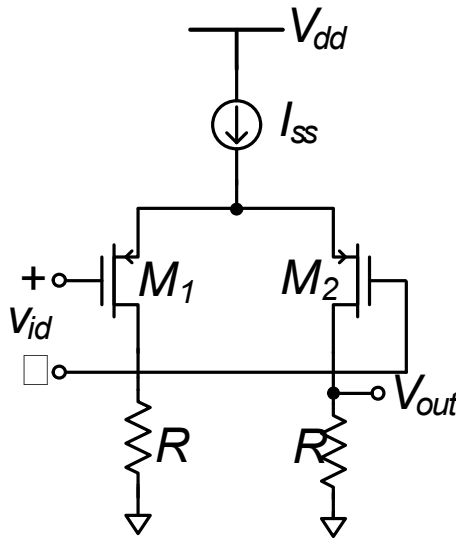


# Soru seti - 3

## SORU 1

Aşağıdaki kuvvetlendirici için şu tasarım bilgileri verilmiştir:  $V_{DD} = 2.5\text{ V}$ ,  $R = 1.5\text{ k}\Omega$ ,  $I_{SS} = 1.8\text{ mA}$ ,  $k_1 = k_2 = 5\text{ mA/V}^2$ ,  $|V_{TH,1}| = |V_{TH,2}| = 0.5\text{ V}$ ,  $\lambda = 0.1\text{ V}^{-1}$ ,  $\gamma = 0$ ,  $k'_i = \mu_0 C_{ox}$ ,  $k_i = \mu_0 C_{ox} \left(\frac{W}{L}\right)_i$ . İki tranzistorun da birbirine eş olduğunu ve doyma bölgesinde çalıştıklarını varsayınız. NMOS ve PMOS gövde (bulk) terminalleri sırasıyla toprak ve  $V_{DD}$ 'ye bağlıdır.

- $I_{SS}$  üzerindeki gerilim düşümü  $0.4\text{ V}$  olduğuna göre  $M_1$  ve  $M_2$  için gerekli DC kutuplama gerilimi değeri nedir? Bu soru şıkkı için  $\lambda = 0$  alınabilir. Tranzistorların hangi çalışma bölgesinde bulunduklarını belirleyiniz.
- Devredeki dirençler, birbirine eş  $M_3$  ve  $M_4$  NMOS transistörleri ile değiştirilecektir. Kullanılacak transistörler  $k_3 = k_4 = 1.5\text{ mA/V}^2$  şeklinde verildiyse,  $V_{GS} - V_{TH}$  değerleri ne olur? Tranzistorların hangi çalışma bölgesinde bulunduklarını belirleyiniz.
- Devrenin diferansiyel (fark) gerilim kazancı  $A_{V,diff} = V_{out}/V_{id}$  dB cinsinden nedir?
- $I_{SS}$  bir kaskot akım kaynağı olarak gerçekleştirilecektir.  $0.4\text{ V}$  büyüklüğündeki gerilim düşümünün  $M_5$  ve  $M_6$  ile belirtilen iki transistor arasında eşit paylaşıldığını varsayın. Her iki transistor için de  $k'_5 = k'_6 = 0.5\text{ mA/V}^2$  ve  $|V_{TH,5}| = |V_{TH,6}| = 0.5\text{ V}$  şeklindedir. DC hesaplamalarda  $\lambda = 0$  alabilirsiniz. Hem  $M_5$  hem de  $M_6$  için geçit gerilimi değerleri  $1.5\text{ V}$  olarak verilmiştir. Bu durum için her iki elemanın  $W/L$  değerlerini bulunuz.
- (d) şıkkını dikkate alarak cevaplayınız: Eğer  $\gamma > 0$  olsaydı, tranzistorların  $W/L$  değerleri nasıl değişirdi (artar / azalır / değişmez)? Yanıtınızı uygun denklemleri kullanarak analitik bir biçimde ifade ediniz.
- Kaskot akım kaynağını kullanarak, devrenin ortak-mod kazancını  $A_{V,CM} = V_{out}/V_{in}$  dB cinsinden hesap ediniz.  $V_{in}$ ,  $M_1$  ve  $M_2$  tranzistorlarının geçitlerine uygulanmaktadır.  $M_5$  ve  $M_6$  için  $\lambda = 0.1\text{ V}^{-1}$  alabilirsiniz.
- Devrenin CMRR değerini dB cinsinden hesaplayınız.

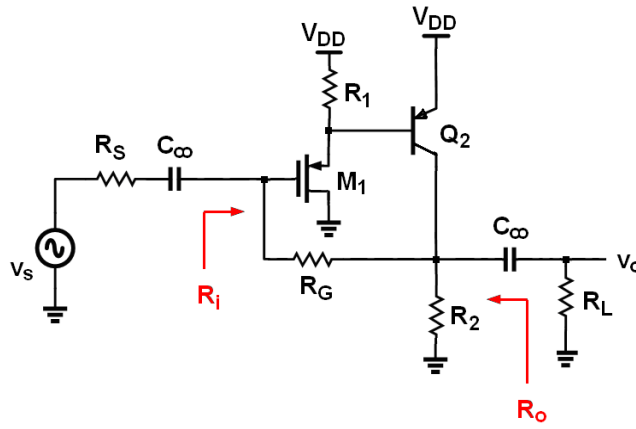


## SORU 2

$V_{DD}=5\text{ V}$ ,  $R_1=6.8\text{ k}\Omega$ ,  $R_2=3\text{ k}\Omega$ ,  $R_G=15\text{ M}\Omega$ ,  $R_S=600\text{ k}\Omega$ ,  $R_L=5\text{ k}\Omega$ ,

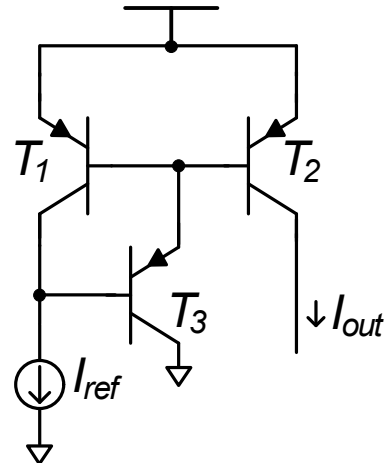
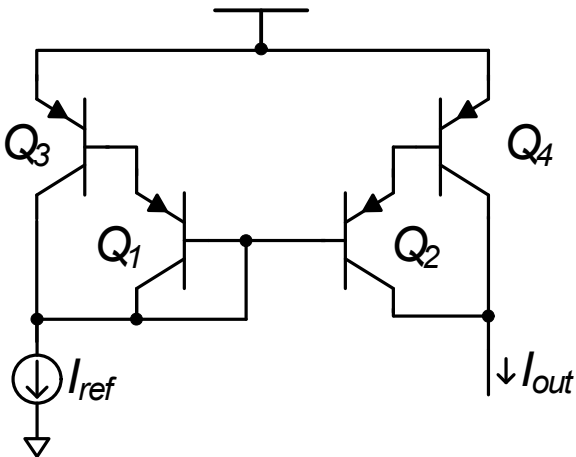
$\beta_F=100$ ,  $V_{BE}=-0.7\text{ V}$ ,  $V_{CEsat}=-0.1\text{ V}$ ,  $V_T=26\text{ mV}$ ,  $k_1=2\text{ mA/V}^2$ ,  $V_t=-0.9\text{ V}$ ,  $\lambda=0$  olarak aşağıdaki devre için verilmiştir.  $R_G$  direnci kutuplama amacıyla kullanılmaktadır ve **ac** işaretler için ihmal edilecektir.

- $I_{D1}$  ve  $I_{C2}$  akımlarını hesaplayınız. Transistörlerin hangi çalışma bölgesinde bulunduklarını belirleyin.  $M_1$ 'in akımını belirlerken baz akımını ihmal edebilirsiniz.
- Devrenin  $v_o / v_i$ ,  $R_i$  ve  $R_o$  küçük işaret performans parametrelerini hesaplayın.
- Çıkış işaretinin kırılma olmaksızın alabileceği en yüksek genlik değerini belirleyin. hesaplayın. Bulduğunuz bu çıkış genlik değerine karşı düşen **giriş işaretinin genliğini** hesaplayın.



## SORU 3

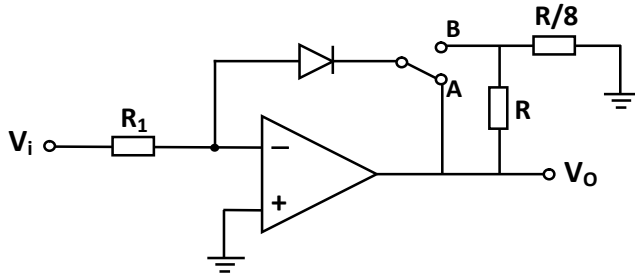
PNP transistörlerin  $\beta$  değerleri çok küçük olabilmektedir. Bu nedenle, PNP elemanlarla yüksek doğruluğa (accuracy) sahip akım aynası gerçekleştirmek zor olmaktadır. Aşağıdaki akım aynası yapılarını, akım kopyalama doğrulukları (current replication accuracy) bakımından karşılaştırınız. Tüm transistörlerin ideal olduğunu kabul ediniz ve  $\beta = 10$  alınız.



#### SORU 4

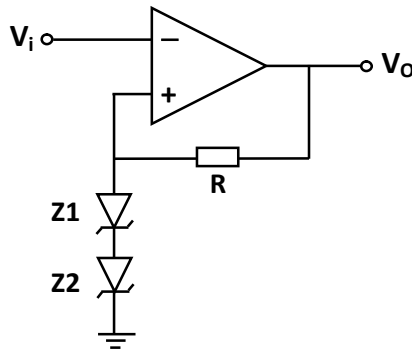
Aşağıdaki devrede işlemsel kuvvetlendirici ideal olup çıkış doyuma gerilim seviyeleri  $V^+=5V$ ,  $V^-=-5V$ 'tur. Transistor için Early gerilimi  $V_A=\infty$  verilmiştir.

- Anahtarın **A** konumunda olması durumu için  $V_O$ 'nun  $V_i$  cinsinden sembolik ifadesini elde edin,  $V_O=f(V_i)$ ?
- Anahtarın **B** konumunda olması durumu için  $R \ll R_1$  varsayarak  $V_O$ 'nun  $V_i$  cinsinden ifadesini elde edin,  $V_O=f(V_i)$ .
- Anahtarın **B** konumu için (b)'de bulduğunuz  $V_O=f(V_i)$  ifadesini kullanarak,  $V_i$ 'nin  $[-2V \text{ } +2V]$  değer aralığı için  $V_O \sim V_i$  gerilim-geçiş eğrisini çizin, önemli genlik değerlerini eğri üzerinde işaretleyin.  $R_1=2k$ , tranzistorun doyuma akımı  $I_S=2 \times 10^{-13}A$ ,  $V_T=25mV$ 'dir. Eğri üzerinde işaretlediğiniz nümerik değerlerin nasıl elde edildiğini detaylı şekilde cevap kağıdında gösteriniz.
- Anahtarın tekrar **A** konumunda olduğunu düşünelim. Opamp'ın açık çevrim gerilim kazancını sonlu ( $A_v$ ) alarak  $V_O$  ile  $V_i$  arasında sembolik bir ilişki elde edin.



#### SORU 5

Aşağıdaki devrede işlemsel kuvvetlendirici ideal olup çıkış doyuma gerilim seviyeleri  $V^+=12V$ ,  $V^-=-12V$ 'tur. Her bir diyot için  $V_Z = 3.3V$ ,  $I_{Zmin} = 0.15 \text{ mA}$  verilmiştir. Diyot iletim yönünde kutuplandığında üzerinde sabit gerilim düşümü ( $V_D=0.7V$ ) olduğunu kabul edebilirsiniz.  $R=2.7 \text{ k}\Omega$  için devrenin gerilim geçiş öz eğrisini çizin. Çözümlerinizi yaparken diyotların hangi çalışma bölgesinde çalıştığını belirtin ve doğruluğunu teyit edin.



## SORU 6

- a) BJT ve MOSFET tranzistörlerin  $g_m$  geçiş iletkenliği parametrelerini büyüklük (sayısal değer) bakımından kıyaslayın ve kanıtınızı, bu parametreleri işaretleyebileceğiniz bir tranzistör özeğrisinden faydalanarak açıklayın.
- b) Herhangi bir fark kuvvetlendiriciyi, bir işlemsel kuvvetlendirici olarak kabul edebilir miyiz? Açıklayın.  
(Can all differential amplifiers be considered as an operational amplifier?)
- c) İşlemsel kuvvetlendiricilerin (İK) açık-çevrim gerilim kazançlarının çok yüksek olmasına rağmen, İK'ları kapalı-çevrimde çalıştırmamızın nedenini açıklayınız.
- d) Two current mirrors, each having the same  $W/L$  ratio, are compared in terms of their accuracy of current mirroring. The first current mirrors has  $W_1 = L_1 = 1 \mu\text{m}$  and the second current mirror has  $W_2 = L_2 = 10 \mu\text{m}$ . Which one has a better performance of accurately mirroring the current? Explain your reasoning.
- e) Bir Darlington-çiftini “yüksek başarılı kaynak-çıkışlı devre” olarak tanımlayabilmemizin nedenini açıklayınız. (Why can a Darlington pair be described as a “high-performance source follower”).