

DENEY 2: KASKOD AKIM AYNASI

Amaç: Kaskod akım aynasının incelenmesi ve gerçekleştirilmesi.

Malzeme Listesi:

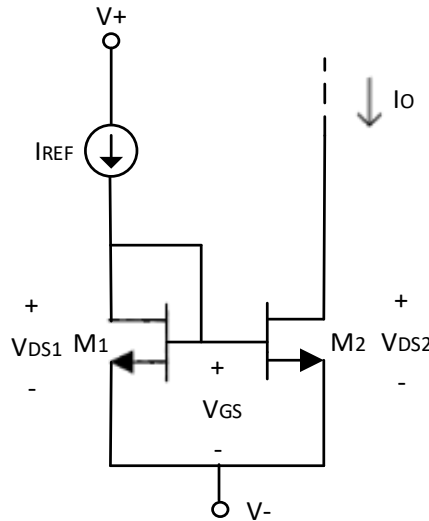
Transistör: 2xCD4007

Direnç: 2x1k, 1x10k POT

Genel Bilgiler:

Alan etkili transistör entegre devrelerinde de, bipolar transistörlü devrelerde olduğu gibi akım kaynakları ve akım aynaları kullanılarak kutuplama yapılır.

En temel MOSFET akım aynası yapısı olan ve Şekil 2.1’de verilmiş olan basit akım aynası gate terminalleri birbirine bağlanan iki NMOS’tan oluşmaktadır. Bu yapıda M_1 transistörünün drain ve gate terminalleri birbirine bağlanır ve doyma bölgesinde çalışması sağlanır.



Şekil 2.1 MOSFET basit akım aynası

$\lambda=1$ kabulü ile Şekil 2.1’deki devre incelendiğinde,

$$I_{REF} = K_{n1}(V_{GS} - V_{TN1})^2 \quad (2.1)$$

eşitliği yazılır. Buradan V_{GS} ,

$$V_{GS} = V_{TN1} + \sqrt{\frac{I_{REF}}{K_{n1}}} \quad (2.2)$$

olarak bulunabilir. Devrede I_{D2} akımının V_{DS2} ’den bağımsız olması için M_2 ’nin doyma bölgesinde çalışması gerekmektedir. Bu şekilde I_O ,

$$I_O = K_{n2}(V_{GS} - V_{TN2})^2 \quad (2.3)$$

olarak yazılabilir. Denklem (2.3), denklem (2.1) kullanılarak yeniden yazılırsa,

$$I_O = K_{n2} \left[\sqrt{\frac{I_{REF}}{K_{n1}}} + V_{TN1} - V_{TN2} \right]^2 \quad (2.4)$$

M₁ ve M₂ eş transistörlerse, $V_{TN1} = V_{TN2}$ ve $K_{n1} = K_{n2}$ olur. Bu şekilde denklem (2.4),

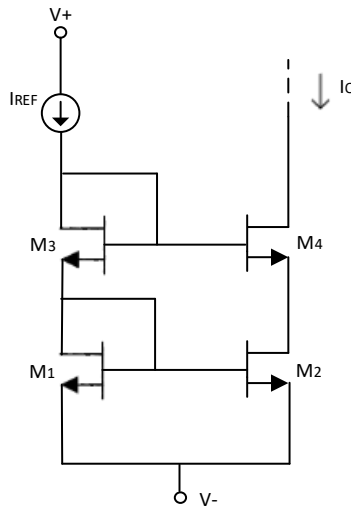
$$I_O = I_{REF} \quad (2.5)$$

olur. MOSFETlerde gate üzerinden akım akmaması sebebiyle eş transistörler kullanıldığı sürece, çıkıştaki yük akımı girişteki referans akımına eşit olur. Çıkış akımı ile giriş akımı oranı transistörlerin K_n değeri hesaplamasında kullanılan (W/L) oranının değişiminden etkilenir. Transistörler (W/L) oranı dışında eş özelliklere sahipse,

$$I_O = \frac{(W/L)_2}{(W/L)_1} I_{REF} \quad (2.6)$$

eşitliği yazılabilir.

MOSFET akım kaynağı devrelerinde, çıkış direnci, çıkış voltajındaki değişikliklere göre kararlılığın bir ölçüsüdür. Basit akım aynasının geliştirilmiş ve çıkış direnci yükseltilmiş yapılarından biri olan MOSFET kaskod akım aynası Şekil 2.2 görülebilmektedir.



Şekil 2.2 MOSFET kaskod akım aynası

Devredeki tüm transistörlerin eş olduğu kabul edilirse, tüm mosfetler için μC_{ox} ve V_{TN} aynıdır. M₁ doyma bölgesinde olduğundan akım denklemi,

$$I_{D1} = K_{n1} (V_{GS1} - V_{TN1})^2 \quad (2.7)$$

yazılır. MOSFET doyma bölgesi çalışma şartı,

$$V_{DS} > V_{GS} - V_{tn} \quad (2.8)$$

olduğundan Şekil 2.2'deki devre incelendiğinde,

$$V_{DS1} = V_{GS1} > V_{GS1} - V_{TN1} \quad (2.9)$$

$$V_{DS3} = V_{GS3} > V_{GS3} - V_{TN1} \quad (2.10)$$

eşitsizlikleri Q1 ve Q3'ün doyma bölgesinde çalıştığını gösterir. Devrenin akım aynası olarak çalışabilmesi için Q2 ve Q4'ün de doyma bölgesinde çalıştırılması gerekir. Devrelerde genellikle, $(W/L)_1 = (W/L)_3$ ve $(W/L)_2 = (W/L)_4$ seçilir.

Şekil 2.2'deki devre incelendiğinde, $V_{GS1} = V_{GS2}$ ve $V_{GS3} = V_{GS4}$ olduğu görülmektedir. (2.7) denklemi kullanılarak,

$$I_{REF} = I_{D1} = I_{D3} \quad (2.11)$$

olduğu görülebilir. Devredeki yük akımı ise,

$$I_O = I_{D4} = I_{D2} \quad (2.6)$$

$$I_O = K_{n2}(V_{GS2} - V_{TN2})^2 \quad (2.3)$$

olarak bulunur. Buradan $V_{GS1} = V_{GS2}$ eşitliği kullanılarak,

$$I_O = \frac{(W/L)_2}{(W/L)_1} I_{REF} \quad (2.7)$$

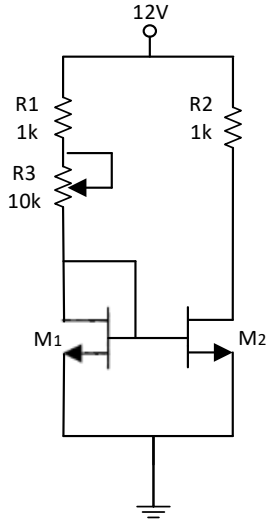
bulunmuş olur.

Deney Öncesi Yapılacaklar:

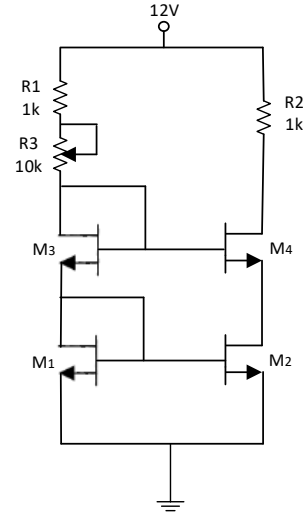
1. Şekil 2.3'deki devrenin Spice simülasyonlarını gerçekleyiniz. Simülasyonda R_3 değeri için parametrik analiz yaparak $I_{R1} - I_{R2}$ grafiğini çizdiriniz. Simülasyon kodunu ve simülasyon sonucunda elde edilen grafiği raporunuza ekleyiniz.
2. Şekil 2.4'deki devrenin Spice simülasyonlarını gerçekleyiniz. Simülasyonda R_3 değeri için parametrik analiz yaparak $I_{R1} - I_{R2}$ grafiğini çizdiriniz. Simülasyon kodunu ve simülasyon sonucunda elde edilen grafiği raporunuza ekleyiniz.

Deneyde Yapılacaklar:

1. Şekil 2.3'deki devreyi kurunuz. R_3 değerini değiştirerek I_{R2} ile I_{R1} arasındaki ilişkiyi veren bağıntıyı elde ediniz. Elde ettiğiniz $I_{R1} - I_{R2}$ grafiğini Şekil 2.5'ya çiziniz.
2. Şekil 2.4'deki devreyi kurunuz. R_3 değerini değiştirerek I_{R2} ile I_{R1} arasındaki ilişkiyi veren bağıntıyı elde ediniz. Elde ettiğiniz $I_{R1} - I_{R2}$ grafiğini Şekil 2.6'ye çiziniz.



Şekil 2.3 Basit akım aynası



Şekil 2.4 Kaskod akım aynası

Sorular

1. Kaskod akım aynasının basit akım aynasına göre avantajı nedir?
2. MOSFET akım aynalarında referans akımı ve çıkış akımı arasındaki ilişki nedir?
3. Akım aynaları hangi devre yapılarında hangi amaçla kullanılabilir?
4. Şekil 2.4 devresinde
 $(W/L)_1 = (W/L)_3$ ve $(W/L)_2 = (W/L)_4$ ve $(W/L)_2 = 3(W/L)_1$
 olacak şekilde MOSFETler seçilirse I_O/I_{REF} nasıl bulunur?

DENEY 2 SONUÇ SAYFASI

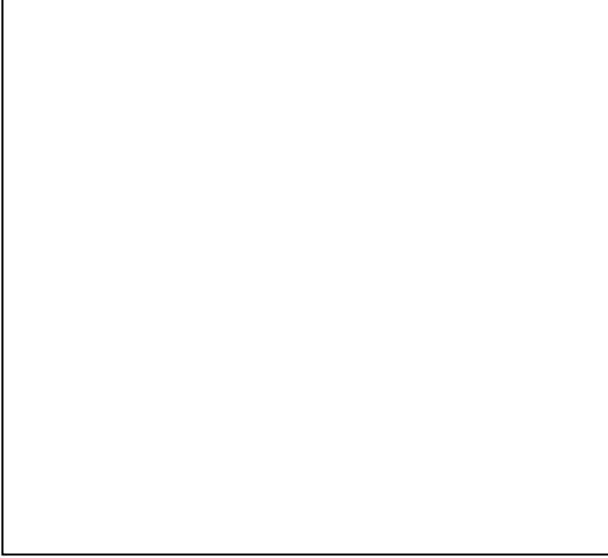
Ad – Soyad:

Öğrenci No:

Grup No:

Masa No:

ÖNEMLİ NOT: Çizilen grafiklerde eksenlerin ait olduğu değişkenler ve değişkenlerin birimleri mutlaka yazılmalıdır. Birimsiz grafikler değerlendirmeye alınmayacaktır.



Şekil 2.5 Şekil 2.3 için deney sonucunda elde edilen $I_{R1} - I_{R2}$ grafiği



Şekil 2.6 Şekil 2.4 için deney sonucunda elde edilen $I_{R1} - I_{R2}$ grafiği

Şekil 2.3 ve Şekil 2.4 'deki devreler için deneyde ve simülasyonda elde ettiğiniz sonuçları karşılaştırınız. Sonuçlarınız uyumlu mu? Yorumlayınız.

Şekil 2.3 ve Şekil 2.4 'deki devrelerin çalışmalarını karşılaştırarak yorumlayınız.

BU SAYFA DENEY SONRASINDA İLGİLİ E-POSTA ADRESİNE GÖNDERİLMELİDİR.