Tasarım kriterleri nelerdir? Kısaca açıklayınız.

- 8) LNA için lineer analiz ve lineer olmayan analiz arasındaki farklılıklar nelerdir? Lineer analiz ile lineer olmayan analiz arasında hangi parametreler farklılık göstermektedir?

### Deney Adımları

Öncelikle tasarlanacak LNA için tasarım parametreleri için hedef değerler ortaya konulmalı daha sonra tasarlanmış devrenin ile bir tabloda karşılaştırılmalıdır. Karşılaştırılması önerilen bazı parametreler: Kararlılık katsayıları (koşulsuz kararlı olmalı), bant genişliği (en az 25MHz olmalı), güç kazancı (en az 15dB olmalı), gürültü faktörü (en fazla 3dB olmalı), giriş ve çıkış VSWR değerleri (en az 2,5 olmalı), kaynakta giriş ve yükte çıkış dönüş kayıpları ( $|S_{11}|$  ve  $|S_{22}|$  genlikleri en fazla -10dB olmalı).

Deney, temel olarak üç temel işlem adımında oluşmaktadır.

- 1.Tasarım:** Bu işlem adımında, LNA düzeneği kurgusu yapılacaktır. Bunun yanında alt devreler olarak DC besleme, giriş ve çıkış uyumlama devrelerinin de kurgusu yapılacaktır.
- 2.Benzetim:** Tasarlanan kurgunun, her gruba seçtikleri çalışma frekansı için benzetimleri yapılacak, kurgu çıktıları raporlanacaktır.
- 3.Ölçüm:** Tasarlanan kurgu laboratuvar ortamında gerçekleştirilip, kurgu çıktıları raporlanmak üzere not edilecektir.

### Raporda Bulunması Gerekenler

- 1) Deney düzeneği şematik olarak gösterilecek, deney sırasında çekilmiş olan dijital fotoğrafta ilgili bloklar işaretlenerek gösterilecektir.
- 2) Deney adımları detaylı bir şekilde adım adım anlatılacaktır.
- 3) Farklı frekans değerleri için portlardan spektrum analizör ile ölçülen güç değerleri tablo şeklinde benzetimlerle karşılaştırmalı olarak gösterilecektir. Kayıplar ve yansımalar hesaplanacaktır.
- 4) Portlardan elde edilen güç frekans karakteristikleri uygun çizim programları ile çizdirilerek sonuçlar yorumlanacaktır.
- 5) Deney hakkındaki deney grubundaki öğrencilere ait bireysel yorumlar ayrı ayrı yazılıp rapor sonuna eklenecektir.