

DENEY 5

TRANSİSTOR KUTUPLAMA KARARLILIK ve DC DUYARLILIK

AMAÇLAR

- Bipolar transistörleri kullanarak güncel bazı kutuplama devreleri tasarımı ve analizi.
- Kutuplama devrelerinin sıcaklığa karşı kararlılık özelliklerini karşılaştırmak.
- Kutuplama devrelerinin DC duyarlılık analizini gerçekleştirmek.

ÖN BİLGİ

Analog uygulamalarda, bipolar transistörler esasen buffer veya yükseltici (amplifier) olarak kullanılırlar. Analog sinyaller genellikle AC sinyal içerdiği için transistörü kutuplamak (bias) zorundayız. (Bipolar transistörler dijital devrelerde anahtar olarak kullanılırlar ve kutuplamaya ihtiyaç yoktur.)

Bir transistörü kutuplamak için transistör kutuplama eğrisi üzerinde Q noktasının uygun bir yerde seçilmesi için DC gerilim kullanılır. Uygun bir şekilde kutuplandığında, uygulanan AC sinyal pozitif ve negatif sayıklarda çalışacaktır. Şekil 1 de 3904 NPN transistörün Q noktası gösterilmiştir.

Transistörün gerilim duyarlılığından dolayı (0,7V eşik boyunca) şekil 1 gösteriyor ki genellikle Q noktasını istenen değer için bulacağız($I_C = 10mA$ gibi).

Kutuplama devresinin dizaynında düşünülmesi gereken bir çok şey vardır. Bunların en önemlilerinden bazıları maliyet, sıcaklığa karşı kararlılık, toleranslara karşı duyarlılık ve gerekli güç kaynaklarının sayısıdır.

STABİLİTE (KARARLILIK)

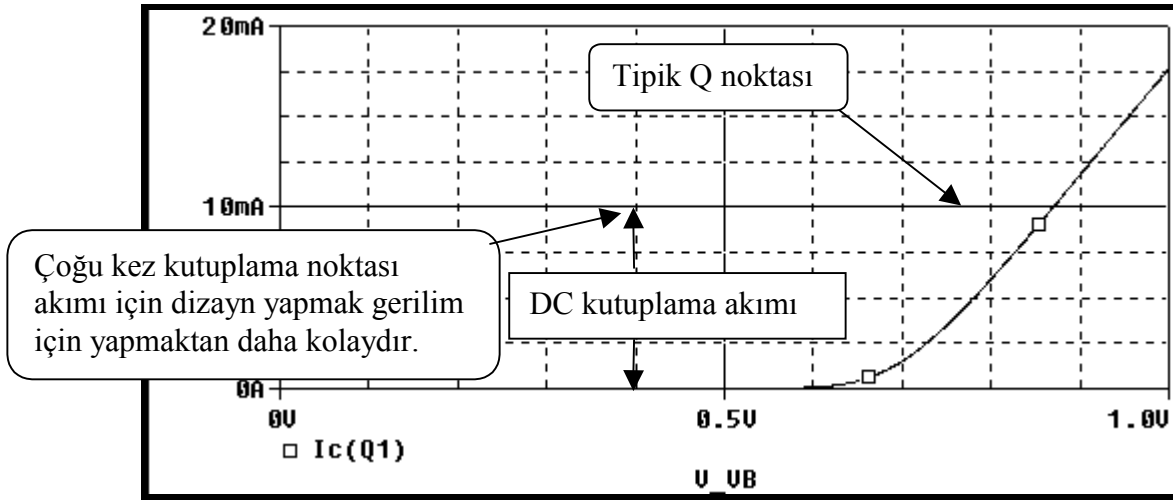
Devrenin kararlı olması bir sıcaklık problemidir. Oda sıcaklığında düzgün bir şekilde çalışan bir devre sıcaklık arttığında da kararlı bir şekilde çalışacak mı(β değerindeki değişim örneğin)?

Stabilite analizini gerçekleştirmek için belirli bir aralıkta sıcaklık (temperature) değerini değiştireceğiz ve Q noktasını inceleyeceğiz.

DC DUYARLILIĞI

Duyarlılık bir tolerans problemidir. Örneğin, DC duyarlılık analizini Q noktası geriliminin devredeki dirençlerden nasıl etkilendiğini bulmak için kullanabiliriz. Q noktasının bir direnç değerinden çok etkilendiğini bulduğumuzda, bu direncin tolerans değerini %10' dan %5'e düşürebiliriz.

DC duyarlılık analizini gerçekleştirmek için ilk olarak örneğin Q noktası gerilimi gibi bir değişken seçmeliyiz. Yaklaşık kutuplama noktasında devredeki bütün elemanların lineer analizini gerçekleştirmekle, çıkış değişkeninin bütün eleman ve model parametrelerine duyarlılığı hesaplanacak ve çıkış dosyasına gönderilecektir.



Şekil : NPN transistor kutuplama ve Q noktası

İŞLEM BASAMAKLARI

Baz Kutuplaması

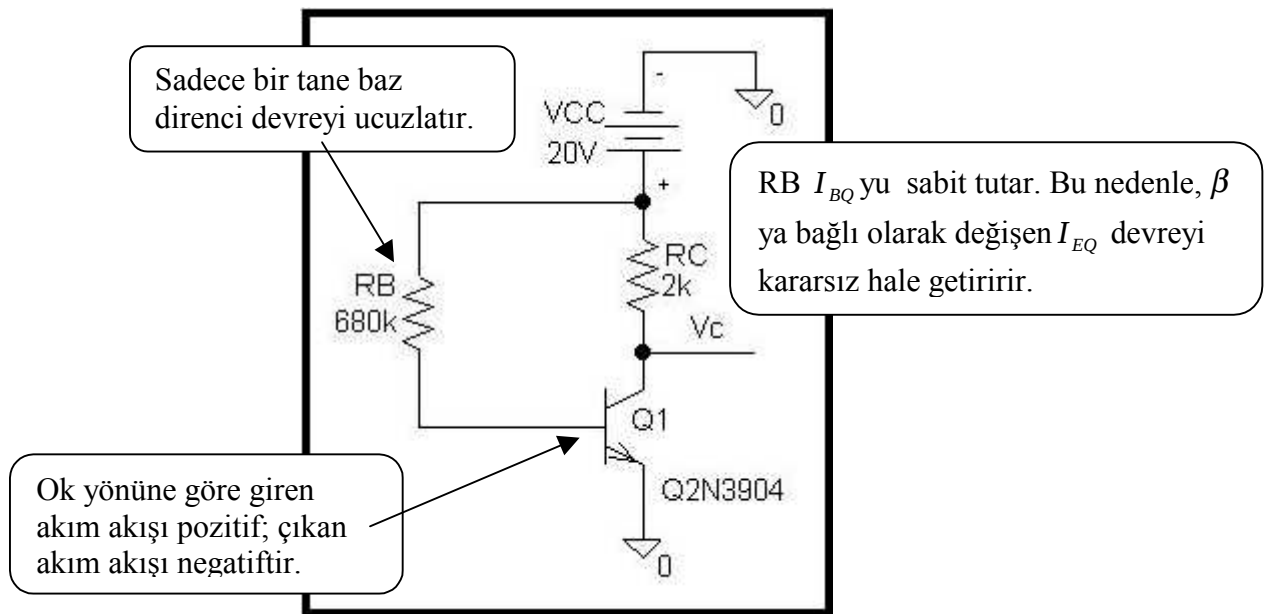
1. Şekil 2 Transistor için en basit kutuplama yöntemidir. Aşağıda verilen eşitlikler DC değerleri göstermektedir.

- $\beta = I_C / I_B \cong I_E / I_B$
- $V_{CC} = 0.7V + I_B R_B$
- $V_{CC} = V_C + I_C R_C$

Beta değerini 175 kabul ederek aşağıdaki değerleri Q noktası için bulun.
(C=kolektör, CEQ= kolektör ve emiter arasındaki fark.)

$I_C =$ _____

$V_{CEQ} =$ _____



Şekil 2 : Baz kutuplamalı devre

2. Pspice'ı kullanarak; DC kutuplama analizi yapın ve Qnoktası değerlerini belirleyin.

$$I_C = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{CEQ} = \underline{\hspace{2cm}}$$

3. Adım 1 deki değerlerle adım 2 de deneyde elde ettiğiniz değerleri karşılaştırın. Değerler yaklaşık olarak aynı mı?

EVET

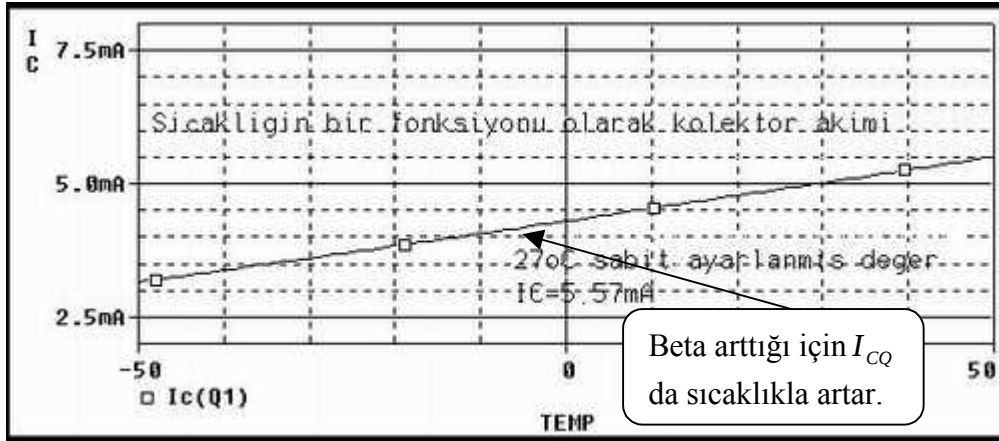
HAYIR

Sıcaklığa Karşı Kararlılık

4. Sadece bir tane baz direnci kullanarak baz kutuplama devresi ucuzdur fakat bu devrenin kararlı olduğu söylenebilir mi? “sıcaklık değiştikçe Q noktası akımına ne olur?” sorusuna cevap vermek kararlılığın en iyi ölçüsüdür. Q noktasının kararlı olduğuna belirleyebilmek için şekil 3 deki işareti elde edin.

Baz Kutuplama Devresi İçin İşlem Basamağı

- Main Sweep değişkeni $1^\circ C$ artışlarla $-50^\circ C$ den $+50^\circ C$ ye kadar DC salınım tarafına üretilen temperature (sıcaklık) olacaktır.(Nested Sweep yapılmayacak)
- X eksenı değişkeni sıcaklık (Main Sweep olarak sabitlenmiş), Y eksenı değişkeni kolektör akımı [$I_C(Q1)$].



Şekil 3: Sıcaklığın bir fonksiyonu olarak I_{CQ}

5. Adım 4 deki değerlere göre bas polarılmış devrenin kararlı olmadığı açıktır. Bu kararsızlığın ölçütü nicel olarak eğrinin eğimini belirleyin.

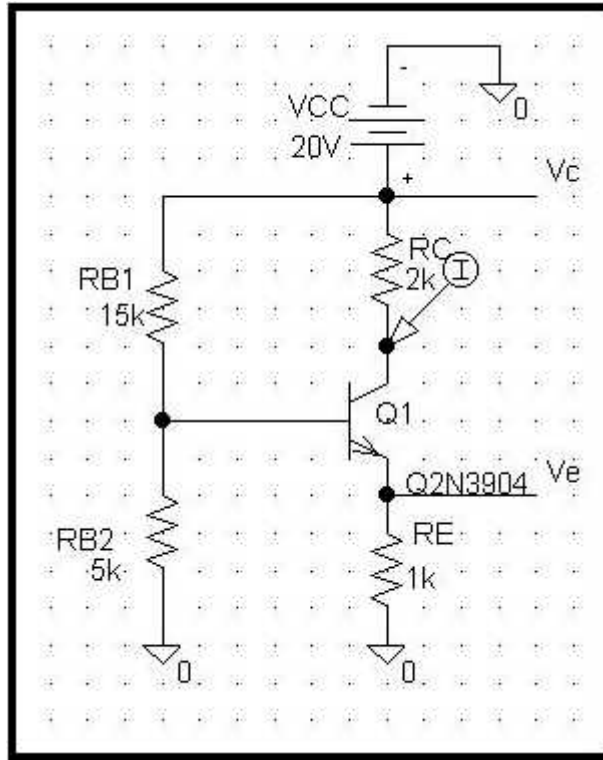
$$\Delta I_{CQ} / \Delta Temperature = \underline{\hspace{2cm}}$$

Gerilim Bölücü Kutuplama

6. En güncel kutuplama devresi şekil 4 de gösterilmiştir. devrenin kararlılığını arttırmak için gerilim bölücü kutuplama kullanılmıştır. Baz kutuplamasındaki adımların aynısını izleyerek aşağıdakilere karar verin.

- Hesaplayarak: $I_C =$ _____ $V_{CEQ} =$ _____
- Pspice Kullanarak: $I_C =$ _____ $V_{CEQ} =$ _____

$$\Delta I_{CQ} / \Delta Temperature = \text{_____}$$



Şekil 4 : Gerilim bölücü kutuplama

7. Şimdiye kadarki sonuçlara dayanarak gerilim bölücü kutuplama devresi baz kutuplama devresinden daha kararlı olduğu söylenebilir mi?

EVET

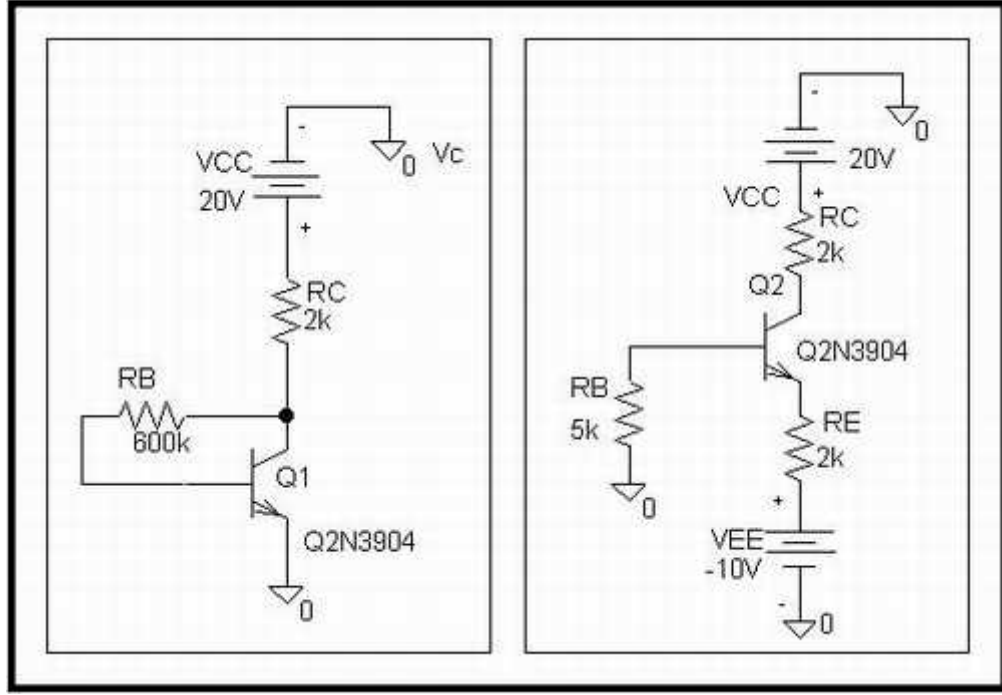
HAYIR

Kolektör Geribeslemesi ve Emiteer Kutuplama

8. Şekil 15 deki kolektör geribesleme ve emiteer kutuplama devreleri kutuplama devreleridir. Pspice kullanarak bu devrelerin analizini yapın ve aşağıdaki yerlere bu değerleri yazın.

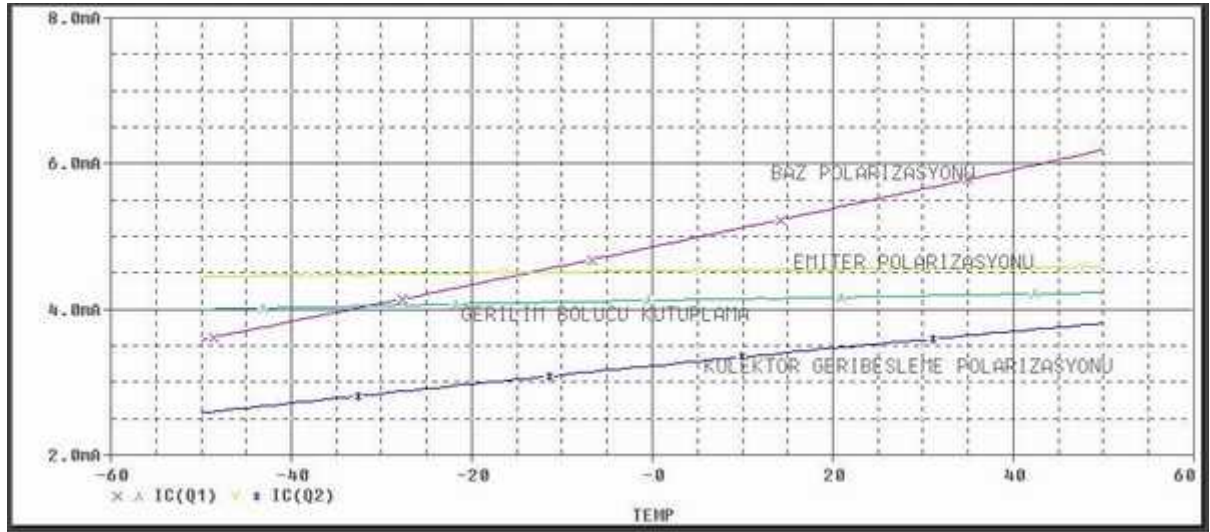
Kolektör Geribeslemesi : $\Delta I_{CQ} / \Delta Temperature =$ _____

Emiteer Kutuplama: $\Delta I_{CQ} / \Delta Temperature =$ _____



Şekil 5 : Kolektör geribesleme ve emiter polarizasyonu

9. Dört devrenin sıcaklık dengesini daha iyi karşılaştırmak için şekil 6 da ki gibi hepsini bir grafikte çizin.



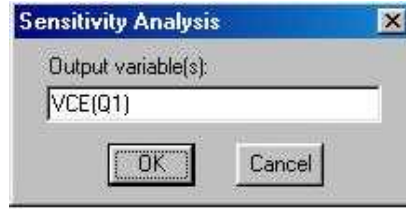
Şekil 6 : Sıcaklığa karşı duyarlılık karşılaştırması

10. Şekil 6 da ki sonuçlara dayanarak, dört devrenin sıcaklığa bağlı olarak kararlılıkları hakkında nasıl bir sonuç çıkarabilirsiniz?

DC Eleman Duyarlılığı

Hatırlatma : Kararlılık bir sıcaklık sorunu, duyarlılık ise tolerans problemidir.

11. Şekil 4 deki gerilim bölücüye devresine geri dönün.
12. *Sensitivity Analysis* modu seçin ve şekil 7 deki diolag kutusunu açın. Bu kısma VCE(Q1) yazın.



Şekil 7: Duyarlılık analizi diyalog box'ı

13. Devreyi analiz ediniz ve çıkış dosyasındaki *DC Sensitivity Analysis* bölümünü inceleyiniz. (Tablo 5.1). Tablonun üst bölümünde kolektör ve emetör uçları arasındaki gerilim farkı olan Q noktası gerilimine, etki eden tüm değerler gösterilmektedir.
14. Tablo 5.1 deki verilerin üstte direnç ve gerilim kaynağı bileşenleri, altta tranzistor parametreleri olmak üzere iki bölümde inceliyoruz.
 - (a) V(Vc,Ve) yi kaç R ve V bileşeni etkilemektedir?
 - (b) V(Vc,Ve) yi kaç tranzistor parametresi etkilemektedir?

15. Tablonun yorumlanması: Rc nin her 1Ω luk değişimi V(Vc,Ve) yi -.00416 V değiştirecektir. Ya da Rc deki her %1 lik bir değişim ile V(Vc,Ve) -.0832V değişecektir..

Örnek: Eğer Rc 2kΩ dan 2.1 kΩ'a değişirse, V(Vc,Ve) de beklenen değişimi aşağıya yazınız.

ΔV_{CEQ} (tablodan)= _____

16. R_{RC}=2kΩ ve R_{RC}=2.1 kΩ değerleri için DC kolektor/emetör gerilimini (viewpoint ya da çıkış dosyası) yöntemlerinden birini kullanarak ölçünüz. Bulduğunuz sonuçlar 15 numaralı basamakta bulduklarınız ile uyumlu mu?

V_{CEQ} (Pspice dan)= _____

17. Tablo 5.1 deki verileri inceleyerek Q noktası çıkış geriliminin [V(Vc,Ve)], en fazla hangi direncin yüzdesel değişimine duyarlı olduğunu bulunuz ve yanıtınızı aşağıda işaretleyiniz.

R_C **R_{B1}** **R_{B2}** **R_E**

18. Tablo 5.1 den yararlanınız, tranzistorun maksimum Beta (BF) parametresinin %10 değişmesi, çıkış Q noktası gerilimini ne kadar değiştirir?

ΔV_{CEQ} = _____

DC SENSITIVITIES OF OUTPUT V(Vc,Ve)

	ELEMENT NAME	ELEMENT VALUE	ELEMENT SENSITIVITY (VOLTS/UNIT)	NORMALIZED SENSITIVITY (VOLTS/PERCENT)
Q_Q1	R_RC	2.000E+03	-4.160E-03	-8.320E-02
	R_RE	1.000E+03	7.994E-03	7.994E-02
	R_RB2	5.000E+03	-2.132E-03	-1.066E-01
	R_RB1	1.500E+04	7.287E-04	1.093E-01
	V_VCC	2.000E+01	2.712E-01	5.424E-02
	RB	1.000E+01	7.246E-05	7.246E-06
	RC	1.000E+00	1.936E-05	1.936E-07
	RE	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
	BF	4.164E+02	-2.989E-04	-1.244E-03
	ISE	6.734E-15	2.904E+13	1.956E-03
	BR	7.371E-01	1.597E-10	1.177E-12
	ISC	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
	IS	6.734E-15	-3.421E+13	-2.304E-03
	NE	1.259E+00	-3.346E+00	-4.213E-02
	NC	2.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
	IKF	6.678E-02	-2.883E-01	-1.925E-04
	IKR	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
	VAF	7.403E+01	4.211E-04	3.118E-04
	VAR	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

Tablo 5.1 Çıkış dosyasının DC duyarlılık analizi sonuçları bölümü

İleri Etkinlikler

19. R_B direncinin değerini değiştirerek, Şekik 5.5 deki kolektör geribeslemeli devreyi yeniden tasarlayınız. ($V_C=10V$).
20. Bu deneydeki herhangi bir kutuplama devresini PNP tranzistor kullanarak yeniden tasarlayınız.

ALİŞTIRMA

Maksimum sıcaklık kararlılığı olan ve $I_C=10$ mA verilen bir kutuplama devresi tasarlayınız. (İpucu: Hangi devre en iyisi?)

SORULAR VE PROBLEMLER

1. Tranzistoru kutuplamadaki amaç nedir (İpucu: Kutuplama yapılmazsa sonuç ne olur)
2. Bu deneyin örneklerinden yola çıkarak, aşağıdakilerden hangisi en kararlı devredeki sonucu vermektedir.

(a) R_B küçük ve R_E büyük
(b) R_B büyük ve R_E küçük
3. Bipolar tranzistorları kutuplarken tasarımı neden kutuplama akımına göre yapmak daha kolaydır?
4. Emetör kutuplamanın en önemli sakıncası nedir? [Şekil 5.5(b)]
5. Şekil 5.5(a) daki geribesleme sürecini açıklayınız. (kolektör-geribesleme baz geribeslemeye göre, aynı sayıda direnç kullanılmasına karşın, neden daha kararlı kutuplama sağlamaktadır?)
6. Şekil 5.4 deki gerilim bölücü kutuplama devresini geliştirmek için dört direçten ikisinin toleransı (örneğin %10 dan % 5 e) azaltılabilir. Tablo 5.1 deki duyarlılık analizi sonuçlarına göre hangi iki direnci seçersiniz.
7. Gerilim bölücü kutuplama baz kutuplamaya göre neden daha kararlıdır?