

BÖLÜM 1 YARI İLETKENLER

Elektroniksel Olağan Materyaller

Yalıtkan } Nefim Bondi \rightarrow Sırbest e- bulunduran bond
 Yarı İletken } Valans // \rightarrow Atomla bağlı e- bulundurdu
 Metken } Kasaklı Bondi \rightarrow Matzeminin iletken yönüne uygun
 olmaması



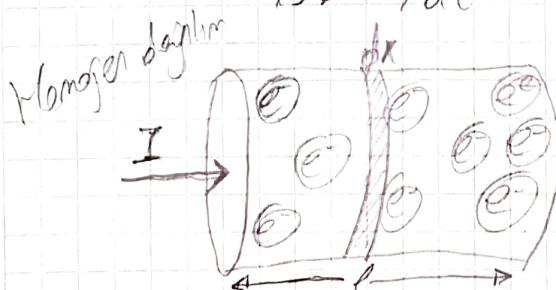
HAREKET YETENEĞİ VE SORAKLENME HİZI

$$V_s = \mu \cdot E$$

V_s : Soraklenme hızı

μ : Hareket yeteneği (P veya p) \rightarrow Matzeme çinsine bağlı
 E : Elektrik alan degeri

Bir matzende Nefim bandında birbirin sırbesti er相差的
 bir usunadexe hareket ederler. Matzeye elektriksel bir alan
 uygulanıncı bu yonuge parabolik donusur. Bu durumda e-
 birin hızının elektriksel alan daşıttosunda extra bir biliseni
 meydana getir. Bu hiz biliseni elektriksel alan sebebiyle
 yönlendirin soraklenmesi sonucu olusan soraklenme hızıdır.
 Soraklenme hızı elektron yoku negatif oldugundan elektrik-
 sel alan paralel sma bit yontudur. Ayni zamanda soraklenme
 hızı bir dx mesafesinde konusam birim zamandaki hızı
 oldur. da $V_s = dx/dt$ tdnimlara bilir.



dx elemanının içindeler e^- sayisi

$$dn = n \cdot dx$$

$$9: 1.6 \times 10^{19}$$

Yok mikron ise

$$d\Theta = qdn = qn dx$$

Akm yaganligi

$$J = \frac{d\Theta}{dt} = qn \left(\frac{dx}{dt} \right) \rightarrow V_s$$

$$J = qn\mu E$$

$$J = qn\mu \frac{V}{L}$$

$$\text{örçetil Metriklik} \rightarrow \sigma = \frac{J}{E}$$

$$\sigma = qn\mu$$

$$\text{örçetim} \rightarrow \beta = \frac{1}{\sigma}$$

$$\text{Örenim} \rightarrow R = \frac{l}{A}$$

* YARI-İLETKEN GESİTLERİ

① Hors yan teknikler

- Kristal yapısı doğrudan ve kandıda yarbacı madde olmayan yan teknikler midetmedir.
- Silisium ve Germanium maddelerin en bilinen özellikleridir.
- Octat özellikleri Volans kovalanclarında $+4e^-$ bulundurmadalarıdır.
- Her bir atom komsu 4 atom ile elektronlarının ortak kullanımına katkıda bulunmaktadır. Elektronların oritok kovalancların e- sayısını 8'e akırmak istesler
- Atomlar arasında 2'şer elektronları olusan e- bağıları meydana gelir.
- Sıcaklık değişikken e- lar atomuna bağlı serbest halde değil volans bandında ve maddeme yarılıklardır.
- Sıcaklık arttıkça e- ların enerjileri artar. Atomlar titresmeye başlar e- lar birbirlerine çarpmayıp uzaklaşır. Sonuç olarak iletim bandının minimum enerji seviyesi (E_c) ye ulaşan e- lar atomlarından ayrıılır ve iletim bandına geçerler. Volans bandında boşaltıkları yerde 1'se pozitif, yoklu delikler oluşur.
- Akım serbest haldeki e- lar ve delikler ile eşittir.
- Hors yan teknikende disordan yarbacı, bir madde ile katlanmadığı için iletim bandına 0'sen her serbest e- 'd karsılık 1' odne delik meydana gelecektir. Dolayısıyla serbest haldeki e- yoğunluğu delikle yoğunluğu eşittir olacaktır.

$$n = p = n_i$$

serbest e^- sayısı (yapılitik)	delik e^- sayısı (yapılitik)	Tosyici Yolk yögunluğu

Hos yon neslene elektriksel alam yaglomenco delikler ve serbest elektronlular elektriksel alam kuvveti etemkunvetin etkisi delik ve e-larin yoldan ters oldugundan birbirine tersin bu durumda delikler elektriksel alam doğrusunda serbest elektronlar ise elektriksel alam zit yonde hareket ederler.

= Malzemeden alam toplam alam:

$$I = I_n + I_p$$

- Alim yaglugu

$$J = J_n + J_p$$

- e-larin alim yaglugu

$$J_n = q n / M_n E$$

= Deliklerin alim yaglugu

$$J_p = q p / \mu_p E$$

- Toplam alim yaglugu

$$J = q (n/M_n + p/\mu_p) E \rightarrow \text{Sadece hos yon neslene ozeldir!}$$

Hos yon neslene ise;

$$n = p = n_f$$

$$J = q n_f (M_n + \mu_p) E$$

$$\sigma = q n_f (M_n + \mu_p) \rightarrow \text{Hes yon neslene (Hes yon neslene kisi)}$$

Hes hange bar yon neslene kam

$$n \cdot p = n_f^2 / k$$

② n-Tipi Yarı İletken

Hos yarı iletken kristal yapisi, pozitif boyadakle şebeke de disordan yabancı madde katma işlemine katkıda bulunur. Yabancı malzeme ile katıldan atomları da katlı atomları da serilen hos yarı iletken +3 valans elektronlu bir malzeme ile katkıda bulunur (Bismut, fosfor, oltman, arsenik) bu valans e- larından 4'ü konu atomlar tarafından alınırken geriye kalan valans elektronları. Disordan verilecek gerekçe bir enerji ile bu elektron atomdan koparır ve serbest hole geçer. Disordan katkıda bulunan atomdan geldiği için yapıcıda bir delik oluştururken bu durumda elektron sayisi delik sayisından fazla daır. n tipi yarı iletken meydana gelmiş olur. Elektronu veren katlı atom +q yükne sahip olur ve veren atom onu alır.

Sayısi fazla \Rightarrow Gögürlik
olan yoke boşluğu $\Rightarrow (e^-)$

Sayısi az \Rightarrow Azılık
olan yoke boşluğunca $\Rightarrow (p)$

Hos yarı iletken $n = p$ (yuk dengesi)

$$n \text{ yarı iletken} \quad n = p + N_D$$

serbest
 e^- sayısı delik
 sayıısı \downarrow
 Veren
 atom
 sayısı

$$\sigma \approx q \cdot n / \mu_n \approx q N_D / \mu_n$$

$$\text{en doğrusu} \rightarrow \sigma = q n / \mu_n + q p / \mu_p$$

③ p-Tipi Yarı iletken

Hos yarı iletken kristal yapisi, boyadı boyadı şebeke de +3 valans elektronlu (Gümüş, Alüminyum, Bor) bir atom ile katkıda bulunur. Katılım atomundaki 3 e- yarı iletkendeki otomlar ile bağlanır. Olsuda bağ sayisi yan tutkundeler valans e- sayısı olan 4'e eşittir. Katlı atom 3 valans e- li olduğunu üçüncü bağlı hos yarı iletkenin atomlarından birini kopardığı e- li sayılır. Katlı atom elektron allığından ~~ek~~ 3'e yükne sahip olur ve don atom adını alır. Yapıda elektronun boşaltıldığı yerde ekstra bir delik oluşur. Delik sayısının serbest haledeki e- sayıısından fazla olduğu bu yarı iletken p tipi yarı iletken denir.

$P = n + N_A \rightarrow$ Alon otom sejisi

$$\sigma \approx qp/M_p \approx qN_a/M_p$$

$$\sigma = qn/\mu_n + qp/\mu_p \rightarrow \text{en general}$$

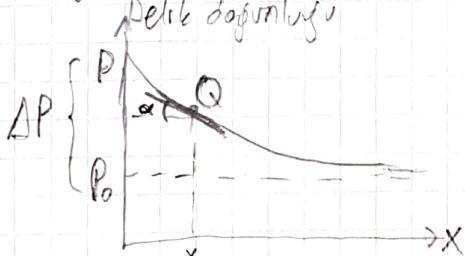
$P_i P = P_X P_X \rightarrow$ katkılardan oldukça önceki versiyon
serbest ve dehşelerin sırası eşit

Digrayon Akunis#

Yan netkeninde difizyon olayı temelde parakobiların üzerinde
metalle, gümüşte, çinkide, nikelde, ve vardır. Herhangi bir sebeple
yan netkenin bir boğazında toz yığını veya yoğunluk ortamında
bu oda toz yığınları, yemeklerinin yükselmesi olursa yenden
oşşo olayı yine doğrudan tetviller. Ancak oda difizyonu
adaan farklı olurdu yani netkeninki toz yığınlarının difizyonunda
zit olarak birbirini yok ederler! Ne zaman ki yek dengesiz
olusur ve kavgatlaşın dengesi sağlanır, o zaman difizyon
olayı sona erer. Yek dengesiz durumundaki toz yığını yek yanligında
herhangi bir artıksız olmaz.

Tos yicilari difracton sebebi ile olusur. Bu haledeonder oldugu
meydano gelen icle, ana difracton icle, mi deger. Difracton okunu
bir krestop yapı iceninde basitice yek yopluklar forskli hali
yap. Nefesin bozge olmasyldan meydano gelebilir.

Tosyıcı yoke delikler olursa yok deneges meydana gelmişinde
delice yararınlığı **P** koddar olsun ve hanelek doğrultuları x daşın-
tusunda olsun. Yole denegesliginin meydana getirildiği durumda
delice yararınlığı **P** koddar olsun. Konsan tosyon şartları:



Deliğinizdeki degerim greater

Sadece birbir doğrudan başlıyor bareketi ve şı-

$$J_p = q \cdot D_p \cdot \frac{dp}{dt}$$

Deliklerin difrazyon kat sayısı

Soyet her doğrultudur her hizet son konusur ise;

$$J_p = q \cdot D_p \cdot \text{grad} P$$

Akmyap.

Q noksasındaki ionic degeri bu noktada deligin ularsif mesafe, χ_p (tek doğrultu x) ve deligin yoğunlugu program hizi ile orantılıdır. Bu degerim hizi da eğimin eğimi ile elde edilebilir.

Serbest haldeki e- nun 1elkin bandında bulduğu surenin ortalamasında elektron omru denir. ve χ_n ile gösterilir. Delikler lain omur varsa bandında elektronlar birlesinceye kadar kalmayı suren ortalamasına denir. ve χ_p ile gösterilir. Ortalaması tasiyici omru sıklıkla malzememin kristal yapısında ve yarileşken içermesinde bulunan yabancı atom yoğunluğunun da katkıda atom yoğunluğunun boyadır.

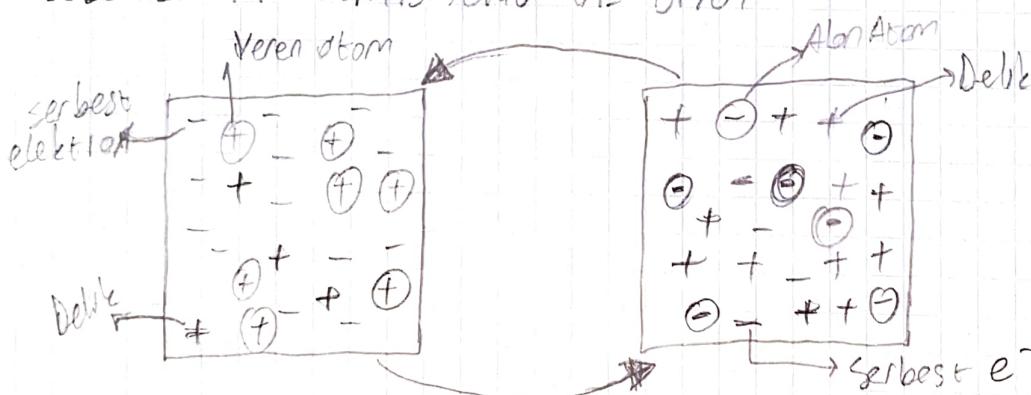
Difrazyon sebebi ile deliklerin katetigi mesafe;

$$L_p = \sqrt{D_p \chi_p} \quad D_p \rightarrow \text{deliklerin difrazyon kat sayisi}$$

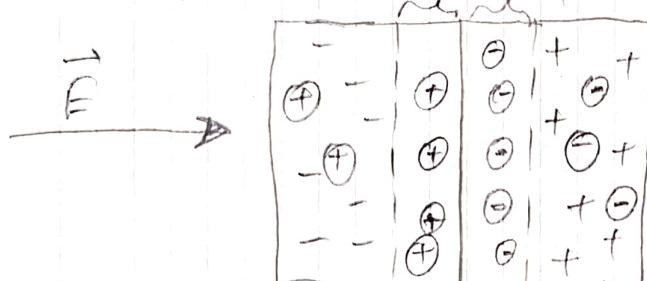
Difrazyon sebebi ile e- ionun katetigi mesafe;

$$L_n = \sqrt{D_n \chi_n} \quad D_n \rightarrow e- ionun difrazyon kat sayisi$$

BÖLÜM 2 PN JONKSIYONU VE DIYOT



N tipi yarıtleşken X_n p tipi yarıtleşken



X_n : n tipi yarıtleşkendeki
fokallaşmış bölge genişliği

X_p : p tipi yarıtleşkendeki
fokallaşmış bölge genişliği

Giriş Bölge (Fokuslaşmış bölge)

- N_n : n tipi bölgelerde serbest e⁻ yoğunluğu
 P_n : n " " delik e⁻ yoğunluğu
 P_p : p " " delik e⁻ yoğunluğu
 N_p : p " " serbest e⁻ yoğunluğu

Günış bölgesi 85m:

$$X_n N_D = X_p N_A$$

Yani İletken içinde n ve p tipi yan liesken boşlukta oluyor. Lütfen bu nesnelerin bölge arasında bir arası meydana getir. Bu arası kesişti pn jonksiyonu deyin. İlk sırada yok gittiği boşlukta da küm topluyıcı elementler var. Bölgelere difüze olmaya başlıyorlar. Değerlendirmem meydana geldiğinde konsantrasyonlar gecen topluyıcı yüzeyi birbirine eşittir. Azimuthal ve yarımlik topluyıcılar kendi bölgelere gecenken birbirlerini karşılaştırıldıkları birleşmeler topluyıcı yüzeyin ortasından konsantrasyon kesişinde topluyıcı yüzeylerden etrafında artanmış bir bölge oluştur. Bu bölgeye fakültesi bölge ya da geçiş bölgesi denir. Günış bölgesinin n tipi kısmında yeren atomlar p tipi kısmında ise olan atomlar bulunur. Bu bölgelerde (günış bölgesi) iyonik ve netm varlığı sebebiyle (+) dan (-) ye doğru bir elektronik akım meydana gelir. Elektronik akının yarısına topluyıcıların hareket yönüne ters iken azimuthal topluyıcıların hareket yönü ile aynıdır. Azimuthal topluyıcılar elektronik akım sebebi ile kendi bölgelere gecenken netm akımı meydana getirirler.

* Azimuthal topluyıcı → Netm akımı
(azimuthal)

I_{P_i} : Deliklerin elektrik akım sebebiyle oluşturulan akım

I_{N_i} : Serbest elektronların elektrik akım sebebiyle oluşturulan akım

$$I_i = I_{P_i} + I_{N_i}$$

Netm akımı

* Coğunkılık topluyıcı → Difüzyon akımı
(coğunkılık)

I_{P_d} : Deliklerin difüzyon sebebiyle oluşan akım

I_{N_d} : Serbest e⁻ların difüzyon sebebiyle oluşan akım

$$I_d = I_{P_d} + I_{N_d}$$

Difüzyon akımı

! Sayet disordan elektriksel dan yoksas pn jantksiyonlar net dolum sifirdir.

$$I_{P_i} = I_{P_D}$$

$$I_{N_i} = I_{N_D}$$

Temos Gerilimi # (Potansiyal Seddi)

Temos gerilimi sert gergisli bir jantksiyonun bir bolgesi ortasindaki gerilim farkidir. Sert gergisli bir jantksiyon ise yek isaret degisiminin sadece jantksiyondur oldugu ve yek yigunliginin gergis bolgesi icinde sartt koldugunu gosterm (V_B ; ψ_B)

n tipi boyleinin potansiyeli: ψ_n
p " " " " ; - ψ_p

$$\psi_B = \psi_n - (-\psi_p)$$

$$\psi_B = \psi_n + \psi_p$$

$\Theta(yek)$
p tipi | p | n tipi



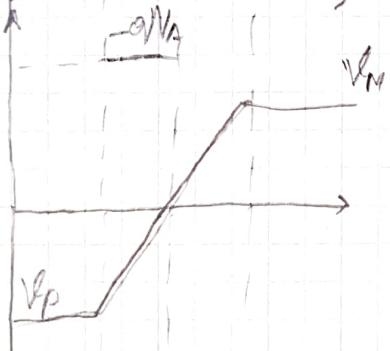
yek
yogi

I_n

Potansiyel

I_p

I_n: Veren oksijenin yek yigunligi
I_p: Alon // "



$$V_B = V_T \ln \frac{n_i \cdot P_n}{n_f^2} \rightarrow \text{Temas geriliminin coğanlık basıncılar arasındaki farkları}$$

↓
İsıl gerilim
(esit gerilim)

$\frac{kT}{q} = V_T$

→ e^- nun
yolculuğu
Boltzman Sabiti

* Yarı iletkende; $n \cdot p = n_f^2$

n tipi bölgede $n_A P_n = n_f^2$

p tipi bölgede $n_p P_p = n_f^2$

$$V_B = V_T \ln \frac{n_p P_p}{n_f^2} = V_T \ln \frac{n_p P_p}{n_A P_n} = V_T \ln \frac{n_p}{n_A}$$

$V_B = V_T \ln \frac{P_p}{P_n}$ Temas geriliminin
basıncılar arasındaki
farkları denilen

$V_B = V_T \ln \frac{n_p}{n_A}$

* $n_p = p_n + N_D$

İhmal edilebilir

$$n_p \approx N_D$$

$$P_p \approx N_A$$

$P_p = p_n + N_A$

İhmal edilebilir

$V_B \approx V_T \ln \frac{N_D N_A}{n_f^2}$

Temas geriliminin kütleyi
atom yoğunlıklarının
arasından verecek olan farkları

* $n_p \cdot P_n = n_f^2 \Rightarrow N_D P_n \approx n_f^2 \Rightarrow P_n \approx \frac{n_f^2}{N_D}$

$n_p P_p = n_f^2 \Rightarrow n_p N_A \approx n_f^2 \Rightarrow n_p \approx \frac{n_f^2}{N_A}$

V_B temas gerilimi n ve p tipi yarı iletkenlerin faktörleri
müs, bölge yoğunlıklarını olan x_n ve x_p arasındaki de hisap
tam olarak mümkün değil. Bunun için yarı iletken bölgelerinin birebirin
geriliminden faydalantır. p tipi yarı iletken bölgelerin gerilimi
Y kadar olsun. Bu durumda bu gerilimin boşlukları (ve gözletileri)
yük yoğunluğu ve dielektrik sabitisiyle düşürsinden p tipi
bölgelerin gerilim ifadesine ulaşılıbılır.

$$\frac{\delta^2 V}{\delta x^2} = - \frac{q_p}{\epsilon} \xrightarrow{\substack{\text{Dektrorm} \\ \text{wir gegenlegen}}} = - \frac{q N_A}{\epsilon}$$

$$\int_x \frac{\delta^2 V}{\delta x^2} = \int \frac{q N_A}{\epsilon} \Rightarrow \frac{dV}{dx} = \frac{q N_A}{\epsilon} \cdot x + C$$

$$x \rightarrow x_p \Rightarrow V = V_p \Rightarrow \frac{dV_p}{dx} = \frac{q N_A}{\epsilon} \cdot x + C = 0 \xrightarrow{x_p \text{ sonder}} \Rightarrow C = - \frac{q N_A}{\epsilon} \cdot x_p$$

$$V_p = \frac{1}{2} \cdot \frac{q N_A}{\epsilon} x_p^2 + C x_p + D$$

$$D=0 \text{ dimensia; } V_p = \frac{1}{2} \frac{q N_A}{\epsilon} x_p^2 + \left[- \frac{q N_A}{\epsilon} x_p \right] x_p$$

$$\boxed{V_p = - \frac{1}{2} \frac{q N_A}{\epsilon} x_p^2} \quad \begin{array}{l} \text{P-traktende fakultesmiz berken} \\ \text{genilim} \end{array}$$

$$\boxed{V_n = \frac{1}{2} \frac{q N_D}{\epsilon} x_n^2} \quad \begin{array}{l} \text{n-traktende fakultesmiz berken} \\ \text{genilim} \end{array}$$

$$* V_B = V_n - V_p$$

$$\boxed{V_B = \frac{q}{2\epsilon} \left[N_A x_p^2 + N_D x_n^2 \right]} \quad \begin{array}{l} \text{Temos genilimmin fakultesmiz} \\ \text{bolge genisliklerin carisma} \end{array}$$

$$* X_n N_D = X_p N_A \Rightarrow X_p = \frac{X_n N_D}{N_A}$$

$$V_B = \frac{q}{2\epsilon} \left[N_D x_n^2 + N_A \frac{X_n^2 N_D^2}{N_A^2} \right]$$

$$\boxed{V_B = \frac{q}{2\epsilon} N_D x_n^2 \left(1 + \frac{N_D}{N_A} \right)}$$

$$* X_n = \frac{X_p N_A}{N_D}$$

$$V_B = \frac{q}{2\epsilon} \left[N_A x_p^2 + N_D \frac{X_p^2 N_A^2}{N_D^2} \right]$$

$$\boxed{V_B = \frac{q}{2\epsilon} N_A x_p^2 \left(1 + \frac{N_A}{N_D} \right)}$$

$$X_n = \sqrt{\frac{2eV_B}{\left(1 + \frac{N_D}{N_A}\right)qN_D}} ; X_p = \sqrt{\frac{2eV_B}{qN_A\left(1 + \frac{N_A}{N_D}\right)}}$$

Faktörlesmis bolge genelgilenir temels gerilim condurken veren hukme

Einstein Bognitisi

PN Jonksiyonuna herhangi bir gerilim uygulanarakken (Hareket yapan jonksiyonlara) elektron net değişim sıfır olmakla ve serbest e-hareket olasılıkları olmazsa da onu tıpkı yıldızın elektriksel alan sebebi ile olasılıkları olmasa da sınırlı sayıda e-hareket yapan bilgisayarın hizmetle Jonksiyona Nisbeti, işit gerilim (V_T) ile ilişkileri parametrelere deşinde bir bağıntı formda makulandır.

Elektronik Alan Sebebiyle (elektrostatik)

Difizyon Alanı

$$qn/\mu_n E$$

→ Difizyon konseyansı
(serbest e-)

$$= qD_n \frac{dn}{dx} \quad (\text{Fek. doğru})$$

$$\Rightarrow Edx = \int \frac{D_n}{\mu_n} \cdot \frac{dn}{n}$$

↓ serbest e-
hareket yeterliği

$$\Rightarrow \frac{Y_X}{X_p} = \frac{X_n}{X_p} = \int Edx = \frac{D_n}{\mu_n} \int \frac{dn}{n}$$

$$\Rightarrow Y(X_n) - Y(-X_p) = (Y_n + Y_p) = \frac{D_n}{\mu_n} \ln \frac{n_n}{n_p}$$

$$V_B = \frac{D_n}{\mu_n} \ln \frac{n_n}{n_p}$$

$$V_B = V_T \ln \frac{n_n}{n_p}$$

$$V_T = \frac{D_n}{\mu_n} = \frac{kT}{q}$$

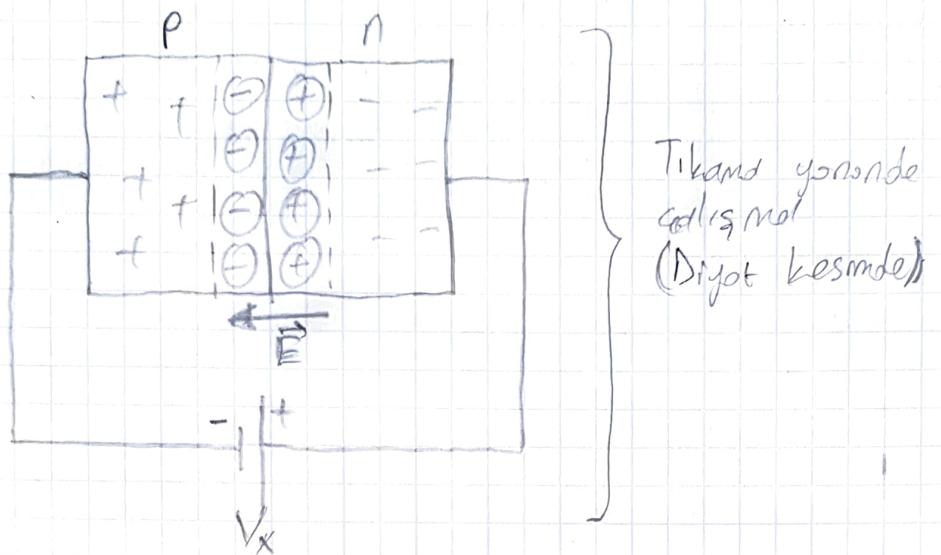
D: tozgıcılardan difizyon
kat sayları

(a): Tozgıcılardan mobiliteleri
(hız faktörleri)

$$V_T = \frac{D_n}{\mu_n} = \frac{D_p}{\mu_p} \quad \text{Einstein Bognitisi}$$

~~# NODUN GALISMA BEGIMLE AL~~

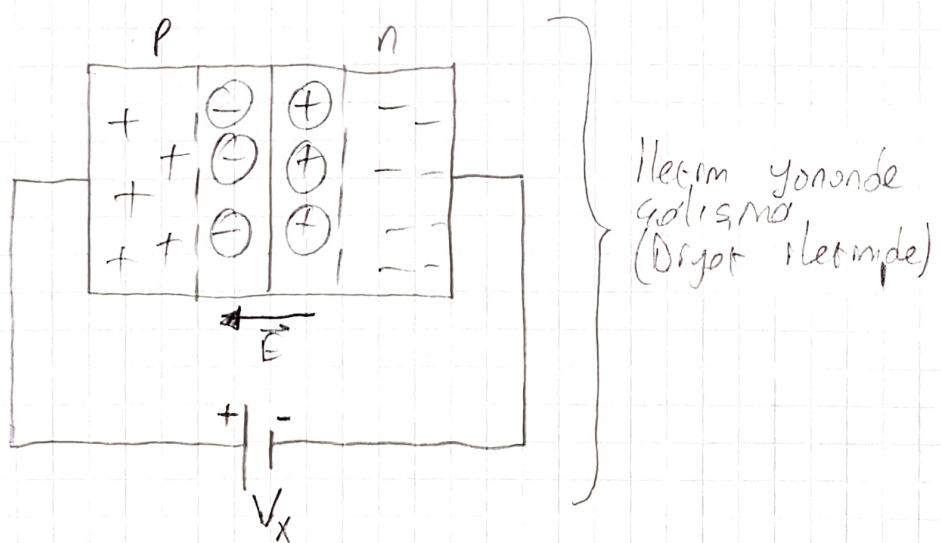
- ① Sinyal temos gerilimi ile hizli uygulanan gerilm ayri yon
de olursa.



Tikamda yonunde
colis mal
(Dijot kesiinde)

Janksiyon uygulanan gerilimin temos gerilimi ile ayri
yonde olmasi durumunda yon n-topi tarafta pozitif
p-tipi tarafta negatif olursa meydana gelecek elektrik-
sel oldan sebebiyle netim alanin alani difordektir. Ancak
olusan elektriksel alanin coğunuksu bos yeri yon janksiyon
dan harsı bozugeceginden zorlastirmasindan da ayri bu
basincilarin olusturdugu difreksi oldundan bir ornatma
meydana gelecektir. Azindik basincilarin yonlulu
dogru oldugundan meydana gelen rafiler netim alan
defterde dogle oldudur. Bu defter nono amper yada
pico amper servyesindedir. Bu sekillde janksiyon gerilm
uygulandinda dijotta meydana gelen kutuplari sileme
tikamda yonunde kutuplari denir.

- ② Sinyal temos gerilini ile hizli uygulanan gerilm ters
yonde olursa



Netim yonunde
colis mal
(Dijot istemde)

$$T = 300 \text{ K} \\ \text{Silisyum } V_T = 25,8 \text{ mV}$$

Jonksiyon uygulanın hafifce gerilim tensör geslimine ters yönde oluyor. Bu durumda da difizyon okunusunu örtmek meşakkat gelecektir. Bu arzı gerilim sebebi ile oluşan elektroniksel alanın kırılmışına bağlı olarak devam edecektir. Bu sıradır neyden gelir elektroniksel alan sebebiyle iletim okunuşları olur olsa da bu sebebiyle doğası olursa da buna bağlı olarak taşıyıcıların dağılımını sonucunda oluşturulan alan elektroniksel alan sebebiyle oluşan okunuşları çok sık boyda olacaktır. Bu durumda hafifce bir gerilim uygulanması sonucunda PN Jonksiyonu iletirken yanında kırılmış demeletir.

~~# Direct Denklemler~~

$$V_B = V_T \cdot \ln \frac{P_p}{P_n} ; V_B = V_T \ln \frac{n_n}{n_p}$$

• Isıl dengeye ulaşıldığında

$$P_n(0) = P_p(0) \cdot e^{-V_B/V_T} ; n_p(0) = n_n(0) \cdot e^{-V_B/V_T}$$

Isıl denge

$P(0), n(0)$ = Difizyon ile karşılaşılmaya gelen yoğunluk taşıyıcıları

$$P_n(0) = P(0) ; n_p(0) = n(0)$$

$$P(0) = P_p(0) \cdot e^{-V_B/V_T} ; n(0) = n_n(0) \cdot e^{-V_B/V_T}$$

• Jonksiyon Nefes yanında V gerilimi uygularırsa

$$P(0) = P_p(0) \cdot e^{-(V_B - V)/V_T} ; n(0) = n_n(0) \cdot e^{-(V_B - V)/V_T}$$

$$P(0) = \underbrace{P_p(0) e^{-V_B/V_T}}_{P_n(0)} \cdot e^{V/V_T} ; n(0) = \underbrace{n_n(0) e^{-V_B/V_T}}_{n_p(0)} \cdot e^{V/V_T}$$

$$\Rightarrow \boxed{P(0) = P_n(0) e^{V/V_T}} ; \boxed{n(0) = n_p(0) e^{V/V_T}}$$

• Deliklerin pidesi n'e gerekken olusturulugunu difizyon okus
(tek degraderde X yani)

$$I_{PD} = qA D_p \frac{dP}{dx} \Rightarrow \text{Soreklik denklemi}$$

$$\Rightarrow I_{PD} = qA \frac{D_p P_n(0)}{L_p} e^{V/V_T} \cdot e^{-X/L_p}$$

L_p : elektronun ne kadar gitmesi olmeden once max.
(Fikirlesmis bolge ozelligi me baarak bolmus)
Difizyon sebebi ile kis edilecegi yolu.

① Jonsiyonla uygulanan gerilm ovisindan inceleme;

$$* I_{PD(V=0)} = I_{PD}$$

$$\Rightarrow I_{PD} = qA \frac{D_p P_n(0)}{L_p} e^{-X/L_p}$$

$$\Rightarrow I_p = I_{PD} - I_{PD} = qA \frac{D_p \cdot P_n(0)}{L_p} e^{V/V_T} e^{-X/L_p} - qA \frac{D_p P_n(0)}{L_p} e^{-X/L_p}$$

$$\Rightarrow I_p = qA \frac{D_p P_n(0)}{L_p} (e^{V/V_T} - 1) \cdot e^{-X/L_p}$$

$$I_n = qA \frac{D_n P_n(0)}{L_n} (e^{V/V_T} - 1) e^{-X/L_n}$$

② Jonsiyondan olgan nec okum delik ve serbest elektron
okundurken, topaminda esit olacaktir. Dolayisyla $X=0$
igin de okun okum gevire deminda esit olabilir.

$X=0$ ian

$$I = I_{P(0)} + I_{n(0)}$$

$$\Rightarrow I = qA \frac{D_p P_n(0)}{L_p} (e^{V/V_T} - 1) + qA \frac{D_n P_n(0)}{L_n} (e^{V/V_T} - 1)$$

$$\Rightarrow I = qA \left[\frac{D_p \cdot P_n(0)}{L_p} + \frac{D_n \cdot P_n(0)}{L_n} \right] (e^{V/V_T} - 1) \quad \text{Kis} \\ \text{I}_o \quad \text{Difizyon denklemi}$$

$P_n(0)$: 1511 dege okun basigelen delikler (h tipi bolgesi)

q, D_p, D_n, V_T, A sabit

I_0 : Aşınılık etkiliyorlarla oluşturulan akım
(Tikana yoksas dayanır olamaz)

$$I = I_0 (e^{V/V_T} - 1)$$

- $n_p = n_i^2$

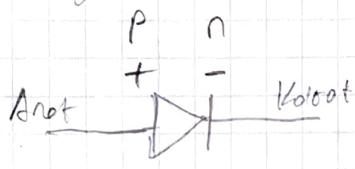
$$n_n(o), P_n(o) = n_i^2$$

$$n_n \approx p_n + N_D$$

$$P_n(o) \approx \frac{n_i^2}{N_D} ; \quad n_p(o) \approx \frac{n_i^2}{N_A}$$

$$I \approx qA n_i^2 \left[\frac{D_p}{L_p \cdot N_D} + \frac{D_n}{L_n \cdot N_A} \right] (e^{V/V_T} - 1)$$

Dryotlarda Akım - Gerilim İlişkisi //

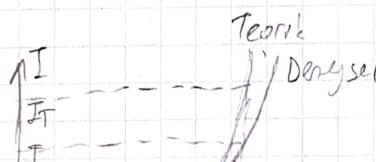


Diyot



V_{BR} : Belirli gerilimi zener ve qif doğası

$-I_0$



V_g : eşit gerilimi

$\sqrt{tikana}\ yarınca\ diyot$

$\sqrt{tikana}\ yarınca\ diyot$

İdamlı durumda anot, kotot terminali pozitifdir. Diyota tikana yoxunda gerilim uyuşanlıqları olur. İstek, anotta pozitif olur ve kototun negatif olur. Akım I_0 degerini alır. Bu değer çok büyük olsağıyla kısa devre gibi düşünebilir.

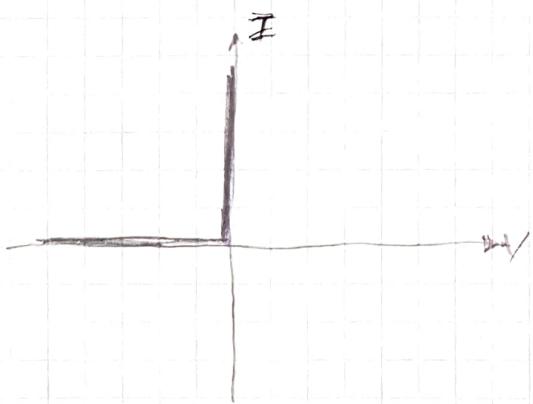
Tı hane sonunda uygulanan gerilim akım ölçümü, öncelikle devredeki katılımcıların, ancak bu durumda bu da, yalnız kademelerinde meni. Bu olayla zaten olayı denir. Yolcular, olsun. Bu yolların sebebiyle PN Tırnak signumundan yoksık bir döymü okuyabilir. Bu taşıyıcı yolkennin birleşen elektriksel alan sebebi ile ortaçak ve oegis bulgusunda yeri taşıyıcı yolkler oluşacaktır. Bu ortaç zıncırkı mekanik devrin eder. Bu olayı en olayı denir.

Zerar ve cılgı olaylarında bir sonraki olarak PN Jandarma
takımı üzerinde kuyularının sahip olmasının gerekliliğine dair
değerlendirme halde, olağın çok büyük değerlerle ilişkili olabilemek-
tedir. Akımin boyutları olağın degerliliği onca daha gereklidir.
Bu da korumak çok az degerliliği bu olaya belli bir
olaydır. Belvermanın oluşturduğu gereklilik ise belli bir
değerlilikdir.

İletim durumunda ise droit d'ami veları açısından yaşar
lanan genelim belirli bir değerle, uluslararası hukuk eylemleler
ve bu durumda droit d'ami, gün ışının içinde edilebilir.
Genelim VY ile ifade edilen eski genelim degerinden
sonra droit denkleşme bozul砀de VSTEI droit'e atıksızdır.
Eski genelimi malezemelerin en sona doğru düşmen yeri-
tmem bozulsun tökezleyenin göre degerdir.

Aynı boyutlarda farklı değerler ise deneyel ve teorik olmakla
birlikte sonuçlar arasında farklılıklar olabilir. Bu nedenle teorik deneyel,
incelenmede dikkat etmek gereklidir. Bu nedenle teorik ve deneyel
sonuçlar arasındaki farklılıkların nedenleri de incelenmelidir.

~~#IDEAL DRYOT#~~



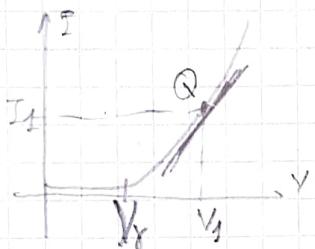
Ideal diktatör Atılım gerilimi eğrisi

$$I = I_0 (e^{\frac{V_0}{N_T} - 1})$$

Normal Sırtlar olindor ideal olmayan bir diyonun iletim yonunde daima geriye bilmesi ihan belki, bir V_T eski gerilmis dogrume up'smisi gereklidir. Tikanma yonunde ise ~~Egitim~~ akimi od derken yoldasik piko amperlik seviyesinde, kucuk bir tikanma donus dogrusu olur. Diyon ideal kabul edilse,

- a) iletim Yonunde gerilmis uygulanırsa dogrudan kiso devre
- b) Tikanma yonunde gerilmis uygulanırsa dogrudan direk devre
- c) iletim β 'ns yani iletken bolgelerin direnci sifir olsa, direnci sonrazda olur.
- d) Tikanma yons

Diyonun Degisken Isaret Direnci



Q: Galisma naktası
(Sekund Galisması)

$$I = I_0 (e^{\frac{V_0}{N_T} - 1}) \quad (\text{Diyot denk.})$$

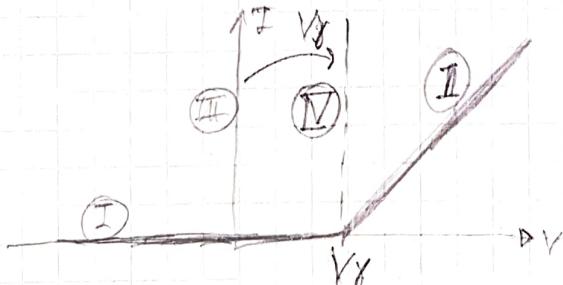
$$I \approx I_0 e^{\frac{V_0}{N_T}} \quad (-1 \text{ mvar})$$

$$\sigma = \left. \frac{\partial I}{\partial V} \right|_{I=I_0} \approx \frac{1}{V_T} I_0 e^{\frac{V_0}{N_T}} \approx \frac{I_0}{V_T}$$

$$\boxed{r_D = \frac{1}{\sigma} = \frac{V_T}{I_0}}$$

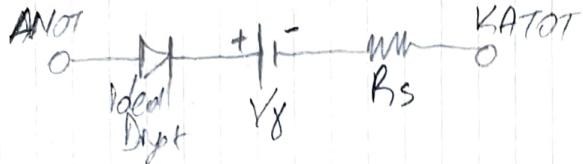
V_T ve I_0 ile itade edilen ve DC bilesenlerin belirlendiği nüfus olan Q noktasına sekund galisma noktası denir. Q galisma noktasından tegetin esimi diyot denklemlerde daima olusmam gore kismi toraci olindan hesaplandi. Bu esim, iletkenlik boyutundadir. Toplu, egiminin tersi dirence boyutundan dol ve bu dirence diyonun degisken isaret direnci denir.

Diyoton Alask Frekans Degiskenligi



Diyot ozdegismen yonligiyle gösterimi
(Karakter Degismiti icin)

III ve IV c VY kütür otelansı



Diyot özergisini yarlısıktır. Dıştaki gerilimin etkiliğinde I ve II numaralı oğru parçalarının kesiştiği noktaya direkt gerilim deşti ve Vx eşit gerilime eşittir. I ve IV numaralı parçalar ise ideal diyot özergisinin Vx kütür otelansı noludur. Ve ideal diyot ile Vx like gerilim kaynağının karşılık geliri. Diyotun esdeger devresini çizilebilmesi için bunlara şunu söylemek bolge dirençlerinin ve deşikken işaret direncinin de eklenmesi gereklidir.

$$R_n = \ln \frac{I_1}{A}, \quad R_p = \ln \frac{I_2}{A}, \quad r_D = \frac{V_T}{I_D}, \quad R_{IX} (\text{ekleme})$$

#Diyotun Yolsek Frekans Esdegeri#

Deşikken işaret yarlısı frekanslı dalgadır. İletim ve tıkmak yarlısı kapasitelerin arası ihmal edilemeye bu durumda deşikken kapasite bireylerinin sızdırmasıdır. İletim yarlısında kütüplördeki kapasite deşikken difizyon ve jantasyon kapasite deşikken toplanır. Tıkmak yarlısında kütüplörde ise sadece jantasyon kapasitesine eşittir.

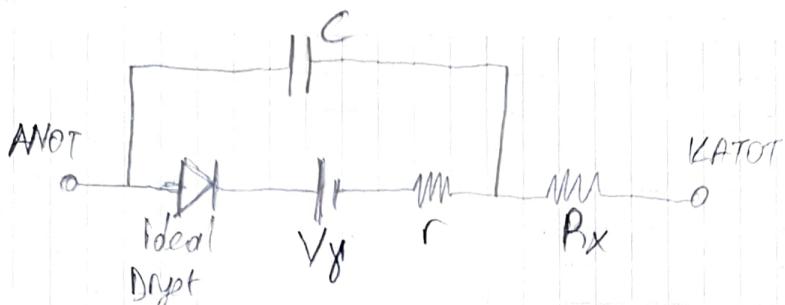
Jantasyon Kapasitesi:

Jantasyon standartı üçgen bölgeler genelde tıkmak yarlısı gerilimi ile değişmekte dir. Üçgen bölgeler genelde deşikkense bölgeler standartı yarlı metoduyla değişir. Sonra, standart üçgen bölgelerde yarlı metodu jantasyon uygulanır gerilim ile değişmekte dir. Yarlı metodu standart olursa da bir tıkmak oluyordan bu tıkmada her espriste olur ve bu da jantasyon kapasitesi dir.

Difizyon Kapasitesi:

PN Jantasyon İletim yarlısında kütüplördeki doğrudan bağlantılar difizyonla tıkmak bölgelerine geçerken. Difizyon standartı tıkmayı geçerken tıkmaların tıkmalarının yarlı deşiksinin bozulduğu ve yarlı yığınmasının nedeni olmaktadır. Difizyon ile geçen yarlı metodu Jantasyon uygulanır. İletim yarlısı gerilim deşikken ile deşikten giden olusur kapasiteye difizyon kapasitesi denir.

AC → periyodik olan ve SİHA.



R_x : Yarı iletken boylelerin
başlangıç ve bitişin
jenerasyonlarında
olan kısım direkt!

statik \rightarrow doğru polarizasyon $\rightarrow 10 \text{ ohm}$

dinamik \rightarrow ters polarizasyon $10\text{M} - 100\text{M ohm}$

$$r_s (\text{statik}) = \frac{V_D}{I_D} \rightarrow \text{doğru polarizasyon}$$

$$\text{Görünüş} = 0,3 \text{ V}$$

$$\text{Silses} = 0,7 \text{ V}$$

$$silses =$$

$$r_D (\text{dinamik}) = \frac{\Delta V}{\Delta I} \rightarrow \text{ters polarizasyon}$$

İletim gibi yapı I bul $T = ?$ ise keman (t) neye binebilir?
(<https://goo.gl/htdwfq>) Rosetta

2013 Vice

ÖRNEK 1 Bir diyoden ucalanınan 100mA lik DC akımı akarken 640mV lik
gerilmış düşüm, bu akının 10 'da 1 'i akarken ise 554mV lik
gerilmış düşüm塑造dir. V_T (isıl, eşit gerilm.) 26mV olduğuna
gore 300K sabit sıcaklıkta bu diyottan, okan bilinen
fons boyuna düşüm ve toplam gerekde direncini hesaplayınız?

$$I_{D1} = 100\text{mA} \rightarrow V_{D1} = 640\text{mV}$$

4 tane direnç

$$I_{D2} = 10\text{mA} \rightarrow V_{D2} = 554\text{mV}$$

$$V_T = 26\text{mV} \quad (T = 300\text{K}, \text{silses})$$

$$I_0 = ? \quad r_{top} = ?$$

İthal (iletim yolu)

$$* I_D = I_0 (e^{V_D/V_T} - 1)$$

$$V_D = V_T \ln \frac{I_D}{I_0} + r_T I_D \rightarrow \text{lineerlerin gerilmış düşüm}$$

$$640\text{mV} = 26\text{mV} \ln \frac{100\text{mA}}{I_0} + r_T 100\text{mA}$$

$$554\text{mV} = 26\text{mV} \ln \frac{10\text{mA}}{I_0} + r_T 10\text{mA}$$

$$r_T = 0,29 \text{ n} \quad \text{yeni bir}$$

$$I_0 = 6,23 \times 10^{-22} \text{ A} = 6,23 \text{ pA}$$

ÖRNEK 2 $T = 300^\circ\text{C}$ de silisyum bir yün metodu dörtler olan atom yoğunluğu $6 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, varen atom yoğunluğu $2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ kesit alanı $0,5 \text{ mm}^2$

$$N_A = 6 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$$

$$N_D = 2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$\epsilon_{sr} = 11,7$$

$$A = 0,5 \text{ mm}^2$$

$$D_n = 23 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$D_p = 7 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$T_n = 8,10^{-6} \text{ s}$$

$$T_p = 0,7 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

Silisyum malzeme için $T = 300^\circ\text{C}$ de boşluqu yolda yoğunluğu (n_f) $1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ve ışıl گورunu (V_T) 26 mV olduğur ve gerek dörtlerin herhangi bir alanı olmasızdan kaçan faktörlerin toplam toplam toplam toplam hesaplanması, tıkmaya yarayan doğrusal olur.

$$I_D = 0 \Rightarrow$$

$$X_n + X_p = ? \quad , \quad I_D = ?$$

$$I = 0 \text{ kom}$$

$$V_B = V_T \ln \frac{n_n p_p}{n_f^2} = V_T \ln \frac{n_n p_p}{n_p p_p}$$

$n_f^2 = n_p$

$$V_B = V_T \ln \frac{n_n(0)}{n_p(0)} \approx V_T \ln \frac{N_D N_A}{n_f^2}$$

$$n_p = n_f + N_D$$

$$p_p = n_p + N_A$$

$$V_B = 0,026 \ln \frac{2 \cdot 10^{17} \cdot 6 \cdot 10^{15}}{(1,5 \cdot 10^{10})^2}$$

$$V_B = 0,748 \text{ V}$$

$$V_B = \frac{q}{2e} N_A X_p^2 \left[1 + \frac{N_A}{N_D} \right] \quad , \quad X_p N_A = X_n N_D$$

$$X_p = \sqrt{\frac{2 \epsilon_{sr} \epsilon_0 V_B}{q N_A \left[1 + \frac{N_A}{N_D} \right]}}$$

cm⁻² evr.

$$X_p = \sqrt{\frac{2 \cdot 11,7 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,748}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 6 \cdot 10^{15} \left[1 + \frac{6 \cdot 10^{15}}{2 \cdot 10^{17}} \right]}}$$

$$X_p = 4,87 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

$$X_p N_A = N_D X_n$$

$$X_n = 9,76 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

$$[X_n + X_p = 4,86 \cdot 10^{-5} \text{ cm}]$$

$$I_0 \approx A q n_i^2 \left[\frac{D_p}{L_p} \frac{1}{N_D} + \frac{D_n}{L_n} \frac{1}{N_A} \right]$$

$$L_n = \sqrt{2n D_n} = 0,015 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$L_p = \sqrt{2p D_p} = 2,21 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$I_0 = 8,97 \cdot 10^{-16} \text{ A}$$

2016 Vize

DRNEKB $T = 300^\circ\text{K}$ de serbest elektronların mobilitesi $1300 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ve deliklerinin mobilitesi $500 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ olan $1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ lük basıncı yük yoğunluğu sabırp has lar silisyum yarı metallerin 0,791 metreklik değerini hesaplayın.

b) Yarı metallerin yapısında 1 cm^3 de $5 \cdot 10^{22}$ adet silisyum atomu varken malzemede 10^{20} silisyum atomunu kaçırlı bir alan atomla kattılarrsa yani durumda katlananın yarı metallerin 0,791 farklıını hesaplayınız.

$$T = 300^\circ\text{K}$$

Has yarı metaller

$$\mu_n = 1300 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$

$$\mu_p = 500 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$

$$n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

$$\textcircled{a} \quad \sigma = ? \quad (\text{0,791 metreklik})$$

$$1 \text{ cm}^3 \text{de } 5 \cdot 10^{22} \text{ Si atomu}$$

$$10^{20} \text{ Si} \rightarrow 1 \text{ dalan atom}$$

$$\textcircled{b} \quad \beta = ? \quad (\text{0,791 olur})$$

$$\star n = p = n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

$$\sigma = q n_i (\mu_n + \mu_p)$$

$$\sigma = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,5 \cdot 10^{10} (1300 + 500)$$

$$[\sigma = 6,32 \cdot 10^{-6} (\text{A cm})^{-1}]$$

* 10^{20} Sr ortamında karsılıkta 1 Aln atomu

$5 \cdot 10^{22}$ " " "

$$N_A = \frac{5 \cdot 10^{22} \cdot 1}{10^{10}} = 5 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-3}$$

$$P_{\text{son}} = N_{H_2} \cdot f_{NA}$$

$$n_p = n_p^2$$

$$n_{\text{son}} = \frac{n_p^2}{P_{\text{son}}}$$

$$n_{\text{son}} = \frac{(1,5 \cdot 10^{10})^2}{1,5 \cdot 10^{10} + 5 \cdot 10^{12}}$$

$$n_{\text{son}} = 6,68 \cdot 10^7 \text{ cm}^{-3}$$

$$P_{\text{son}} = 5,01 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-3}$$

$$\sigma = q n_{\text{son}} / \mu_n + q P_{\text{son}} / \mu_p$$

$$\sigma = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 6,68 \cdot 10^7 \cdot 1300 + 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 500 \cdot 5 \cdot 10^{10} \cdot 500$$

$$\beta = \frac{1}{\sigma} = 2500 \text{ (-2 cm)}$$

DRNEK 2005

Bir silisyum diyotta oda sıcaklığında n-tipsi bölge
örəyi netçərəfi $16,7 \text{ A cm}^{-2}$, p-tipsi bölgeinin öregisi
netçərəfi $0,25 \text{ A cm}^{-2}$ deliklərin sırası $5,2 \text{ ns}$ şəkərət
elektronların səmimi $63,4$ mikro sənsej. $\Delta V = 26 \text{ mV}$ lük bir
isitçığın deyeri 1 K diystə gəlməsi yoxsa $0,17 \text{ volt}$
ne hətənplandırımda 600 mA lik akım elanırsa
diyotun təkəri yox dayma akımını hesablayınız.

- b) Diyotun əlap və veren akım yaradılışlarını hesablayınız.
c) Tənksiyonun əsaslı akımını hesablayınız
d) Diyotun təməs gerilimini hesabla.

$$(\mu_n = 1300, \mu_p = 500)$$

$$I_D = I_0 (e^{V_D / V_T} - 1)$$

$$600 \cdot 10^{-3} = I_0 (e^{700/26} - 1)$$

$$I_0 = 1,2 \cdot 10^{-12} \text{ A} = 1,2 \text{ pA}$$

$$* \sigma_n \cong qN_D/\mu_n \Rightarrow N_D = \frac{\sigma_n}{q\mu_n} = \frac{16,7}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1300} = 8,028 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$$

$$\sigma_p \cong qN_A/\mu_p \Rightarrow N_A = \frac{\sigma_p}{q\mu_p} = \frac{0,24}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 500} = 3 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$$

~~Eritelen~~ $D_n = \mu_n V_T = 0,026 \cdot 1300 = 33,8 \text{ cm}^2/\text{s}$

$$D_p = \mu_p V_T = 0,026 \cdot 500 = 13 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$L_n = \sqrt{D_n T_n} = 0,66 \text{ cm}; L_p = \sqrt{D_p T_p} = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$$

$$I_0 = A q n_i^2 \left[\frac{D_n}{L_n} \frac{1}{N_A} + \frac{D_p}{L_p} \frac{1}{N_D} \right]$$

$$A = 3,8 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$$

$$V_B = V_T \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2}$$

$$V_B = 0,026 \ln \frac{3 \cdot 10^{15} \cdot 8,028 \cdot 10^{16}}{(1,5 \cdot 10^{19})^2}$$

$$V_B = 720 \text{ mV}$$

OBNEKS Veren obem yorumlu olan obem yorumlu
yazinda çok çok lütfen olan bir silsile
diyotta fonksiyon kesit olan 4 mm^2 şerit bes
e-lerin ve deliklerin difizyon mesafeleri $0,2 \text{ mm}$
ve p+tipi bulgeinin etrafı rekenklisi $0,35 \text{ mm}^{-2}$
oldugunda gerekli degerlerin tictigi gerek degerlerin
 $T = 300^\circ\text{K}$ dekor degerlerin hesaplayiniz?

$$N_D > N_A$$

$$A = 6 \text{ mm}^2$$

$$L_n = L_p = 0,2 \text{ mm}$$

$$\sigma_p = 0,35 (\text{S/cm})^{-1}$$

$$T = 300^\circ\text{K}$$

$$\mu_n = 1300 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$

$$\mu_p = 500 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$

$$n_i = 1,5 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

$$I_0 = ?$$

$$I_o = A q n_i^2 \left[\frac{D_p}{L_p} \frac{1}{N_A} + \frac{D_N}{L_N} \frac{1}{N_A} \right]$$

$$I_o = A q n_i^2 \frac{D_n}{L_n} \frac{1}{N_A}$$

$$\sigma_p \cong q N_A \mu_p \Rightarrow N_A \cong \frac{\sigma_p}{q \mu_p} = \frac{0.35}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 500}$$

$$N_A = 4,375 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$$

$$D_n = \mu_n V_T = 1300 \cdot 26 \cdot 10^{-3} = 33,8 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$\Rightarrow I_o = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 4,6 \cdot 10^{-13} (1,5 \cdot 10^{10})^2 \frac{33,8}{0,08} \frac{1}{4,375 \cdot 10^{15}}$$

$$I_o = 0,556 \cdot 10^{-12} \text{ A} = 0,556 \text{ pA}$$

ÖRNEK 6 Bir PN Dönerşeyinin sağlı dirençleri $\beta_n = \beta_p = 10$ (2 cm) olum tozluğuların difüzyon mesafeleri $L_n = L_p = 0,02 \text{ cm}$ deliklerin difüzyon katsayısı $D_p = 47 \text{ cm}^2/\text{s}$ sorbesse e^- ların dif. lot. $D_n = 89 \text{ cm}^2/\text{s}$ serbest e^- mobilitesi $\mu_n = 3800 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ deliklerin mobilitesi $\mu_p = 1800 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ tozluğın yoku yararlağı $N_D = 2,5 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 300°K sıcaklığında tıkana yarar dayanı 0 km , $I_o = 77,3 \text{ pA}$ olduğuna göre jantksiyonu kesit denini hesapla?

b) P-tipi bölgenin ledinligi $L_p = 5 \mu\text{m}$
 n-tipi $L_n = 20 \mu\text{m}$ ise
 dijotlar gecirme yönünde S_{nA} akım akışkan
 valanındaki gerilim deffterini hesapla

c) Dijot, yukarıda belirtilen akımlar (b_1, b_2, b_3) gecirme
 yönünde $10 \mu\text{V}$ onus taken tepe deffteri 300 mV
 olur deyilek, bir işaret uygulanırsa dijot
 degisken akımın tepe deffterini hesaplayınız.

• 5.16.16.17.18.19.20
 21.22.23.24.25.26.27.28.29.30
 31.32.33.34.35.36.37.38.39.40
 41.42.43.44.45.46.47.48.49.50
 51.52.53.54.55.56.57.58.59.50
 60.61.62.63.64.65.66.67.68.69
 70.71.72.73.74.75.76.77.78.79
 80.81.82.83.84.85.86.87.88.89
 90.91.92.93.94.95.96.97.98.99
 100.101.102.103.104.105.106.107.108.109
 110.111.112.113.114.115.116.117.118.119
 120.121.122.123.124.125.126.127.128.129
 130.131.132.133.134.135.136.137.138.139
 140.141.142.143.144.145.146.147.148.149
 150.151.152.153.154.155.156.157.158.159
 160.161.162.163.164.165.166.167.168.169
 170.171.172.173.174.175.176.177.178.179
 180.181.182.183.184.185.186.187.188.189
 190.191.192.193.194.195.196.197.198.199
 200.201.202.203.204.205.206.207.208.209
 210.211.212.213.214.215.216.217.218.219
 220.221.222.223.224.225.226.227.228.229
 230.231.232.233.234.235.236.237.238.239
 240.241.242.243.244.245.246.247.248.249
 250.251.252.253.254.255.256.257.258.259
 260.261.262.263.264.265.266.267.268.269
 270.271.272.273.274.275.276.277.278.279
 280.281.282.283.284.285.286.287.288.289
 290.291.292.293.294.295.296.297.298.299
 300.301.302.303.304.305.306.307.308.309
 310.311.312.313.314.315.316.317.318.319
 320.321.322.323.324.325.326.327.328.329
 330.331.332.333.334.335.336.337.338.339
 340.341.342.343.344.345.346.347.348.349
 350.351.352.353.354.355.356.357.358.359
 360.361.362.363.364.365.366.367.368.369
 370.371.372.373.374.375.376.377.378.379
 380.381.382.383.384.385.386.387.388.389
 390.391.392.393.394.395.396.397.398.399
 400.401.402.403.404.405.406.407.408.409
 410.411.412.413.414.415.416.417.418.419
 420.421.422.423.424.425.426.427.428.429
 430.431.432.433.434.435.436.437.438.439
 440.441.442.443.444.445.446.447.448.449
 450.451.452.453.454.455.456.457.458.459
 460.461.462.463.464.465.466.467.468.469
 470.471.472.473.474.475.476.477.478.479
 480.481.482.483.484.485.486.487.488.489
 490.491.492.493.494.495.496.497.498.499
 500.501.502.503.504.505.506.507.508.509
 510.511.512.513.514.515.516.517.518.519
 520.521.522.523.524.525.526.527.528.529
 530.531.532.533.534.535.536.537.538.539
 540.541.542.543.544.545.546.547.548.549
 550.551.552.553.554.555.556.557.558.559
 560.561.562.563.564.565.566.567.568.569
 570.571.572.573.574.575.576.577.578.579
 580.581.582.583.584.585.586.587.588.589
 590.591.592.593.594.595.596.597.598.599
 600.601.602.603.604.605.606.607.608.609
 610.611.612.613.614.615.616.617.618.619
 620.621.622.623.624.625.626.627.628.629
 630.631.632.633.634.635.636.637.638.639
 640.641.642.643.644.645.646.647.648.649
 650.651.652.653.654.655.656.657.658.659
 660.661.662.663.664.665.666.667.668.669
 670.671.672.673.674.675.676.677.678.679
 680.681.682.683.684.685.686.687.688.689
 690.691.692.693.694.695.696.697.698.699
 700.701.702.703.704.705.706.707.708.709
 710.711.712.713.714.715.716.717.718.719
 720.721.722.723.724.725.726.727.728.729
 730.731.732.733.734.735.736.737.738.739
 740.741.742.743.744.745.746.747.748.749
 750.751.752.753.754.755.756.757.758.759
 760.761.762.763.764.765.766.767.768.769
 770.771.772.773.774.775.776.777.778.779
 780.781.782.783.784.785.786.787.788.789
 790.791.792.793.794.795.796.797.798.799
 800.801.802.803.804.805.806.807.808.809
 810.811.812.813.814.815.816.817.818.819
 820.821.822.823.824.825.826.827.828.829
 830.831.832.833.834.835.836.837.838.839
 840.841.842.843.844.845.846.847.848.849
 850.851.852.853.854.855.856.857.858.859
 860.861.862.863.864.865.866.867.868.869
 870.871.872.873.874.875.876.877.878.879
 880.881.882.883.884.885.886.887.888.889
 890.891.892.893.894.895.896.897.898.899
 900.901.902.903.904.905.906.907.908.909
 910.911.912.913.914.915.916.917.918.919
 920.921.922.923.924.925.926.927.928.929
 930.931.932.933.934.935.936.937.938.939
 940.941.942.943.944.945.946.947.948.949
 950.951.952.953.954.955.956.957.958.959
 960.961.962.963.964.965.966.967.968.969
 970.971.972.973.974.975.976.977.978.979
 980.981.982.983.984.985.986.987.988.989
 990.991.992.993.994.995.996.997.998.999

BIPOLAR JONKSYON TRANSİSTÖRLER (BJT)

- ① Arbeitselemente
 - ② Konvektionsarme Elemente

Sir! Sir! You do you
you're your leg & in love. I'd
drip & get bended.

• Box Bolgesi;

Transferstrom yakınsası, ican looks, otom yorumluşun
değer ve genisliklerin dor olmazı gereksiz

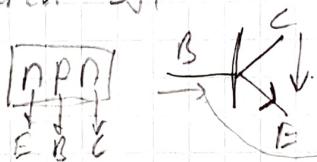
• Kollektiv Bolgeser;

Katılımın yorumluğu: Bu bölgeye göre orta da
fazla dobrular.

• Emirler Bulgesi)

Dy belge raffinande bokser eten yofuslagen en yofusek
oldru yosi heter belgedin

ikrator BJT



slipmoss 1 cm
gerellen groen

B: Brz
E: Emper
K: Kali

C! Rörelser
Golignadsvägen har ingått i den skar



ök där myggarna geskör

Akum esasında göre çatışır br

- (1) Akım yönler foltb
 - (2) Gemişin yönler foltb
 - (3) Potasyum ion foltb

Başlangıç Dikmeleri

$$\begin{array}{l} \text{B} \rightarrow \text{C} \text{ ve } \text{E} \\ \text{I}_B \rightarrow \text{I}_C + \text{I}_E \end{array}$$

Referans dikmeler

$$I_B + I_C + I_E = 0$$

$$V_{BC} + V_{CE} + V_{EB} = 0$$

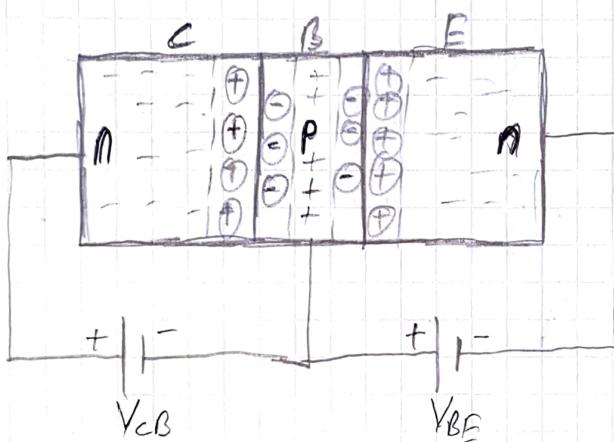
Bir polar jantisiyon Transiztorler polarlandırma şiplerine göre sınıflara ayrırlar.

Dogru Polarlandırma

Genel olarak bir transiztorun Nefne geçebilmesi için birer emiter jantisiyonu iletimi gerekli, kollektör birer jantisiyon ise tükama yönünde kütüplenecektir. Bu da herkesin kaynaklarının yerleştirilmesi gereklidir.

Polarlandırmada doğru transiztor üzerinde silindirik birikim geniçti silüetlerde şekilde transiztor uclarına getirilmek kaynaklarının kütüpleneceğine ve bunların yankılarını oluşturmakta.

B-E jantisiyonu iletim) (anlık kaynakları başlı
E-B " tükama) (anlık kaynakları başlı



Transiztorlar doğru kütüplenebilir emiterdeki pozitiflik taşıyıcıları birer difaze olurken borzadağında negatiflik taşıyıcıları da difaze yol ile emiterde giderler.

Borın katları atom yoğunluğu doğrularak hem pozitiflik taşıyıcıları olusturulmuş difrazyon damını emiterdeki demir olarak adlandırılır. Bor borzesinin genliği emiterden biraz fazla pozitiflik taşıyıcıları difrazyon yolunda çok küçük olupandan bor pozitiflik taşıyıcılarının neredeyse hepsi kollektöre ensüfle ve kollektördeki demirin maydalarına getirilir. Emiterdeki pozitiflik taşıyıcıları, borzadaki giderken çok az bir bor borzesinde pozitiflik taşıyıcıları birleşen bor borzesindeki pozitiflik taşıyıcılarıda emiter borzesine difrazyonla giderler ancak sayıları kollektör ve emiterdeki demir olusturulan taşıyıcılar neredeyse çok az da olsa birleşen borlarla olusturulduktan sonra demirdeki demirdeki kollektör ve emiter demirleri arasında çok düşük olur.

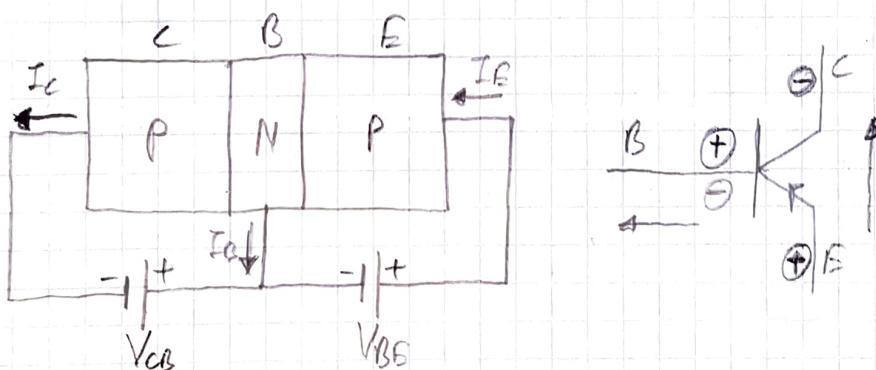
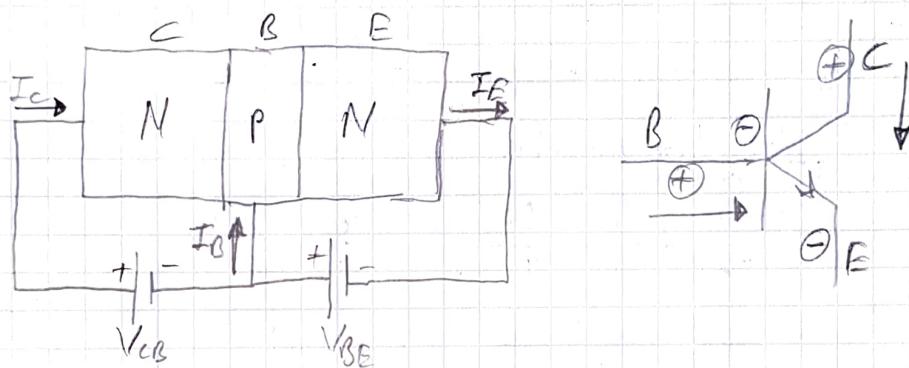
② Ters Polarlandırmalar

Ters polarlarda NPN baza emiter arasına tıkana yönünde gerilim uygulanır. Bu durumda baza emiter yönü, yarışkanın bür ve yanızdırken kesişme eser. Ters polarma altında emiter ile kolektör arasındaki elektron ve delik hareketleri engellenir. Bir transistörde ters polarma yapmak demek emitere giden npn bir transistörde baza negatif PNP tipi bir transistörde ise baza pozitif bir gerilim uygulanacaktır.

Piko Ampere : C-B tıkamadakilerin gerilim tıkanı yönünde doğruları olur.

Ampere : B-E tıkamadakilerin gerilim tıkanı yönünde doğruları olur.

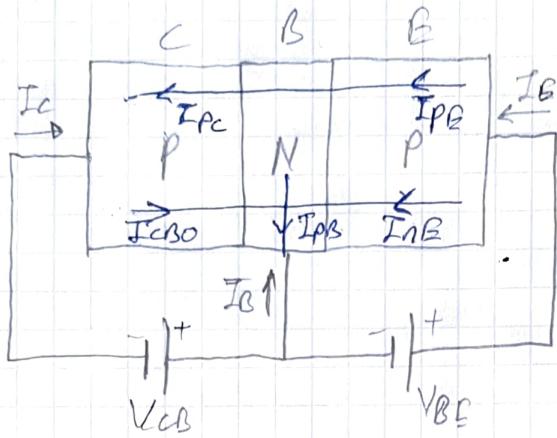
Transistorların Akım ve Gerilim Yonları



Transistorlarda Akım Bilgilendirme

Bazın katları, yarışkanın doğrudan gerilimle Emitterden baza geçen akımları topluyan电流 (İ_E) ismiyle baza geriliminden daha fazladır. PNP transistörde ise baza emiter junctionunda gerilim yönünde fotoplantırma emiterde lavalan delikler (gafiklit basıncılar) baza difüze obruk İ_{PE} adınıyla olururlar. Emitterden baza gelen delikler burada e-lerle birleşerek valans baplı olusurlar ve olusurlarını olusurlar İ_{PE} ile gösterilir. Buzdak e-lar ise emiterde difüze obruk İ_{NE}

akımları meydana getirilen. Emitterinden boru geçen akılların
bu yük uygulaması kollektörde doğrudan I_{PE} akımı oluşturur.
kollektör boru gakisyonu tıkana yonende tutulmalıdır ki
bu tıkadola tıkana yonu doğru akımı da I_{CBO} ile gösterilebil



Açıklar
Referans yolu

- $I_C = -I_{PC} + I_{CBO}$

$$I_E = I_{PE} + I_{NE}$$

$$I_{PE} = \gamma I_E$$

$$I_{PC} = \beta^* I_{PE}$$

Günus faktörü.

$$\alpha_F = -\frac{I_C - I_{CBO}}{I_E} = +\frac{I_{PC}}{I_E} = \frac{I_{PC}}{I_{PE}} \cdot \frac{I_{PE}}{I_E}$$

Neri yonda
olmam kotonu

$$\alpha_F = \beta \cdot \gamma$$

- $\alpha_F = -\frac{I_C - I_{CBO}}{I_E}$

$$\Rightarrow \alpha_F I_E = -I_C + I_{CBO}$$

$$I_C = \alpha_F I_E + I_{CBO}$$

I_{CBO} piko amperler arasında
düşüklendirilir. Bu nedenle bu termi
neglize edebilim

- $I_E + I_B + I_C = 0$

$$\Rightarrow I_E = -\frac{I_C - I_{CBO}}{\alpha_F}$$

$$\Rightarrow -\frac{I_C - I_{CBO}}{\alpha_F} + I_C = -I_B$$

$$\Rightarrow -I_C + I_{CBO} + \alpha_F I_C = -\alpha_F I_B$$

$$\Rightarrow I_C (\alpha_F - 1) + I_{CBO} = -\alpha_F I_B$$

$$\Rightarrow I_c = -\frac{\alpha_F}{\alpha_F - 1} I_B - \frac{2}{\alpha_F - 1} I_{cBO}$$

$$\Rightarrow I_c = \left(\frac{\alpha_F}{1 - \alpha_F} \right) I_B + \frac{1}{1 - \alpha_F} I_{cBO}$$

β_F : Üst yonda β adını kozorur.

$$\Rightarrow I_c = \beta_F I_B + (1 + \beta_F) I_{cBO}$$

- I_{cBO} ihmal edilirse

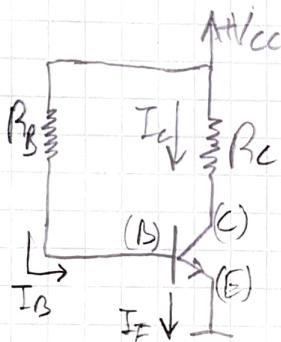
$$\alpha_F \approx -\frac{I_c}{I_E}$$

$$\beta_F \approx \frac{I_c}{I_B}$$

$$\text{Bazi kisegirlerde} \\ \beta_F = h_{FE}$$

Transistoron Dört Bolge Karakteristigi

Transistoron DG polarisinde yekesiz esitliginikken
giris - gidiş akim ve gerilmeler prosesinde bosluklar
var ossteren karakteristiklerde 4 bolge, karakteristikler dair.
Bu karakteristikler emfess kisiproblemi bir konvetendireler
devresinde elde edilir.



Emfess kisiproblemi
konvetendire devresi

B → giriş
C → gidiş

Transistor harakimasi tekniqe bilgi elde
etmeli, bunun kisalmaq bolgeler olusindan
dort bolge karakteristikleri den de
yorumlanır.

II. BOLGE

I_B (mA)

III. BOLGE

V_{BE} (mV)

DC Voltajlar

I. BOLGE

$$I_{B4} = 80 \mu A$$

$$I_{B3} = 60 \mu A$$

$$I_{B2} = 40 \mu A$$

$$I_{B1} = 20 \mu A$$

$$I_{B0} = 10 \mu A$$

$$I_{B0} = 6 \mu A$$

$$I_{B0} = 4 \mu A$$

$$I_{B0} = 2 \mu A$$

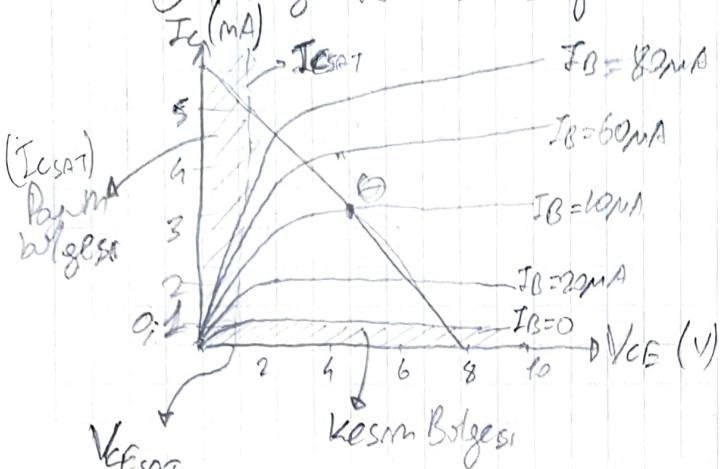
$$I_{B0} = 1 \mu A$$

$$I_{B0} = 0.5 \mu A$$

$$I_{B0} = 0.2 \mu A$$

$$I_{B0} = 0.1 \mu A$$

① I. Bolge Karakteristikleri

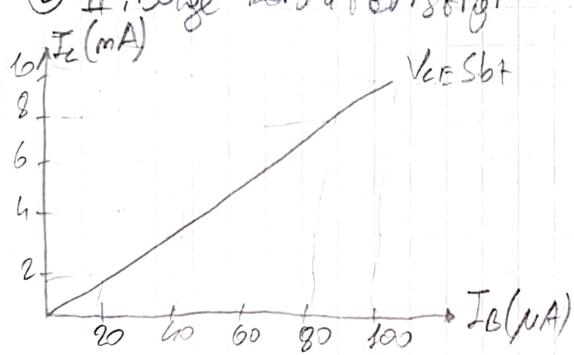


$$V_{CE} = R_C I_C + V_{CE}$$

Dünya durumunda C-E gergini

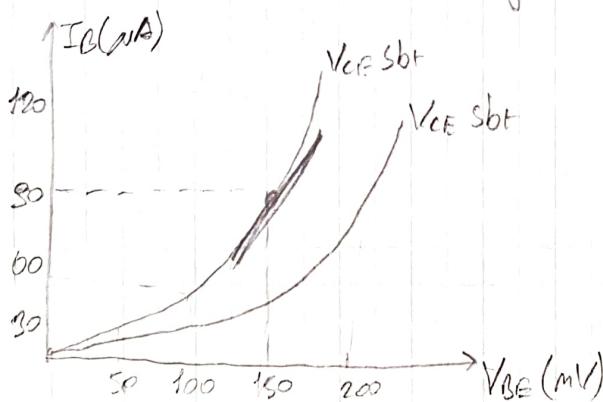
I. Bolge karakteristikleri ile V_{CE} ile kollektor akımı arasındaki ilişkide edilir. Bu karakteristik yarım düzleme β olunca tersine doğru bir bulut. Gesit degriteleri her zaman akımının sabit kalması koşuluyla konusudur. DC yek degrusu da yine I. Bolge karakteristikleri örneği耳.

② II. Bolge Karakteristikleri



II. Bolge karakteristikleri V_{CE} sıbt hizmeti ile kollektor akımı orasındaki degriteleri gösteren esittiliğin elde edilmesi. Transfer karakteristikleri de β ile karakteristik yarımını ile α ve β olunca doğru bir bulut.

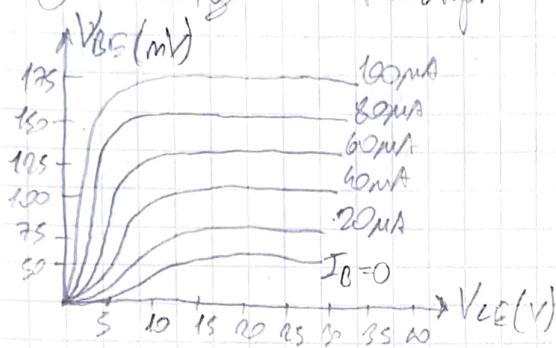
③ III. Bolge Karakteristikleri



I. Bolge \rightarrow Cukus karakteristikleri

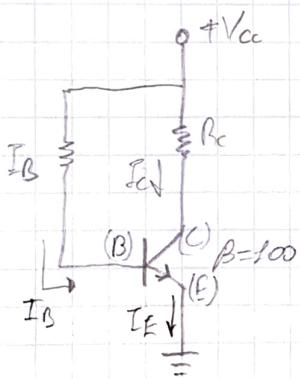
Sabit kollektör emitters gordinde degerlerin 100 μ A'dan emiter gordinde degerlerinde varlığından 100 μ A'dan emiter gordinde bulunduğu karakteristik. Birinci karakteristikin de denilen B_1 karakteristikte gordinin 100 μ A'dan dünencen həsənləri bəlli.

② IV. Bolge Karakteristikleri



Gesitli böz dəlmə degerlərinə rəm kollektor qüntərənmişdir. deqisənlikdən kifsiyətli dəlmə. Böz emiter gordini deqisənlikdən elədə qüntərənmişdir. B_1 karakteristikin yaradılmışdır. geri bəsləmə orəni bəsləmədir.

DC Yol Dəgrəsminin Çıxılması



$$V_{CE} = R_C I_C + V_{CE}$$

Ornegim $V_{CC} = 12V$, $R_C = 1k \Omega$ olsun

$$12V = 1k I_C + V_{CE}$$

$$\bullet I_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = 12V$$

$$\bullet V_{CE} = 0 \Rightarrow I_C = 12mA$$

$$\bullet I_{C1} = 3mA \Rightarrow V_{CE} = 9V$$

$$\beta = 100 \quad I_{B1} = \frac{I_{C1}}{\beta_f} = \frac{3mA}{100} = 30\mu A$$

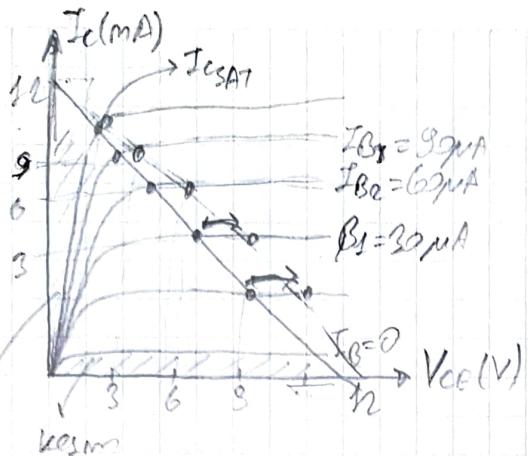
$$\bullet I_{C2} = 6mA \Rightarrow V_{CE} = 6V$$

$$I_{B2} = \frac{I_{C2}}{\beta_f} = \frac{6mA}{100} = 60\mu A$$

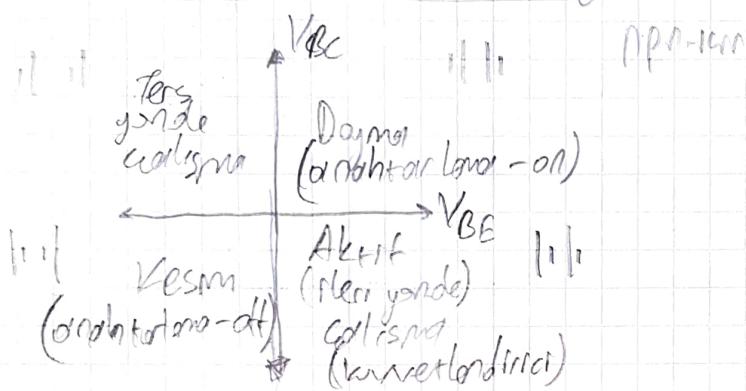
$$\alpha_f = -\frac{I_C}{I_E}$$

$$\bullet I_{C3} = 9mA \Rightarrow V_{CE} = 3V$$

$$I_{B3} = \frac{I_{C3}}{\beta_f} = \frac{9mA}{100} = 90\mu A$$



Transistoron Cəlisması Bulğeleri



④ Aktif Bolge

Burada enver pləsi (hem) yənələ, kollector basə tərs yonda kuyubanın. Elər yənde işlədən bəzə emiterə emittersi deyərək transistörən qəza emiterə dəmirin məskəndən bəlli olur. Kollector basə gəriminin kollectori demirət fərqli işləyən qədər kollector basə gəriminin qədərindən yəzən bolğasının dərinliyini se bildirir vəydi. Bu dərinlikdən qədər kollectore qədəm qədəmlər fəaliyyəti məlumatı dəldir.

⑤ Dizge Bolğesi

Hər hər parksiyanda, təll yonda kuyubanın sa cəlisması dizgeni başlayır və dər. Dizgenin dərinlikdə kollectorın emiterden qədəm dəmir, təll yonda, toplova şəhərli, həmən həmən bəzə. Eləcə kollector basə parksiyadan təll yəndələr kuyubanın yəterliyə kollector emiterden qədəm dəmirəm təll yonda, toplova.

⑥ Kesim Bolğesi

Transistoron hər hər parksiyadər tərs yonda kuyubanın transistörən cəlisması kesim başlaşdırır və dər. By dərinlikdə emiter ve kollectordən sıxıntı dəmiri olur. Baslı baslı emiterə dəmirin sıxılıq yəkin olması da kesim başlaşdırma cəlisması qəstirəcəkdir.

① Ters Coligma Bolgesi

Trapezistkorde, kollektor ve emiter, yar degiz tipi lerek
kolonitlerde dikk edilen coligma bolgesi ters coligma
bolgesi dir. Emiter ve kolletron katki atom yapan liller
forde olsun mola bu bolgede coligma akisi bolgeden
forde dir. Kollektor ve emiter yar degiz tipi lerek kolonitler
danglede yapan coquulub mola degizdir. Sadece
sadece deinde de gire kisa surede duz soruya trafiksel
bu coligma bolgesinde colistik mola bilir.

#BERS-MOLL MODEL VE DENKLEMLERI

a) I_E ① $B-E$ sletm, $C-B$ ikam, (Dogru Polarizasyon)

b) I_E'

c) V_{BE}
 dV_{CB}

$$I_D = I_0 (e^{V_{BE}/V_T} - 1)$$

$$I_C = -\alpha_F I_E + I_{CB0}$$

$\alpha_F \rightarrow$ forward

$$I_E = -I_{EBS} (e^{-V_{CB}/V_T} - 1)$$

emiter akimi ile referans yar olsus

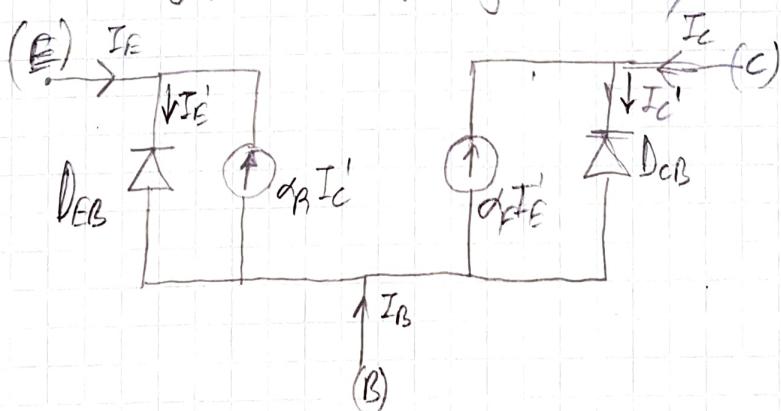
② $B-E$ ikam, $C-B$ sletm (Ters Polarizasyon)
(Ges yon de coligma)

$$I_E = -\alpha_R I_C + I_{CB0}$$

$\alpha_R \rightarrow$ reverse

$$I_C = -I_{CBS} (e^{-V_{CB}/V_T} - 1)$$

• Her das yapan bir orduya getirilirse;



$$I_E = I_E' - \alpha_A I_C' \quad , \quad I_C = I_C' - \alpha_F I_E'$$

$$I_E' = -I_{EBS} (e^{-V_{EB}/V_T} - 1)$$

$$I_C' = -I_{CBS} (e^{-V_{CB}/V_T} - 1)$$

$$I_E = -I_{EB\$} (e^{-V_{EB}/V_T - 1}) + \alpha_F I_{CB\$} (e^{-V_{CB}/V_T - 1})$$

$$I_C = -I_{EB\$} (e^{-V_{CB}/V_T - 1}) + \alpha_F I_{EB\$} (e^{-V_{EB}/V_T - 1})$$

FİBERLİ
DEKİLEMLER

$$\alpha_F I_{CB\$} = \alpha_F I_{EB\$} = I_S$$

\rightarrow Sıntezjondan okunur

$$I_E = -\frac{I_S}{\alpha_F} (e^{-V_{EB}/V_T - 1}) + I_S (e^{-V_{CB}/V_T - 1})$$

$$I_C = -\frac{I_S}{\alpha_F} (e^{-V_{CB}/V_T - 1}) + I_S (e^{-V_{EB}/V_T - 1})$$

$$I_C = I_S (e^{V_{BE}/V_T - 1})$$

$I_{CB\$}$, $I_{EB\$}$: Dayanık devamlı kismı şantiyesi okunur

$I_{CB\$}$, $I_{EB\$}$: I_S ile derge " " " "

$$I_{EB\$} = (1 - \alpha_F \alpha_R) I_{EB\$}$$

$$I_{CB\$} = (1 - \alpha_F \alpha_R) I_{CB\$}$$

$$I_E = -\frac{I_{EB\$}}{(1 - \alpha_F \alpha_R)} (e^{-V_{EB}/V_T - 1}) + \alpha_R \frac{I_{CB\$}}{(1 - \alpha_F \alpha_R)} (e^{-V_{CB}/V_T - 1})$$

$$I_C = -\frac{I_{CB\$}}{(1 - \alpha_F \alpha_R)} (e^{-V_{CB}/V_T - 1}) + \alpha_F \frac{I_{EB\$}}{(1 - \alpha_F \alpha_R)} (e^{-V_{EB}/V_T - 1})$$

KUWETLENDİRİCİ OLARAK TRANSİSTERLER

\rightarrow B-E şantiye hizmeti; C-B şantiye tesisleri (Aktif bölge)

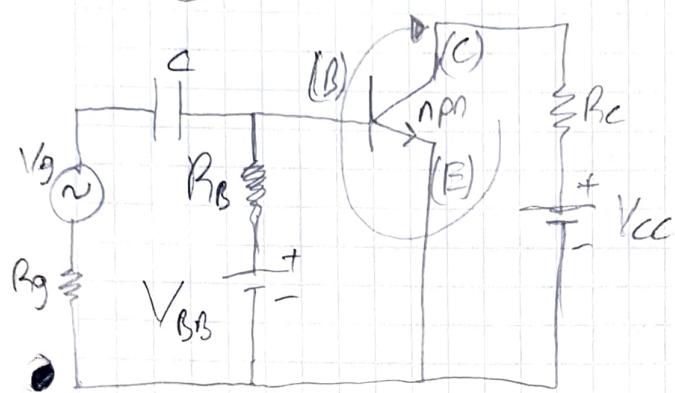
a) Ortak Emitterli Kuvvetlendirici

b) Ortak Baseli Kuvvetlendirici

c) Ortak Kollektörde (Emiter çıkışlı) Kuvvetlendirici

Base Emitter Ileminde durumunda kollektor base taklağı yarınca kütüplerdeki geleneksel transizitor cihazlarında sadece hizmetlendirme olup çalışır, ancak bu işin işe farklı olur.

(2) Darbelik Emitter Kuruşluşlu Dairesi



$\Rightarrow V_B = 0$ için (AC İşleme Yolu)
Sıkılık

$$I_B + I_C + I_E = 0 \quad \text{K.P}$$

$$V_{EB} + V_{BC} + V_{CE} = 0$$

$$\beta_F = \frac{\alpha_F}{1-\alpha_F}, \quad \alpha_F = \frac{\beta_F}{1+\beta_F}$$

$$I_B = -I_C - I_E$$

$$I_B = -(-\alpha_F I_E) - I_E$$

$$\boxed{I_B = I_E (\alpha_F - 1)}$$

$$I_B = -I_{EBs} \left(e^{-V_{EB}/V_T} - 1 \right) (\alpha_F - 1)$$

$$I_B = I_{EBs} \left(e^{V_{EB}/V_T} - 1 \right) (1 - \alpha_F)$$

$$I_B = I_{EBs} \left(e^{V_{EB}/V_T} - 1 \right) \left(1 - \frac{\beta_F}{1+\beta_F} \right)$$

$$I_B \underset{\beta_F \gg 1}{=} I_{EBs} \frac{1}{1+\beta_F} e^{V_{EB}/V_T}$$

$$\beta_F \gg 1 \quad (\text{kütüplendirme olusumu})$$

$$\boxed{I_B \underset{\beta_F \gg 1}{=} \frac{I_{EBs}}{\beta_F} e^{V_{EB}/V_T}}$$

$$I_S = \alpha_F I_{EBs}$$

veya

* $V_g \neq 0$ (AC isret ver)

$$I_E = -I_{EBS} (e^{\frac{V_{BE}}{V_T} - 1})$$

$$I_B + \Delta I_E = -I_{EBS} \left(e^{\frac{V_{BE} + \Delta V_{BE}}{V_T} - 1} \right)$$

$$I_B + \Delta I_E = -I_{EBS} \underbrace{e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}}_{I_E} e^{\frac{\Delta V_{BE}}{V_T}}$$

$$I_E + \Delta I_E = I_E e^{\frac{\Delta V_{BE}}{V_T}}$$

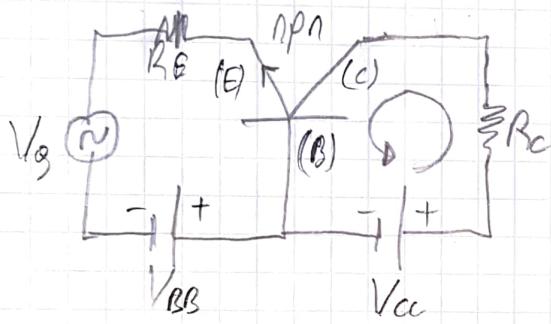
$$\Delta I_E = I_E [e^{\frac{\Delta V_{BE}}{V_T}} - 1]$$

Direk kodus
Aksiyonlar
Sonra AC gelir

• DC矛rosu 1k
kol dolumları (CBCE)
ve jeksiyonlar (MOSFET)
hâlinde birlikte

• DC矛rosu
Dairede yarılım ve
dem ve genç, CPMR
gilg öncesi tyle
edilirler

② Ortak Bazilı Kuvvetlenmeler



* $V_g = 0$ iken;

$$V_{CC} = R_C \cdot I_C + V_{CB}$$

$$I_E = -I_{EBS} (e^{-\frac{V_{EB}}{V_T} - 1})$$

$$I_E \approx I_{EBS} e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

* $V_g \neq 0$ ise;

$$I_E + \Delta I_E = -I_{EBS} e^{-\left(\frac{V_{EB} + \Delta V_{EB}}{V_T}\right)}$$

$$I_E + \Delta I_E = -I_{EBS} e^{-\frac{V_{EB}}{V_T}} e^{\frac{-\Delta V_{EB}}{V_T}}$$

$$\Rightarrow \Delta I_E = I_E \left(e^{-\frac{\Delta V_{EB}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$\left| e^{-\frac{\Delta V_{EB}}{V_T}} \right| \approx 1 - \frac{\Delta V_{EB}}{V_T}$$

ORTAK BAZLI KUVVETLENME

$$\Rightarrow \Delta I_E \approx I_E \left(1 - \frac{\Delta V_{EB}}{V_T} - 1 \right)$$

$$\Rightarrow \Delta I_E = -\frac{I_E}{V_T} \Delta V_{EB}$$

$$\Delta I_c = -\alpha_f \Delta I_E$$

$$\Delta I_c = -\alpha_f \left(-\frac{I_E}{V_T} \Delta V_{EB} \right)$$

$$\boxed{\Delta I_c = \alpha_f \frac{I_E}{V_T} \Delta V_{EB}}$$

Geus, Leckentigr (gm)

Korrektionsfaktor (km)

$$g_m = \frac{\Delta I_c}{\Delta V_{EB}} = \frac{\alpha_f I_E}{V_T}$$

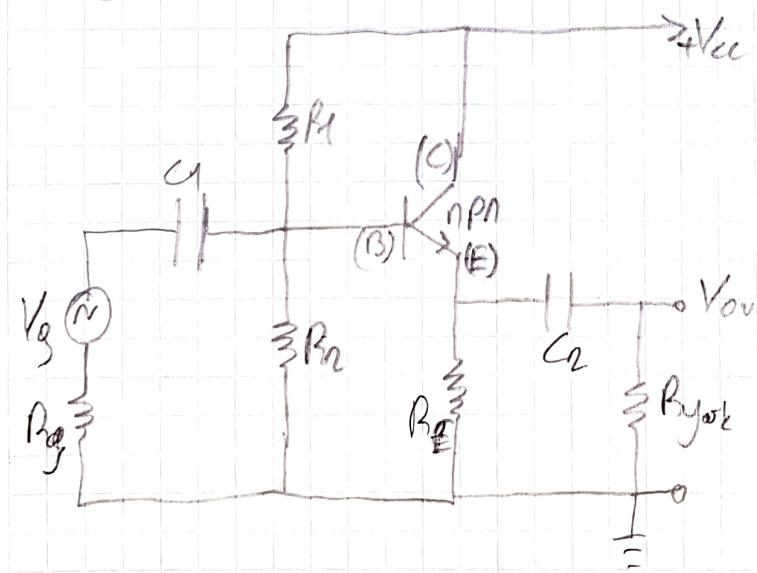
$$\boxed{V_{ce} = R_C I_C + V_{CB}}$$

$$\Delta V_{CB} = -\Delta I_C R_C$$

$$\Delta I_C = g_m \Delta V_{EB}, \quad \Delta V_{CB} = -g_m \Delta V_{EB} R_C$$

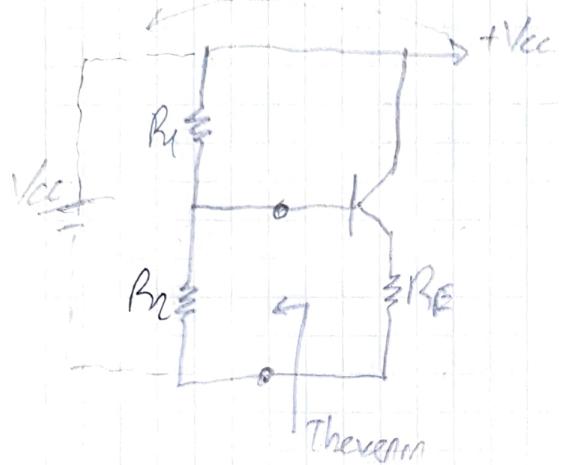
$$\boxed{k_m = \frac{\Delta V_{CB}}{\Delta V_{EB}} = -g_m R_C}$$

(3) Binärer Gleich-Korrektionsverstärker



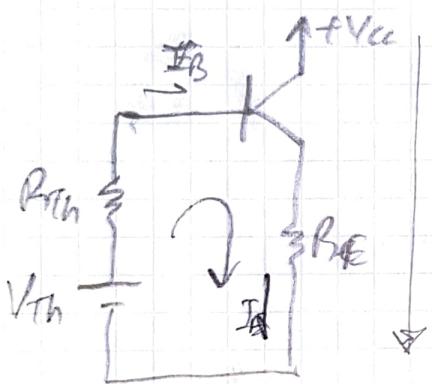
* DC Model

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \infty$$



$$A_{th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{V_{cc}}{V_{th}}$$

$$R_{th} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$



$$V_{Th} = R_{Th} I_B + V_{BE} + \beta_F I_E$$

$$I_B = \frac{V_{Th} - V_{BE}}{R_{Th} + (1 + \beta_F) R_E}$$

$$\boxed{I_C = \beta_F I_B}$$

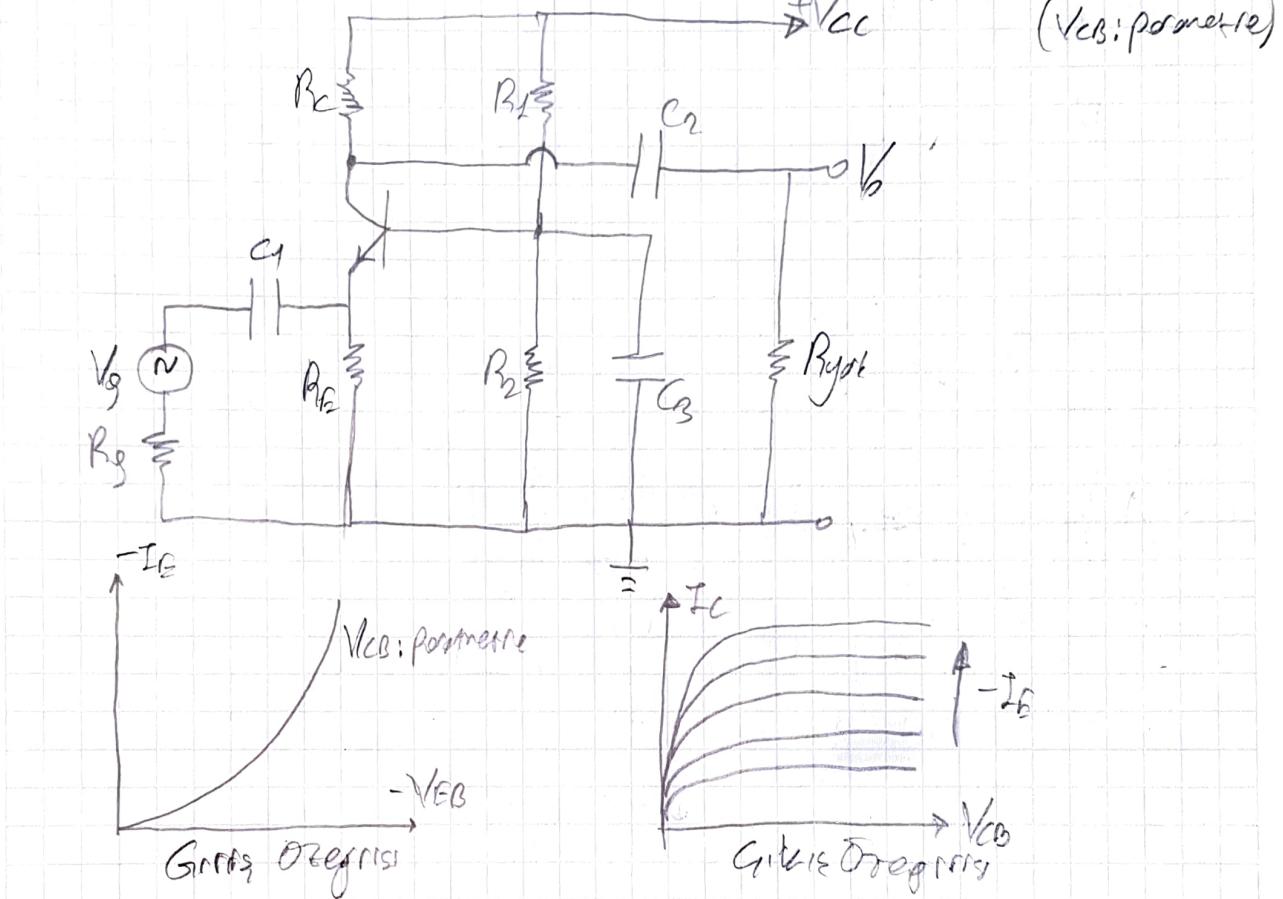
$$* V_{ce} = V_{ce} + \beta_F I_E \Rightarrow \boxed{V_{ce} = V_{ce} - R_E I_E}$$

$$V_{BE} \\ V_{CE} + V_{EB} + V_{BC} = 0$$

$$I_C \approx I_s e^{V_{BE}/V_T}$$

~~Ortak Basis Kuyrukterimizde Transistorun Degrıfları Kortet~~ ~~Eskiye Dönüş~~

- ① Giriş Degrıfları : $I_S - V_{EB}$ (V_{CB} : parametre)
- ② Çıkış Degrıfları : $I_C - V_{CB}$ ($-I_S$: parametre)
- ③ Genel Degrıfları : $(I_C - V_{EB})$ veya $(I_E - V_{CB})$ veya $(I_E - I_C)$



- ① Giriş ve çıkış öz egrileri denklem olarak yazılar.
- ② Galisim naktası çevrindelerdeki kırık degrıfların hesaplanması, ıstıg egrilerin tespit etmenin esinleri hesaplanmalıdır. Bu da öz egrilerin denklemi olur.
- ③ Galisim naktası çevrindelerdeki diferansiyal kırıkların alınması ile mümkün olur.
- ④ Diferansiyal denklemde sonsuz fazla degrımler sonlu kırık degrımları olarak yerleştirilir.
- ⑤ Sonsu kırık degrımlar kırık harflerle belirtilirler.
- ⑥ Diferansiyal denklemdeki kırık tespitler, Tarişis izminin ordevreleci hipotez parametrelere bağlıdır.
- ⑦ Denklemler hipotez parametrelere bağlı tekrar yazılır.

③ Beriklomlern hv holden gennemgående dene drivsætter
 ④ Dagen hv denne træsætform af kurvetlænderne tpt
 ved udgået ved esdøper elvneset

⑤ Tam esdøper denrede dom.

$$a) V_{EB} = f(I_E, V_{CB})$$

$$\text{med } b) I_C = f(I_E, V_{CB})$$

$$c) \frac{\partial V_{EB}}{\partial I_E} = \left. \frac{\partial V_{EB}}{\partial I_E} \right|_Q + \left. \frac{\partial V_{EB}}{\partial V_{CB}} \right|_Q \Delta V_{CB} \quad \begin{cases} \text{(ortok. Bost. Korr.)} \\ \text{Dit dækkender} \end{cases}$$

$$\Delta I_C = \left. \frac{\partial I_C}{\partial I_E} \right|_Q \Delta I_E + \left. \frac{\partial I_C}{\partial V_{CB}} \right|_Q \Delta V_{CB}$$

$$\Delta V_{EB} = \left. \frac{\partial V_{EB}}{\partial I_E} \right|_Q \Delta I_E + \left. \frac{\partial V_{EB}}{\partial V_{CB}} \right|_Q \Delta V_{CB}$$

$$\Delta I_C = \left. \frac{\partial I_C}{\partial I_E} \right|_Q \Delta I_E + \left. \frac{\partial I_C}{\partial V_{CB}} \right|_Q \Delta V_{CB}$$

$$V_{eb} = \left. \frac{\partial V_{EB}}{\partial I_E} \right|_Q I_E + \left. \frac{\partial V_{EB}}{\partial V_{CB}} \right|_Q V_{cb}$$

$$I_C = \left. \frac{\partial I_C}{\partial I_E} \right|_Q I_E + \left. \frac{\partial I_C}{\partial V_{CB}} \right|_Q V_{cb}$$

Hibret parametreler (h-parametre)

$$\left. \frac{\partial V_{EB}}{\partial I_E} \right|_Q = h_{fb} \rightarrow \begin{array}{l} \text{hibret parametr} \\ \text{ortok. bost.} \\ \text{input} \end{array} ; \begin{array}{l} \text{Caktes k, so leverreken genn} \\ \text{differens} \end{array}$$

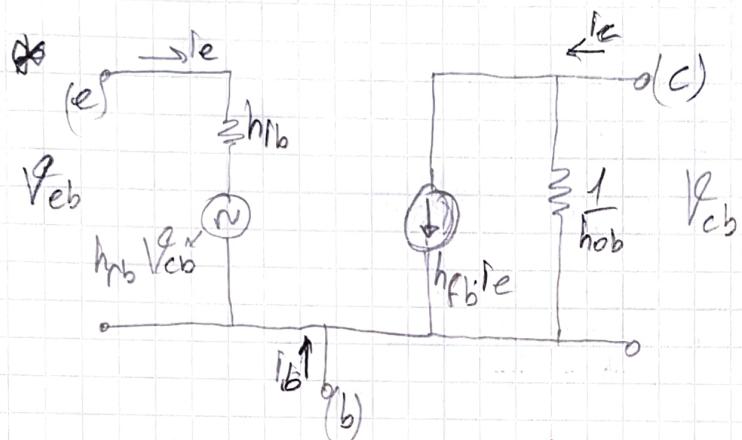
$$\left. \frac{\partial V_{EB}}{\partial V_{CB}} \right|_Q = h_{rb} \rightarrow \begin{array}{l} \text{ortok. bost.} \\ \text{reverse} \end{array} ; \begin{array}{l} \text{Genn. x'lik daenneyler genn} \\ \text{beslene genn} \\ \text{(gen transfer kotsus)} \end{array}$$

$$\frac{\partial I_c}{\partial I_E} \Big|_Q = h_{fb} \xrightarrow[\text{forwarded}]{\text{output}} : \text{Giris bası devreyeken dolum konseran} \\ (\text{Merkansıftır katısefisi})$$

$$\frac{\partial I_c}{\partial V_{CB}} \Big|_Q = h_{ob} \xrightarrow[\text{Output}]{\text{output}} : \text{Giris, çıkış devreyeken çıkış miktarının} \\ \text{değişimiyle çıkış miktarının değişimi}$$

* $V_{EB} = h_{fb} I_E + h_{ob} V_{CB}$

$$I_c = h_{fb} I_E + h_{ob} V_{CB}$$



Fiziksel Parametreler (Ortalık Basılı Devre)

Ortalık basılı bir devredeki devreyeinde transistorın degrisiği işaret esdeger, işaretin simetrik hali olan hibit parametreleri işaretin hibitligi gereğinden fiziksel parametrelerin (ortasına göre) konsantre halde gelen parametreler demektedir. Bu da esdegerdir.

$$h_{ib} = \frac{\partial V_{EB}}{\partial I_E} \Big|_Q \approx \frac{\Delta V_{EB}}{\Delta I_E} \equiv r_e \Rightarrow E-B junctionun degrisiğinin işaret direnci$$

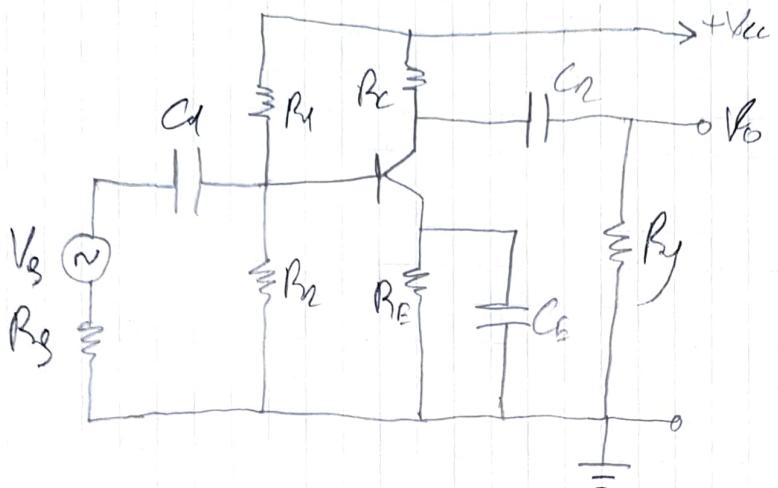
$$r_e = \frac{V_T}{|I_E|} \Rightarrow h_{ib} \approx r_e$$

$$h_{ob} = \frac{\partial V_{EB}}{\partial V_{CB}} \Big|_Q \approx \frac{\Delta V_{EB}}{\Delta V_{CB}} \approx \mu \xrightarrow{\text{katsayı}} \Rightarrow h_{ob} \approx \mu$$

$$h_{fb} = \frac{\partial I_c}{\partial I_E} \Big|_Q \approx \frac{\Delta I_c}{\Delta I_E} = -\alpha_f \Rightarrow h_{fb} \approx -\alpha_f$$

$$h_{ob} \approx \frac{2\mu}{B_F r_e}$$

~~# Ottak Transistor Kurvetheorie Darrende Transistor Degrism Soret Esdeger Devresi~~



Günis DE egresi: $V_{BE} - I_B$ (V_{CE} parametresi)

Günis DE egresi: $V_{CE} - I_C$ (I_B parametresi)

$$V_{BE} \cdot f(I_B, V_{CE}) ; I_C \cdot f(I_B, V_{CE})$$

$$dV_{BE} = \frac{\partial V_{BE}}{\partial I_B} \Big|_Q dI_B + \frac{\partial V_{BE}}{\partial V_{CE}} \Big|_Q dV_{CE}$$

$$dI_C = \frac{\partial I_C}{\partial I_B} \Big|_Q dI_B + \frac{\partial I_C}{\partial V_{CE}} \Big|_Q dV_{CE}$$

$$\Delta V_{BE} = \frac{\partial V_{BE}}{\partial I_B} \Big|_Q \Delta I_B + \frac{\partial V_{BE}}{\partial V_{CE}} \Big|_Q \Delta V_{CE}$$

$$\Delta I_C = \frac{\partial I_C}{\partial I_B} \Big|_Q \Delta I_B + \frac{\partial I_C}{\partial V_{CE}} \Big|_Q \Delta V_{CE}$$

$$V_{BE} = \frac{\partial V_{BE}}{\partial I_B} \Big|_Q I_B + \frac{\partial V_{BE}}{\partial V_{CE}} \Big|_Q V_{CE}$$

$$I_C = \frac{\partial I_C}{\partial I_B} \Big|_Q I_B + \frac{\partial I_C}{\partial V_{CE}} \Big|_Q V_{CE}$$

Hibrit parametresi (α , E , K , D)

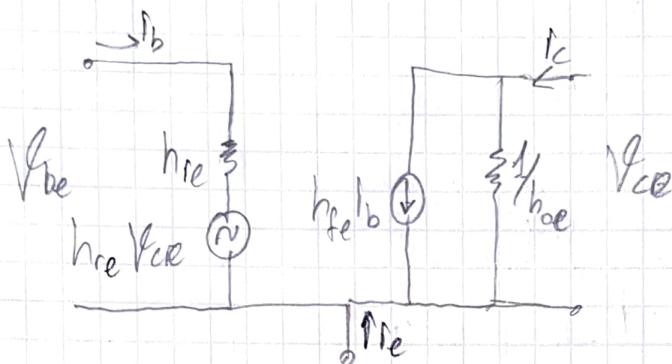
$$\frac{\partial V_{BE}}{\partial I_B} \Big|_Q = h_{FE} \xrightarrow[\text{Input}]{\text{Hibrit}} \text{Degrism} \quad , \quad \frac{\partial V_{BE}}{\partial V_{CE}} \Big|_Q = h_{FE} \xrightarrow[\text{reverse}]{\text{Hibrit}} \text{Degrism}$$

$$\frac{\partial I_C}{\partial I_B} \Big|_Q = h_{fe} \xrightarrow[\text{forward}]{\text{input}} \text{output}$$

$$\frac{\partial I_C}{\partial V_{CE}} \Big|_Q = h_{oe} \xrightarrow[\text{output}]{\text{input}}$$

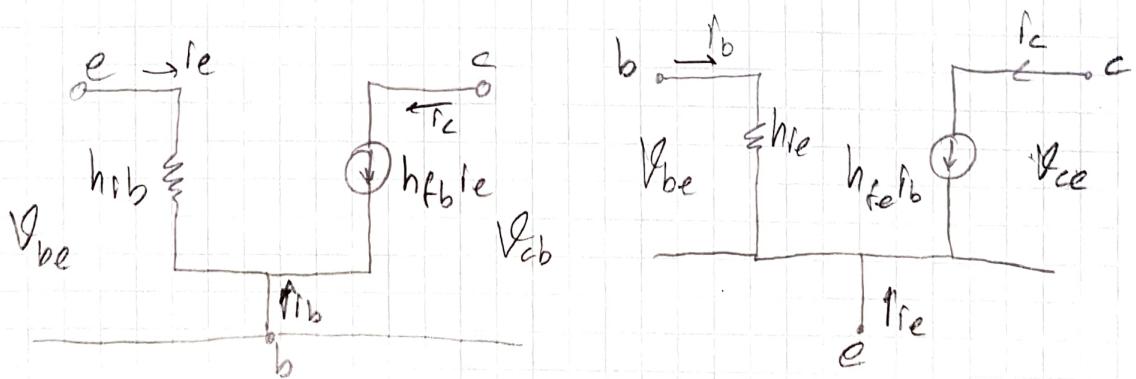
$$V_{be} = h_{ie} I_b + h_{re} V_{ce}$$

$$I_c = h_{fe} I_b + h_{oe} V_{ce}$$



Basisles bronwiss, Esdeger Devre

Hom oorbak basi hem de orde emiteri kureletten
dorrelende bronwisselen degrisen isget esdeger
devrelerindek kullenien pordmerreleem basi hem
esdegeren devredus. Namay zetle baleekes dweyedan
omegin hre ve hrg esdegeren fo'ler mertebesnde-
gen. Doloysigla esdeger devredes gerilm koyraf
kursi devre alins bittin. Diger jandos hoe ve hab
esdegerlen ise 10^{-6} mertebesdegit. Yani $1/h_{oe}$ ve $1/h_{ob}$
mig temsil edilen drenelam esdegeri gote boyoz
oup esdeger devredes buntur brile devre alans
danso bittin. Buntur sonucunda kolen sadolastirmus
esdeger devredene basitles bronwiss esdeger devre
ya da yoldasik esdeger devre denim.

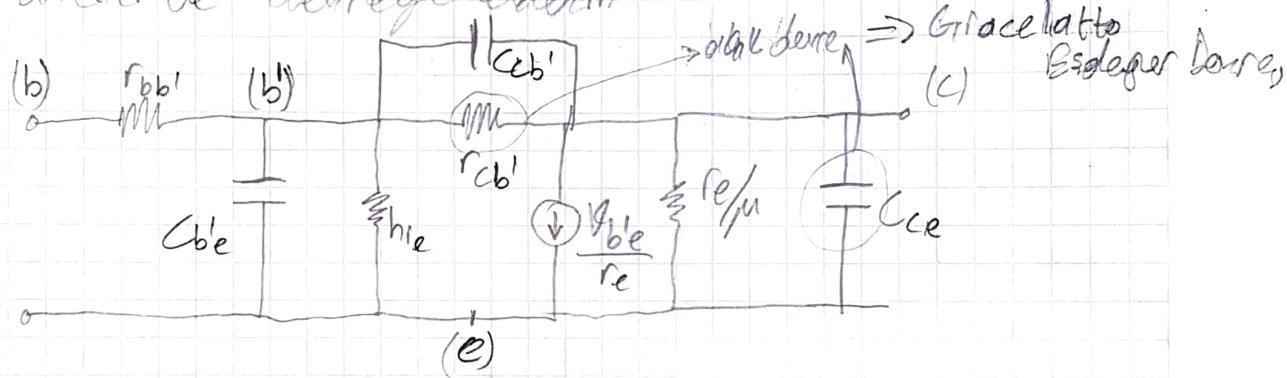


Transistörün Yüksek Frekans Basitçe Annesi

Öz egrileye bağlı olarak, cihazın esdeger hizmetinde elde edilen sinyallerin frekans artışıında aynı esdeger denelese de elde edilen sinyalın dalganlıktan sorumlu olduğu birin sebebi, farklı frekanslarında göz ardı edile bilen difrazyon ve fırçalıyon kapasitesinin yoksuluğu frekanslarında ihmali edilememesidır.

Bu esdegerlerin içindeki kollektör, bu esdegerlerin üzerinde (kondensatör) kapatıcı gibi, bu esdegerlerin arasında difrazyon kapasitesi, kollektör hizmetinde ise fırçalıyon kapasitesi düşüncesini.

Aynı zamanda yoksul frekanslarında fırçalıyon ile bu esdegerin prosesinde katlanım olgusu, yarı direnç ihmali edilemeyecek seviyede yoksula olan bu esdegerin direnci de devreye eklenir.



$R_{bb'}$: Bu esdegerin direnci

C_{be} : Dif. Kapasitesi

$C_{cb'}$: Jant. Kapasitesi

C_{ee} : Elektrotakligrası, Kapasite
değeri çok büyük

$C_{cb'}$: C-B arası, tıkamaya esnek
değerlerin sonucu dirence
(Değeri çok büyük)

İşin düzeltme

Schottky düzeltme

Kapasite düzeltme → yapısında kullanılabilir: silikon düzeltme

|| silikon düzeltme

yapısını deneme

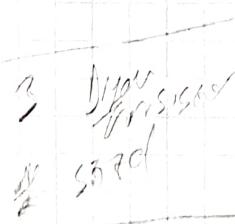
neden kullanmamız?

hızlı kontak ve etkili

seçimi

sadece bu düzeltme de bir tane silikon düzeltme

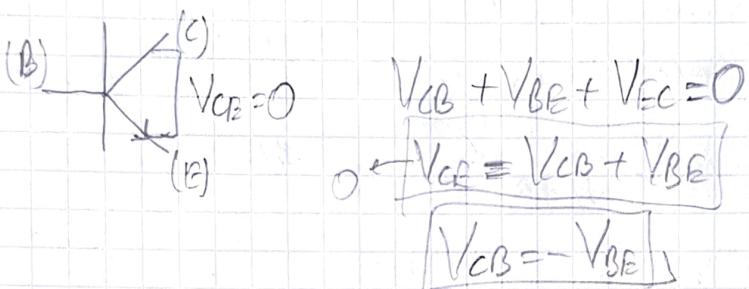
değil



Kaynaklı Orijinal Transistor

~~OBNEK~~ $\alpha_F = 0,98$, $\alpha_R = 0,5$ ve $I_{CBSS} = 1 \mu A$ için transistörün
bası empedansı $0,6 \text{ V}$ olacak şekilde kütüphanesinden
istenilen $V_T = 25 \text{ mV}$ olduğu göre;

- Transistörün C_VE değeri k_{BS} denge edilirse
transistörün C_VB bası empedansı α_R kütüphanesinden α_R kütüphanesinden
olarak $\alpha_R = 0,5$ olurken $\alpha_R = 0,5$ olur.
- Transistörün C_VE de濂anını hesaplayınız.
($T = 300^\circ\text{K}$ sabit sıcaklıkta)



$$* I_E = -I_{EBSS} \left(e^{-V_{EB}/N_T - 1} \right) + \alpha_R I_{CBSS} \left(e^{-V_{CB}/N_T - 1} \right)$$

$$I_E = -I_{EBSS} \left(e^{-V_{EB}/N_T - 1} \right) + \alpha_R I_{CBSS} \left(e^{V_{BE}/N_T - 1} \right)$$

$$\boxed{I_E = (I_{EBSS} + \alpha_R I_{CBSS}) \left(e^{V_{BE}/N_T - 1} \right)}$$

$$* I_C = -I_{CBSS} \left(e^{-V_{CB}/N_T - 1} \right) + \alpha_F I_{EBSS} \left(e^{-V_{EB}/N_T - 1} \right)$$

$$\boxed{I_C = (-I_{CBSS} + \alpha_F I_{EBSS}) \left(e^{V_{BE}/N_T - 1} \right)}$$

$$\frac{I_C}{I_E} = \frac{(-I_{CBSS} + \alpha_F I_{EBSS}) \left(e^{V_{BE}/N_T - 1} \right)}{(-I_{EBSS} + \alpha_R I_{CBSS}) \left(e^{V_{BE}/N_T - 1} \right)}$$

$$\boxed{\alpha_F I_{EBSS} = \alpha_R I_{CBSS} = I_S}$$

$$* \frac{I_C}{I_E} = \frac{-I_{CBSS} + \alpha_F \frac{\alpha_R I_{CBSS}}{\alpha_F}}{-\frac{\alpha_R}{\alpha_F} I_{CBSS} + \alpha_R I_{CBSS}}$$

$$\frac{I_C}{I_E} = \frac{-1 + \alpha_R}{\alpha_R - \frac{\alpha_R}{\alpha_F}} = \frac{\alpha_F(\alpha_F - 1)}{\alpha_R(\alpha_F - 1)}$$

$$\frac{I_C}{I_E} = \frac{0,98(0,5 - 1)}{0,5(0,98 - 1)} = 49$$

$$I_E = \left(\frac{0.5 \times 10^{-12}}{0.38} + 0.5 \times 10^{-12} \right) \left(e^{0.6/0.026} - 1 \right)$$

$$I_E = -26 \mu A$$

$$I_C = -13 mA$$

DRNBL Bütün açık devre olun bir transistor
yapısında çok çok böyle koşullarla V_{BE} gerilimini hesapları
ve I_C Hesabını elde etmeli?

Bütün açık devre

$$V_{CE} \gg V_T$$

$$I_B = 0 \Rightarrow I_B + I_C + I_E = 0 \Rightarrow I_B = -I_C - I_E = 0$$

$$I_C = -I_{C0S} \left(e^{-V_{CB}/V_T} - 1 \right) + \alpha_F I_{E0S} \left(e^{-V_{EB}/V_T} - 1 \right)$$

$$I_E = -I_{E0S} \left(e^{-V_{EB}/V_T} - 1 \right) + \alpha_R I_{C0S} \left(e^{-V_{CB}/V_T} - 1 \right)$$

$$-I_C - I_E = I_{E0S} (1 - \alpha_F) \left(e^{-V_{EB}/V_T} - 1 \right) + I_{C0S} (1 - \alpha_R) \left(e^{-V_{CB}/V_T} - 1 \right) = 0$$

$$\frac{I_{E0S} (1 - \alpha_F) \left(e^{-V_{EB}/V_T} - 1 \right)}{I_{C0S} (1 - \alpha_R) \left(e^{-V_{CB}/V_T} - 1 \right)} = -1 ;$$

$$\frac{I_{E0S} (1 - \alpha_F) \left(e^{-V_{EB}/V_T} - 1 \right)}{I_{C0S} (1 - \alpha_R) \left(e^{(V_{AC} + V_{BE})/V_T} - 1 \right)} = -1$$

$$\frac{I_{E0S} (1 - \alpha_F) \left(e^{-V_{EB}/V_T} - 1 \right)}{I_{C0S} (1 - \alpha_R) \left(e^{V_{AC}/V_T} e^{V_{BE}/V_T} - 1 \right)} = -1 ;$$

$$\frac{I_{E0S} (1 - \alpha_F) \left(e^{-V_{EB}/V_T} - 1 \right)}{I_{C0S} (1 - \alpha_R) (-1)} = -1$$

$$\Rightarrow I_{E0S} (1 - \alpha_F) \left(e^{-V_{EB}/V_T} - 1 \right) = I_{C0S} (1 - \alpha_R)$$

$$\Rightarrow e^{V_{BE}/V_T} = \frac{I_{C0S} (1 - \alpha_R)}{I_{E0S} (1 - \alpha_F)} + 1$$

$$V_{BE} = V_T \ln \left[\frac{I_{C0S} (1 - \alpha_R)}{I_{E0S} (1 - \alpha_F)} + 1 \right]$$

! $\alpha_F I_{E0S} = \alpha_R I_{C0S}$ $\frac{\partial R}{\partial F} I_{E0S}$

$$V_{BE} = V_T \ln \left[\frac{\alpha_F (1 - \alpha_R)}{\alpha_R (1 - \alpha_F)} + 1 \right]$$

$$\begin{cases} V_{BC} + V_{CE} + V_{EB} = 0 \\ V_{BC} = V_{CE} + V_{BE} \end{cases}$$

$$e^{-\frac{V_{CB}}{V_T}} = \frac{1}{e^{V_{CE}/V_T}}$$

$$I_C = -I_{CBO} \left(e^{-V_{CE}/V_T} - e^{V_{BE}/V_T} - 1 \right) + \alpha_F I_{EBS} \left(e^{V_{BE}/V_T} - 1 \right)$$

$$I_C = I_{CBO} + \alpha_F I_{EBS} \left(e^{V_{BE}/V_T} - 1 \right)$$

$$I_C = I_{CBO} + \alpha_F I_{EBS} \left[e^{\ln \left(\frac{\alpha_F (1-\alpha_R)}{\alpha_R (1-\alpha_F)} + 1 \right)} - 1 \right]$$

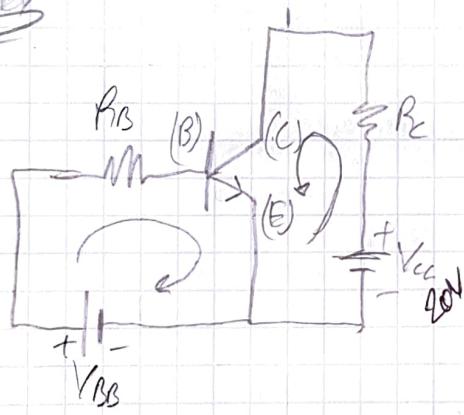
$$I_C = I_{CBO} + \alpha_F I_{EBS} \left[\frac{\alpha_F (1-\alpha_R)}{\alpha_R (1-\alpha_F)} + 1 - 1 \right]$$

$$I_C = I_{CBO} + \alpha_R I_{CBO} \left[\frac{\alpha_F (1-\alpha_R)}{\alpha_R (1-\alpha_F)} \right]$$

$$I_C = I_{CBO} \left[1 + \alpha_R \frac{\alpha_F (1-\alpha_R)}{\alpha_R (1-\alpha_F)} \right]$$

$$\boxed{I_C = I_{CBO} \frac{1 - \alpha_R \alpha_F}{1 - \alpha_F}}$$

ÖRNEK



Transistorın $V_{CE} = 5V$ ve $I_C = 3mA$ olacak şekilde işçilik məsəsi istenir. Transistor hər yonda çalıştığında β dərin həafincı 250, təz yonda çalıştığında ise 2 olacaqdır. $I_{CBO} = 0,1\text{ pA}$ ve isil gerilim 26mV olsun. $T = 300^\circ\text{K}$ de

- R_C direncinin deyari?
- Bələtilən çalışmaqda V_{BEQ} ?
- $V_{BB} = 1V$ iken $R_{bb} = ?$
- R_{bb} hm bu deyər rəm transistör olsunsa səhifə istenir. Bu qolşın regimində $V_{CE} = 100mV$ olsunsa da V_{BB} nın olması gələcək minimum deyari?

(a) $V_C = R_C I_C + V_{CE}$

$$20 = R_C 3,10^{-3} + 5 \quad \boxed{R_C = 5k\Omega}$$

(b) $\alpha_F = \frac{\beta_F}{1 + \beta_F} = \frac{250}{251} = 0,99$

$$\alpha_R = \frac{\beta_R}{1 + \beta_R} = \frac{2}{3} = 0,67$$

$$I_{CBO} = (1 - \alpha_F \alpha_R) I_{CBO}$$

$$\Rightarrow I_{CBO} = \frac{0,1 \cdot 10^{-12}}{1 - 0,25 \cdot 0,67}$$

$$\Rightarrow I_{CBO} = 0,28\text{ pA}$$

$$I_S = \alpha_B I_{COS} = 967 \cdot 0,29 \cdot 10^{-12} \Rightarrow I_S = 0,13 \mu A$$

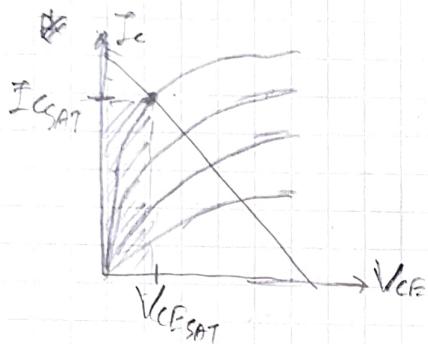
$$I_C = I_S (e^{V_{BE}/(kT - 1)}) \text{ (Korrektur bei myosonde)}$$

$$\Rightarrow V_{BE} = V_T \ln \left[\frac{I_C}{I_S} + 1 \right]$$

$$\Rightarrow V_{BE} = 0,026 \ln \left[\frac{3 \cdot 10^{-3}}{0,13 \cdot 10^{-12}} + 1 \right] \Rightarrow V_{BE} = 0,61 V$$

$$V_{BS} = R_B I_B + V_{BE}$$

$$1 V = R_B \frac{3 \cdot 10^{-3}}{250} + 0,61 \quad | R_B = 32,5 K$$



$$I_{CSAT} = \frac{V_{cc} - V_{CESAT}}{R_C} = \frac{20 - 0,1}{5 \cdot 10^3} = 3,98 mA$$

$$I_C = I_S e^{V_{BE}/kT}$$

$$3,98 \cdot 10^{-3} = 0,13 \cdot 10^{-12} e^{V_{BE}/0,026}$$

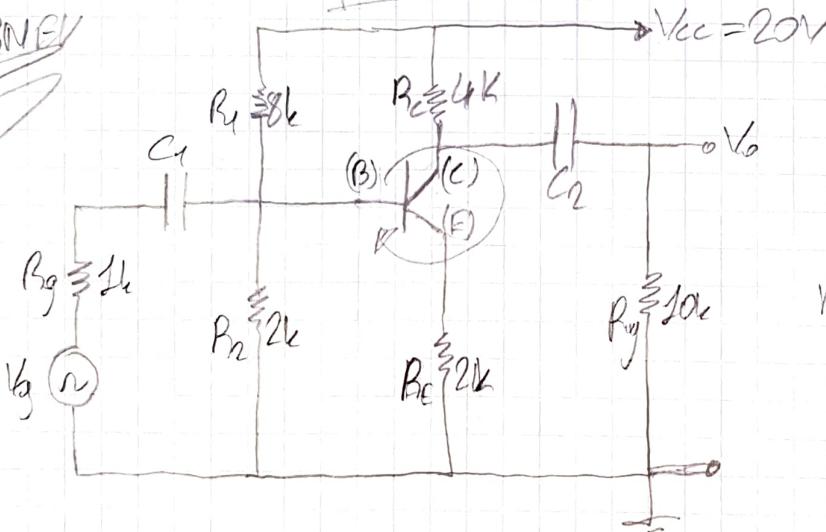
$$V_{BE} = 0,617$$

$$V_{BB} = R_B I_B + V_{BE}$$

$$V_{BB} = 32,5 \cdot 10^3 \frac{3,98 \cdot 10^{-3}}{250} + 0,617$$

$$V_{BB} = 4,13 V$$

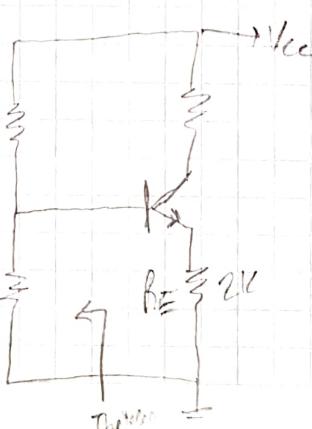
~~DRNEV~~



DC Analysis

$$K_C = \frac{V_{CC}}{2 \pi f C} = \infty$$

Kondensatörer null
berne



Gesuchte Werte korrektes
durchgehende Wellenform
transistor liegt hier
zurdeß dem Korrektur
ve VBE genormt 0,6 V die
Basispolarisierung ist
gleichmäßig, ve Festschaltung
entfernt

Ic, IE, IC = ?
Vce, Vbc = ?

(S1 leuchtet!
Base polarisiert
Kollektorleiter
berne)

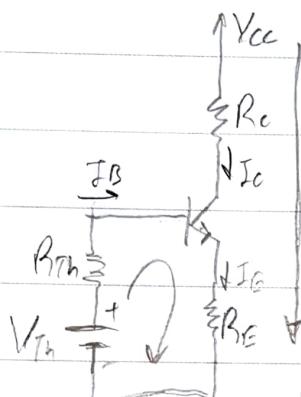
DC analiz

$$I_C = I_S (e^{\frac{V_{BE}}{V_T} - 1})$$

GIPTA

$$V_{th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{cc} \Rightarrow V_{th} = \frac{2k}{10k} \cdot 20V \Rightarrow V_{th} = 4V$$

$$R_{th} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad R_{Th} = \frac{8k \cdot 2k}{10k} \quad R_{th} = 16k$$



$$\star V_{Th} = R_{Th} \cdot I_B + V_{BE} + R_E I_E$$

$$V_{th} = R_{Th} \cdot I_B + V_{BE} + R_E (1 + \beta_F) I_B$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{V_{th} - V_{BE}}{R_{Th} + (1 + \beta_F) R_E} = \frac{4 - 0,6}{1,6k + 10k,2k}$$

$$\boxed{I_B = 16,7 \mu A}$$

$$\boxed{I_C = \beta_F I_B = 1,67 mA}$$

$$\star V_{cc} = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E$$

$$20V = 16k \cdot 1,67mA + V_{CE} + 2k \cdot 1,67mA$$

$$\boxed{V_{CE} = 9,35V}$$

$$\star V_{BE} + V_{CE} + V_{EB} = 0$$

$$V_{CE} + V_{EB} = V_{CB}$$

$$9,35 + (-0,6) = V_{CB}$$

$$\boxed{V_{CB} = 8,75V}$$

$$h_{ie} = \beta_F \cdot r_e$$

$\hookrightarrow \frac{V_t}{I_C}$

bu durumlarda

AC ve DC analizi

β değerleri farklıdır

I_C, V_{CE}, I_S α I_{EB} , I_{OC}

$$I_c = I_s (e^{(V_{BE}-V_t)/V_T} - 1)$$

DANIEL Herr yinde, β olun kesi 200 olen bir npn tipi
transistoride C-B jantşyonu bükmeye günde kışkırtma
iken olun ekranı yine daima okunu (Jcbo) 2mA, B-E jant
bükme yine kışkırtma iken ekranın yine daima dem 150
1,6mA dir. Transistorde C-B arası gerilim degerinin
mukabil degeri 151 gerilim yonda çok çok büyük
kazit edilirse, 200°K sbb sicaklığı emiter demi
 -10 mA iken B-E jant gerilimi = ? ($V_T = 25\text{ mV}$)

$$0,526\text{ mV}$$

ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖRLER (FET) (Field Effect Transistor)

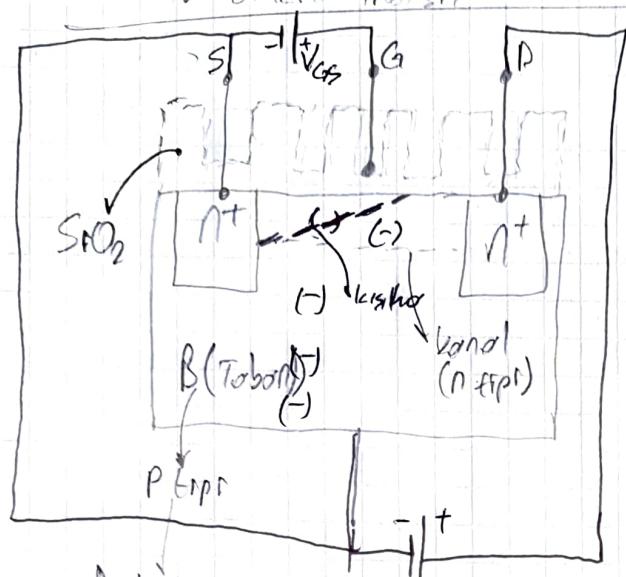
merdi obsig Yon Netcole
Alan etkili transistör
(MOSFET)

Jantşyonlu Alan Etkili transistör
(JFET)

- Geçir (BJT 'deki base)
- Sıvık (BJT 'deki kollektör)
- İkinci (BJT 'deki emiter)

Alan etkili transistörler elektriksel olarak, elektrikle okunu
kontrol eden geçir, sıvık ve ikinci olmak üzere 3 tür
sahip olan JFET ve MOSFET olmak üzere 2 resitle sınıflaşır
yani Netcole notemelerdir. BJT ye göre de BJT'lar çok büyük
gerilim katmanı degerlerine uylarlaşımasından Aynca kozanlı deger
BJT ye göre daha düşük frekanslarda çalışmaya başlar.
BJT ye göre öndeğeri ise 400mas, sıvık, ikinci ikinci genelde
genelde 1000000 katında katdırın sahip olduğu doğrudan
stos, yıldızın olur. Netcole prensibine dayanırsı 10. Hesabı
bu degerin sicaklığa bağımlılığını anılır. Ayrıca fabrikasyon
nunda 4000 direnç çok yüksek üretildiği için BJT'ye göre
daha düşük deklarasyonları olabilirler ve devrede harcanan
jener bu sayede çok düşük degerlerde kullanılabilirler.

Metal Oksit Yarı Metaller - Elektron transferi MOSFET



S → Kaynak (source)
G → Çevirici (gate)
D → Dren (drain)

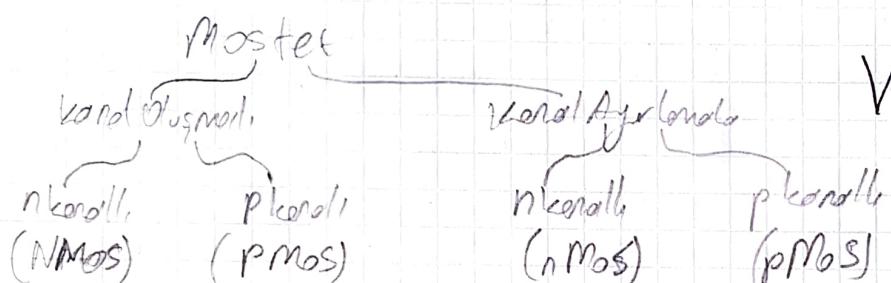
Tipli bir kanal MOSFET
N kanallı Mosfet yapısı

$V_{Th} \rightarrow$ esik gerilim
 $V_{GS} > V_{Th}$

$V_{GS} < V_{Th} \rightarrow$ Kesimde

$V_{GS} \geq V_{Th} \rightarrow$ İmece (İşlem)
(Deyan)

$V_T \rightarrow$ Threshold Voltage

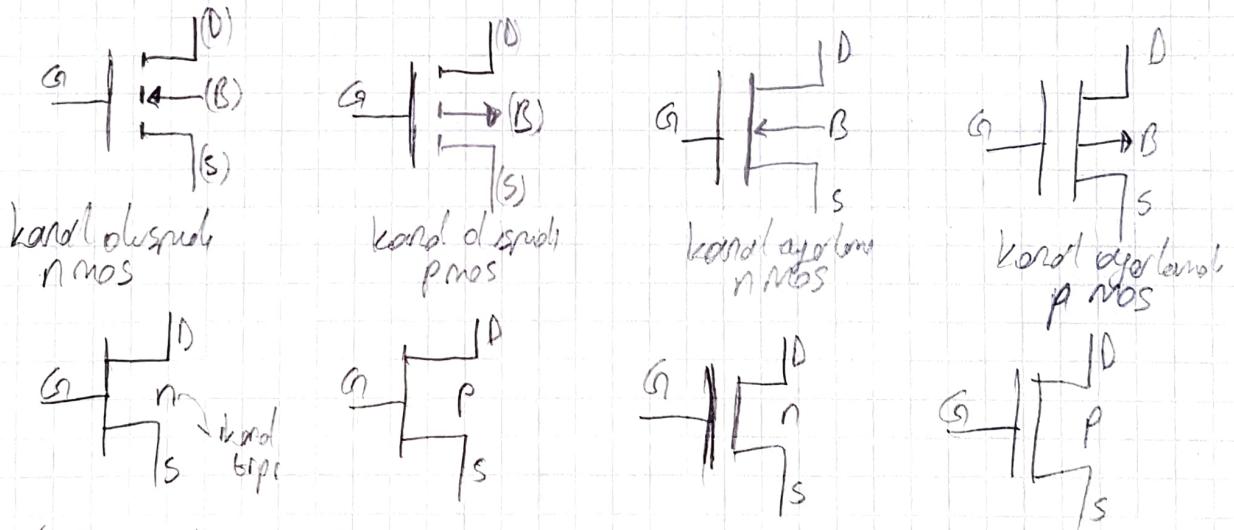
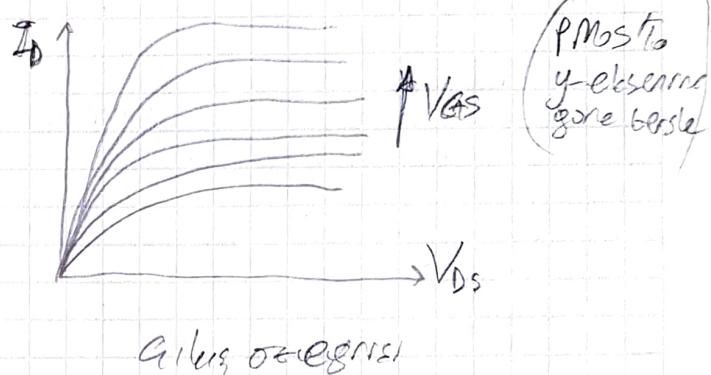


Kanal olusmali bir NMOS'un çalismasi, igin esik ile taban
arasinda taban ozellik basincinin esit oldugunda topbasinde
sehribi, gerilm uygulandıktan sonra olusturulur. Bu esik esine taban p
tipi oldugunda gerilip, n tipi oldugunda ise geril
negatif potansiyerde olusturulur. Taban geril esasinda gerilm
uygulandıktan sonra salak ve koyuak ortasında olur, otelemsiz
her n tipi bolge bulunur. Bu durumda salak koyuak
arası gerilm (V_{DS}) pozitif ve negatif degerler oldugunda
oldukca tiksma yonunde kuyuların bir junksiyon mevcuttur.
P tabanlı bir MOS esas tabaninda ozellik basincının den
serbest e⁻ lar geril esit oldugunda topbasır. Topbasın serbest
e⁻ lar belirli bir V_{GS} degerinde geril esit oldugunda deklik
yaparligunu asarak geril pilti bolgeinin P tipinden n
tipine donusman saglarlar. Bu donusman oldugu
 V_{GS} degerine ise V_{Th} esik gerilim denir. Diger yandan bu
durumda V_{DS} degeri artırmisse geril taban arası gerilm
degerini oldugundan oran orani geril gerilim ile kontrol
edilen $V_{GS} > V_{Th}$ oldugunda oran da V_{DS} gerilim ile
dikildir. Diger yandan bu durumda V_{GS} artırmisse bu oran
 V_{DS} degerini oran da gerilme oranını oldugundan oran

$$V_{DG} = V_{DS} - V_{GS}$$

p_{MOS} $\frac{I}{V_{DS}}$ $\frac{I}{V_{GS}}$

Ancak Sovak kaynali orası gerilm (V_{DS}) boyunca değerlerde düşürgünde kanalın sevgili doğrumeşe başlar. Sonra ve son yeterlikte düşürgünde kanal geneliginin dorulmasından dolayı aradan sovak kaynali orası (V_{DS}) ile kanal direncinde boyumeşe başlar ve akımın artışı hızında azalma meydana gelir. Bu durumda V_{DS} dörtlendirilmeye devam edilirse belirtti bir degerinden sonra bu ortasına karşılık akım sabit, kaldırılır. Akının V_{DS} ile çapraz deşifstir. Bu bölgeye doğma bölgesi bu bölgesinde akım olurken $I_D(sat)$ A_{dmax}

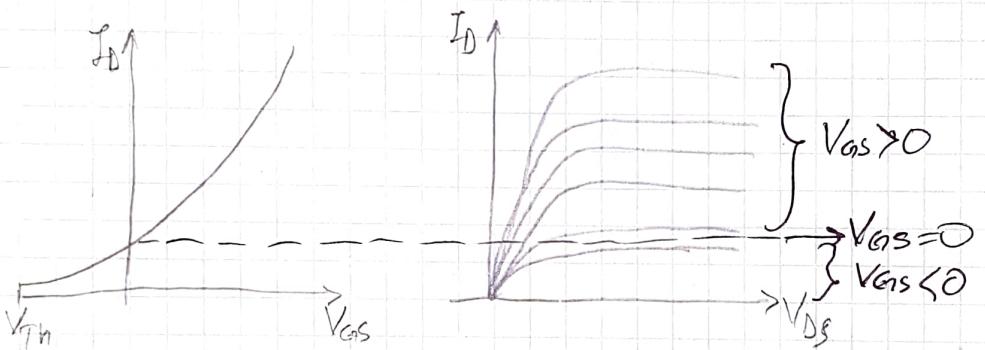


Kanal Ayorsa MOS

Kanal düşmeli MOSFET'ler farklı gerilmde elektronlar doğrultularına yararlanır bir kanalın hali hizarda bir kanalın olması gereki gerilmii yaratabilse bile sovak kaynak orasına gerilmii yaratabilse de bir sovak akımı (I_D) ölçmeğini gösterir. V_{th} eyle gerilmii deprest n-MOS ta negatif p-MOS ta ise pozitif olurdu.

Bei gerüst, kolaynos, mercuttur. Geçerle kapanır (V_{GS}) pozitifiken konda olursular, negatifiken ise kondan açılırlar. Konda açılırlar, bir nMOSFET genelde tabancı direk negatif bir gerilim, jusqu'la bağda, gerüst akınladıktan sonra boyundan boyutları. Bu bağda, storde kondan direk akışın akım olduğu. Gerüst gerilimi eski gerilime göre önce konda açılırlar. Bu durumda akım akımı gerüst gerilimi pozitif olmasa tabancada e-tor elektron gerüst akında toplanır baslar. Topluğu geyikligi artırmak ve konda direk akımı Sabit V_{GS} iken V_{DS} sıfıra itibarın artırmaları

- (a) Düşük V_{DS} doğrultusunda akım genelde linear olarak artar.
- (b) V_{DS} , in boyutu doğrultusunda akımın artışı hızla azalır veya baslar.
- (c) Düşük boyutlarında nesfetlerdeki akım direkt V_{DS} değişiminden etkilenez.



Kondan açılırları p tabancı MOSFET (nMOS)

ODEW BJT ile oluşurken, ses konutlarında devresi sayısallı ve simülatör JFET ve gerkeksi kısıtlar ve kasosuyle dikkatli incelemesi

1- Elektronik incelemesi

2- Gevreye etkisi (zorun toplu + -)

3- Sıradan bilgilendirme (gerçekleştirilebilir) Evet, Ses kalitesi

4- Üretilme bilgisi (ses üretimi) Evet

5- E-tor düşünlüklerini Aşırı ses kalitesi

6- Saplık Dersihali

7- Genellik kriterlerinde deneylerin

~~Mosfet'te Akım - Gerilim Mılgıası~~

$$V_{GS} < V_{Th} \Rightarrow I_D = 0 \quad \text{kesim}$$

$$\begin{array}{l} V_{GS} \geq V_{Th} \\ \xrightarrow{\quad} V_{GS} - V_{Th} > V_{DS} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{lineer çalışma bölgeleri (kisitma olmaz)} \\ \xrightarrow{\quad} V_{GS} - V_{Th} \leq V_{DS} \quad \text{Doyma bölge} \end{array}$$

W: Kanalın genişliği
L: Kanalın boyu

C_{ox} : elektrik teknoloji metal-oksit yalıtkan sebebiyle doğan kapasite

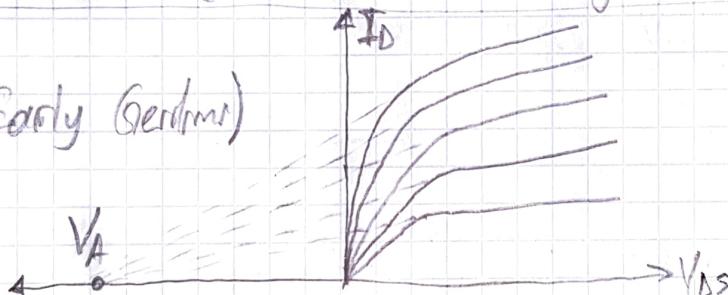
μ_n : serbest e⁻ mobilitesi

$$I_D = \frac{W}{L} C_{ox} \mu_n \left[(V_{GS} - V_{Th}) V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2 \right] \quad \begin{array}{l} (\text{lineer çalışma}) \\ (\text{kısıtlıma olmaz}) \end{array}$$

β (Akım katsayı, degt/1)

$$I_D = \frac{\beta}{2} (V_{GS} - V_{Th})^2 \quad (\text{Doyma bölgeleri})$$

(Early Gerilimi)



Early gerilimi için
Akımın doymaya gitmesi
gerekir bu gerekçe;

$$I_D^* = \frac{\beta}{2} (V_{GS} - V_{Th})^2 \left(1 + \frac{V_{DS}}{V_A} \right) \quad (\text{Doyma bölge içinde})$$

$$\frac{1}{V_A} \rightarrow \lambda$$

$$I_D^* = \frac{\beta}{2} (V_{GS} - V_{Th})^2 \left(1 + \lambda V_{DS} \right)$$

Mosfet'in Kuvvet İzzetesi (AC) Elektrik Dairesi

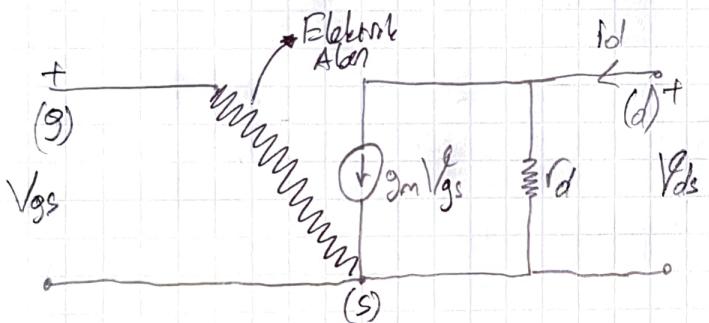
$$I_D = f(V_{GS}, V_{DS})$$

$$I_d = \left. \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} \right|_0 V_{GS} + \left. \frac{\partial I_D}{\partial V_{DS}} \right|_0 V_{DS}$$

$$\left. \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} \right|_0 = g_m : \text{MOS'un əzimisi (geniş hətənligil)}$$

$$\left. \frac{\partial I_D}{\partial V_{DS}} \right|_0 = g_d : \text{MOS'un 1q. Hətənligi} = \frac{1}{r_d} \rightarrow \text{mos'un 1q. dişəsi}$$

* $I_d = g_m V_{GS} + \frac{V_{DS}}{r_d}$



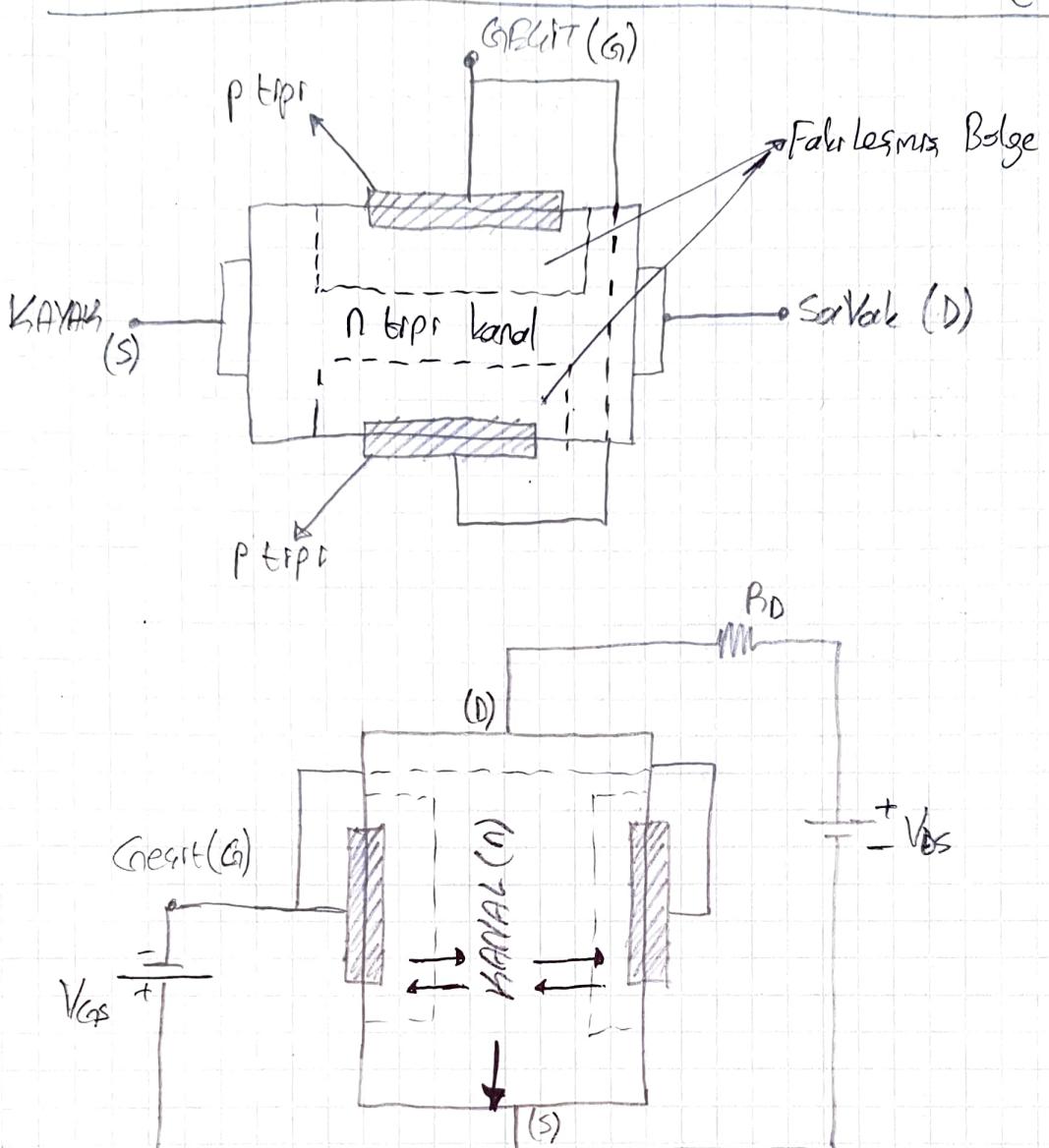
* $g_m = \left. \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} \right|_0 = \beta (V_{GS} - V_{TH})$ I_D: Dayum bölgəsi (ishıqlı)

$$g_d = \left. \frac{\partial I_D}{\partial V_{DS}} \right|_0 = \frac{\beta}{2} (V_{GS} - V_{TH})^2 \lambda = \frac{1}{r_d}$$

Mosfetin 1q. dişəsi early gəsləri ilə dəldə!

$$I_D \lambda = \frac{1}{r_d} \rightarrow I_D \frac{1}{r_A} = \frac{1}{r_d} \rightarrow \boxed{r_d = \frac{r_A}{I_D}}$$

JONKSIYONLU ALAN ETKİLİ TRANZİSTÖR (JFET)



n ve p tipe yani netken bolge icinde farklı tipin 2 yani netken bolgenin oluşturulması esasında doğanır. Ayni tipin netken bolgenin arasındaki kalan farklı tipin bolgeye kanal denir. ve kanalın her iki ucunda bulunan netken bolgeler elektriksel olarak birleştiğinde tek bir ionic disipi oluşturur. Bu elektriksel ionic disipi verir. İonik disipi taşıyanların hizre kete basılıdıgi ve kaynak, son olarak ionic disiplerini ve ionic sovalk ionic adlandırılır. Jfet'ler kapalı tipine göre n ve p kanallı olmak üzere 2'ye ayrılır. n kanallı jfet te geriste p tipi, p kanallı jfette ise geriste n tipe oradır.

#JFET GALİSMASI#

Geriye uygunluk tükama ynsa genitimyle kanalın okun düşen hesidir. kontrol edilmesi prinsipde diper. Geride tükama uygunluğunu genitim uygunlukta etkenler her kanalda farklılaşmış bolge genişlikleri atacık, kanalın okun düşen herdeki kanal direnci artarak ve okun düşen artacaktır.

Mostet \rightarrow sızılıklı birlikte çok defterlerde şebeke.

Sonra kaynak döş, gerilim degrimedir, noldo, sonraki döym, gelen kaynak arası gerilimle pleserleşebilir. İkinci döym, geriliminin birincisi bir defterinde kendi deşimi olan beside sıfır. Karakteristik döymenin sonucu plur. Karakteristik döym deşimi deşimi, ya da tozluca, tozluca sıfır. Bu V_p: Kısıtlıma gelen döym. $V_p \rightarrow$ pinch-off voltage

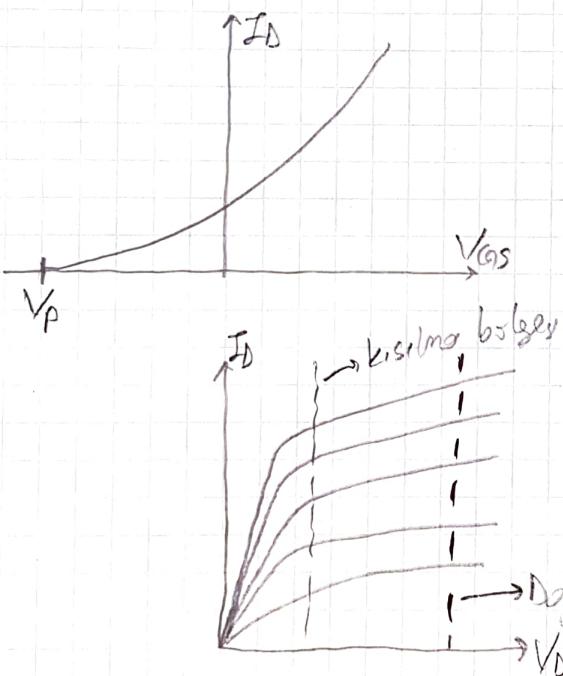
Akım artışı hızının azaldığı bölgeye ise kisılma bölgesi denir.

Sonra kaynak döş, gerilim tozluca sıfır. Karakteristik döym, gelen kaynak arası gerilimle pleserleşebilir. Sonra döymenin deşimi deşimi, ve bir sonrasi sonrasi deşimi, döymenin (5 nm) V_{DS} ile çok az deşimi, bu bölgeye döyma bölgesi, bu bölgede döyma döyma ise I_{DSS}.

Shockley's
Equation

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{DS}}{V_p}\right)^2$$

V_p: Karakteristik döymenin gerilimi



V_{DS}=0 için karakteristik döymenin tozluca sıfır bir döyma vardır.

$$\beta = \frac{I_{DSS}}{V_p^2}$$

JFET V_{GS}'e göre (A) Eşdeğer Dairesi

$$I_D = f(V_{GS}, V_{DS})$$

$$I_D = \left[\frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} \Big| V_{DS} + \frac{\partial I_D}{\partial V_{DS}} \Big| V_{GS} \right] f_{DS}$$

$$\left. \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} \right|_D = g_m : \text{JFET in egerim}$$

$$\left. \frac{\partial I_D}{\partial V_{DS}} \right|_D = g_d : \text{JFET'in DS ikerbantligi} = \frac{1}{R_D}$$

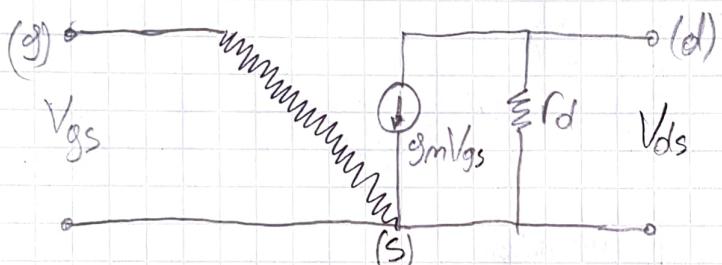
$$* I_D = g_m V_{GS} + \frac{V_{DS}}{R_D} \quad I_D = 0 \Rightarrow g_m R_D = -\frac{V_{DS}}{V_{GS}}$$

$$g_m R_D = \mu$$

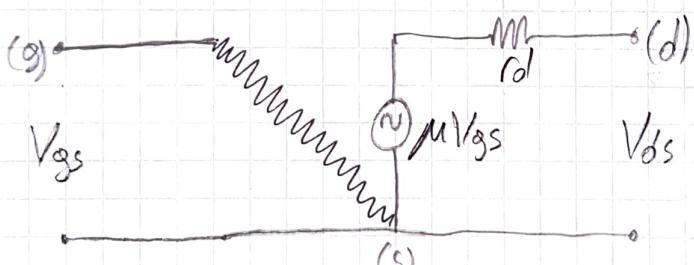
mashet ian. de gegerli

gerilm kuvvetlen
dime kat sayisi

$$\left. \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} \right|_D = g_m = -2 \frac{I_{DSS}}{V_P} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right) \rightarrow I_D \text{ denklemi} \\ V_{GS} \text{ ye gore ticer}$$

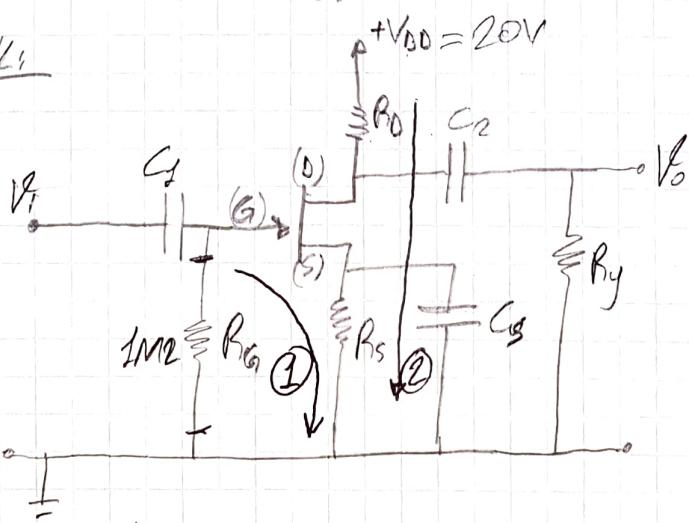


Akim esdeger Devresi



Gerilm esdeger Devresi

ÖRNEK:



$$I_{DSS} = 15mA$$

$$V_P = -3V$$

$$V_{GS} = -2V$$

$$V_{DS} = 10V$$

$$R_y = 10k\Omega$$

$$R_s, R_d = ?$$

(Ig normal satılıkda 10mA amperler seviyesinde)
olgu ian. ihm colles

Devrede kilitlenen JFET'te nextler olarak $I_{DSS} = 15mA$, $V_p = -3V$ olordu verilmesiyle devrede gerilim kaynak orası gerilim (V_{GS}) $-2V$ ve $V_{DS} = 10V$ olması durumunda yek drenajının $10k\Omega$ olması, drenajın soğuk ve kiyatık ve lahdaki drenajların elektrolarını hesaplayınız?



$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p} \right)^2$$

$$I_D = 15 \cdot 10^{-3} \left(1 - \frac{-2}{-3} \right)^2$$

$$I_D = 1,66mA$$

$$V_{GS} + R_s I_D \approx 0$$

$$V_{GS} \approx -R_s I_D$$

$$-2 \approx -R_s 1,66 \cdot 10^{-3}$$

$$\Rightarrow R_s \approx 1,2k$$

$$V_{DD} = (R_D + R_s) I_D + V_{DS}$$

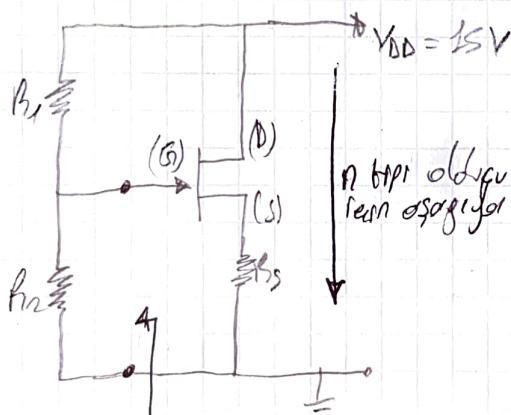
$$20 = (R_D + 1,2 \cdot 10^3) 1,66 \cdot 10^{-3} + 10$$

$$\Rightarrow R_D = 4k8$$

ÖRNEK: Gerek bozucularla kiyapma seviyesi

$$P_{DC} = 56mW$$

$$I_D = 6mA$$



$$\textcircled{1} \quad P_{DC} = I_D \cdot V_{DS}$$

$$56mW = 6mA \cdot V_{DS}$$

$$V_{DS} = 9V$$

$$V_{DD} = V_{DS} + R_s I_D$$

$$9 = 9 + R_s \cdot 6 \cdot 10^{-3}$$

$$\boxed{R_s = 1k}$$

Selüldelerde devrede kullanılır.
JFET özerindeki R_s ve R_D çok büyük
olmakla birlikte devrede I_D $\approx 6mA$ dir. Devredede $R_1 + R_2 = 1M\Omega$ olduğunu göre.

- a) JFET'in kiyapla kiyapla R_s ?
- b) Mevcut devrede JFET'in neye eşle osrak $2,5V$ olan bir MDSFET kullanırsak aynı drenaj I_D için $R_1, R_2 = ?$ ($\beta = 3,10^{-3} A/V$)

$$\textcircled{2} \quad I_D = \frac{\beta}{2} (V_{GS} - V_{Th})^2$$

$$6 \cdot 10^{-3} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 2,5)^2$$

$$\boxed{V_{GS} = 6,5V}$$

$$(V_{GS} = V_G - V_S \rightarrow V_G = V_{GS} + V_S)$$

$$\Rightarrow V_G = 6,5 + 6 = 10,5V$$

$$\star \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD} = V_G$$

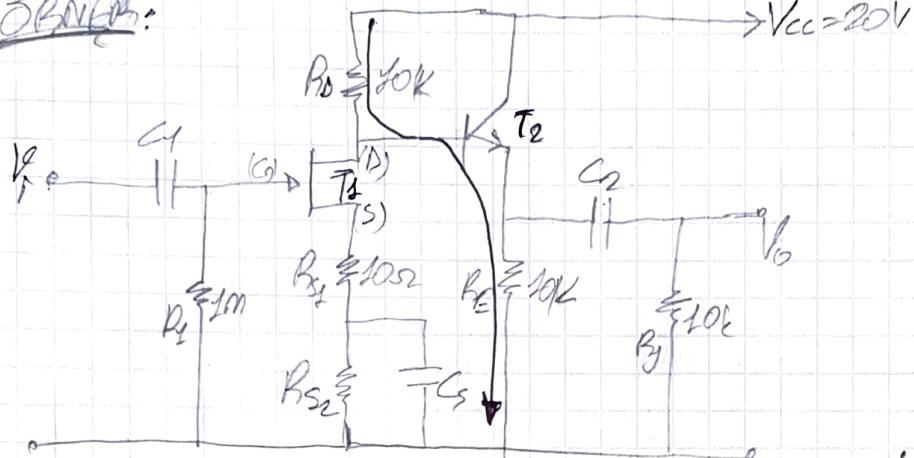
$$\frac{R_2}{10^6} \cdot I_S = 10,5$$

$$R_2 = \frac{10,5 \cdot 10^6}{I_S} = 0,7 M\Omega$$

$$R_1 = 0,3 M\Omega$$

V_{GS} 100 mV, V_D 50 mV
Bütün devrede I_S 100 nA

DEVRE:



$$I_{DSS} = 6 \text{ mA}$$

$$\beta_F = h_{FE} = 200$$

$$V_p = -4 \text{ V}$$

$$V_{BG} = 0.6 \text{ V}$$

$$V_{GS} = -3 \text{ V}$$

$$V_T = 25 \text{ mV}$$

$$V_{DS} = ?$$

$$I_{C2} = ?$$

$$R_{S2} = ?$$

Selvi devrelerde
kullanılan JFET'in
dayanıklığı 6 mA
 V_D 151 mV gerilimi
 $V_p = -4 \text{ V}$. Bu JFET'in
 -3 V lik gerilik boyutu
asıri kritik potansiyeli 130
mV. Devrede kullanılan
BJT'ye orta parametreler
Bütün hizaları 200

$$\cdot V_{BE} = 0.6 \text{ V}$$

$$\cdot V_T = 25 \text{ mV}$$

Buna göre JFET'in
kritik potansiyeli 130 mV

V_{DS} ve R_{S2} nasıl
ve R_{S2} hesaplı?

$$\bullet I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p} \right)^2$$

$$I_D = 6 \cdot 10^{-3} \left(1 - \frac{-3}{-4} \right)^2$$

$$I_D = 0.375 \text{ mA}$$

$$\bullet V_{GS} \approx -R_{S1} I_D$$

$$-3 \approx -R_{S1} 0.375 \cdot 10^{-3}$$

$$R_{S1} = 8000 \Omega = 8k\Omega$$

$$\Rightarrow R_{S1} + R_{S2} = 8000 \Omega$$

$$\Rightarrow R_{S2} = 7930 \Omega$$

$$\bullet V_{cc} = R_D (I_D + I_{B2}) + V_{BE} + R_E (1 + \beta_F) I_B$$

$$20 = 10k (0.375 \text{ mA} + I_{B2}) + 0.6 + 10k (201) I_{B2}$$

$$\Rightarrow I_{B2} = 7.75 \mu\text{A}$$

$$\Rightarrow I_{C2} = \beta_F I_B$$

$$I_{C2} = 200 \cdot 7.75 \cdot 10^{-6} = 1.55 \text{ mA}$$

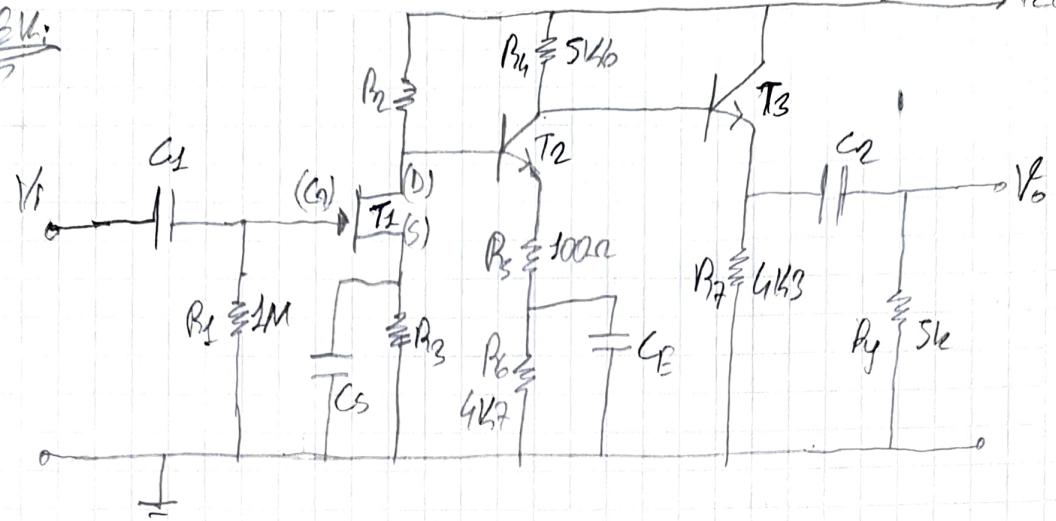
$$\bullet V_{DS} = R_D (I_D + I_{B2}) + V_{DS} + R_{S1} I_D$$

$$20 = 10k (0.375 \text{ mA} + 7.75 \mu\text{A}) + V_{DS} +$$

$$8k \cdot 0.375 \text{ mA}$$

$$V_{DS} = 13.1725 \text{ V}$$

KORNBLI:



Sekildeki kasnak boyalı komponentlerde kullanılan BJT'ler
es transistörler olup β değerleri 1000, $V_{BE} = 0.6V$,
 $V_T = 25mV$, diğer yandan T_2 JFET'i için $IDSS = 8mA$,
 $V_p = -4V$ dir.

Soru → JFET'in kıştırmalı durumunda $V_{DS} = 8V$ ve $I_D = 2mA$ olmalıdır. Bu kıştırmalı şartının sağlanması için
 R_2 ve R_3 değerleri degerlendirilir; I_{C2} ve I_{C3} değerleri
hesaplayınız.

Cevaplar → $R_3 = 1k$, $R_2 = 10k$, $I_{C2} = 1.93mA$, $I_{C3} = 4.22mA$

YARI İLETKENLERDE DUYARLILIK ANALİZLERİ

Parametre: $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$

Sonuç boyutları: y

$$y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \rightarrow \text{Duyarlılık}$$

a) Mutlak Duyarlılık

$\frac{\Delta y}{y} \rightarrow$ Sonuç boyutlarında mutlak değişim

$\frac{\Delta X_i}{X_i} \rightarrow$ Parametrenin mutlak değişim.

b) Yarı normalize Duyarlılık

sonuç boyutları toleransı: $\frac{\Delta y}{y}$
 parametrenin toleransı: $\frac{\Delta X_i}{X_i}$

sonuç boyutlarının mutlak değişim

$\frac{\Delta y}{\Delta X_i/X_i} \rightarrow$ parametrenin toleransı

② Normalizc($y_1, 1$) boyutlu

$$S(y, x_n) = \frac{\partial y / \partial}{\Delta x_n / x_n} = \frac{x_n}{y} \frac{\Delta y}{\Delta x_n}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta y}{y} = S(y, x_n) \cdot \frac{\Delta x_n}{x_n}$$

$$\Rightarrow \Delta y = y S(y, x_n) \cdot \frac{\Delta x_n}{x_n}$$

sorun boyutlu matematiksel deffisim

* $y \rightarrow p$ degerlendirme boyutu $\rightarrow x_n$ degeri, boyutu

sorun
boyutlu

$$S(y, x_n) = S(y, p) \cdot S(p, x_n)$$

zincir
kuralı

* y sorun boyutlu \times parametresinin birinci deferine boyutlu caris

$$\frac{\Delta y}{y} = S(y, x_n) \frac{\Delta x_n}{x_n}$$

↓

$$\frac{\Delta y}{y} = \sum_{i=1}^n S(y, x_i) \frac{\Delta x_i}{x_i}$$

$$|\Delta y| = |y| \sum_{i=1}^n S(y, x_i) \frac{\Delta x_i}{x_i}$$

$$|\Delta y| = |y| \sum_{i=1}^n S(y, x_i) \frac{\Delta x_i}{x_i}$$

- Sorun boyutlu olursa toleransı:

$$y_{min} = y - |\Delta y|$$

$$y_{max} = y + |\Delta y|$$

Yarı libletken, elektron ucuksuz nötfasının gerilimine dayanık
 olurken deşerlerinden fazla olmamak için parametrelere
 bağlı olarak değişir. Ucuksu nötfasının etkileşimi deşer
 konusunda önemli bir faktördür. Elektron ucuksuzun
 bağlı olarak nötfasının deşerlerini düşürmek istenirken
 bu sebeple T_{sat} bir dengeye ulaşır. Hizmetteki
 T_{sat} nötfesine ve genel demetlerde meydana gelir. Bu
 denge elektronların deşerleri nötfasının etkileşimi
 belirli deşerlerin arşitadır. Bu nedenle dengelerin tolerans-
 ının bozulması gereklidir. Pek çoklar bir dengede sadece
 yükseltme genelde bağlı olduğundan deşerlerle beraber
 parametrelere deşerlerin bağlılığı bulunur. Sadece
 yükseltme dengesi doğrudır. Motor superhet
 servisinde deşerlerin sadece bağlı olduğular
 gözlemlenebilir. İnterstage deşerlerin orantısı, Yarım madde
 deşerlerin, polatapsların nötfasının deşerlerinin
 ve buharın boyutları ise servis boyutlarının
 toleransının parametrem toleransına orantılıdır.

* Transistorlu Isıt Kanalı

- Akış katago

$$I_C = \beta_F I_B + (1+\beta_F) I_{CBO}$$

$$\beta_F = h_{FE}$$

$$\beta_F = \frac{\Delta I_C / I_C}{\Delta T}$$

Isıt
ve akış katago

$$I_C = f(I_{CBO}, V_{BE}, h_{FE})$$

→ Sıcaklığa bağlı parametreler

Hangi transistör seviyesi seçilecektir?

$$\frac{\Delta I_{CBO} / I_{CBO}}{\Delta T} = 0,02 (\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}) = k_I$$

$$\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta T} = -2,5 (\text{mV/}^{\circ}\text{C}) = k_V$$

$$\frac{\Delta h_{FE}}{\Delta T} = k_H \rightarrow \text{satzt auf}$$

$$\delta I_C = \frac{\delta I_c}{\delta I_{CBO}} \left| \delta I_{CBO} + \frac{\delta I_c}{\delta V_{BE}} \right| \delta V_{BE} + \frac{\delta I_c}{\delta h_{FE}} \delta h_{FE}$$

$$\Delta I_C \approx \frac{\delta I_c}{\delta I_{CBO}} \left| \Delta I_{CBO} + \frac{\delta I_c}{\delta V_{BE}} \right| \Delta V_{BE} + \frac{\delta I_c}{\delta h_{FE}} \Delta h_{FE}$$

$$\frac{\Delta I_c}{\Delta T} \approx \frac{\delta I_c}{\delta I_{CBO}} \left| \frac{\Delta I_{CBO}}{\Delta T} + \frac{\delta I_c}{\delta V_{BE}} \right| \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta T} + \frac{\delta I_c}{\delta h_{FE}} \frac{\Delta h_{FE}}{\Delta T}$$

$$\frac{\Delta I_c / I_c}{\Delta T} \approx \frac{\delta I_c}{I_{CBO}} \left(\frac{\Delta I_{CBO}}{I_{CBO} \Delta T} + \frac{\delta I_c}{\delta V_{BE}} \frac{\Delta V_{BE}}{I_{CBO} \Delta T} + \frac{\delta I_c}{\delta h_{FE}} \frac{\Delta h_{FE}}{I_{CBO} \Delta T} \right)$$

$$k = \frac{\delta I_c}{\delta I_{CBO}} k_I \frac{I_{CBO}}{I_c} + \frac{\delta I_c}{\delta V_{BE}} k_V \frac{\Delta V_{BE}}{I_c} + \frac{\delta I_c}{\delta h_{FE}} k_H \frac{\Delta h_{FE}}{I_c}$$

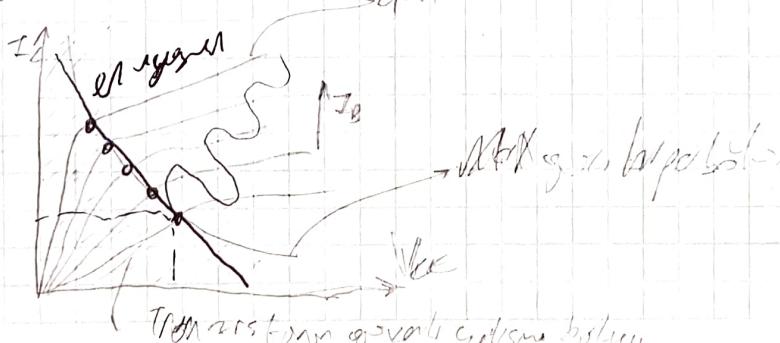
$$k = \frac{\Delta I_c / I_c}{\Delta T} = S_I k_I \frac{I_{CBO}}{I_c} + S_V k_V \frac{1}{I_c} + S_H k_H \frac{1}{I_c}$$

: Deutere lebhafte Parameteränderung

$$S(I_c, h_{FE}) = \frac{\delta I_c / I_c}{\delta h_{FE} / h_{FE}} = \frac{\delta I_c}{\delta h_{FE}} \frac{h_{FE}}{I_c} = S_H \frac{h_{FE}}{I_c}$$

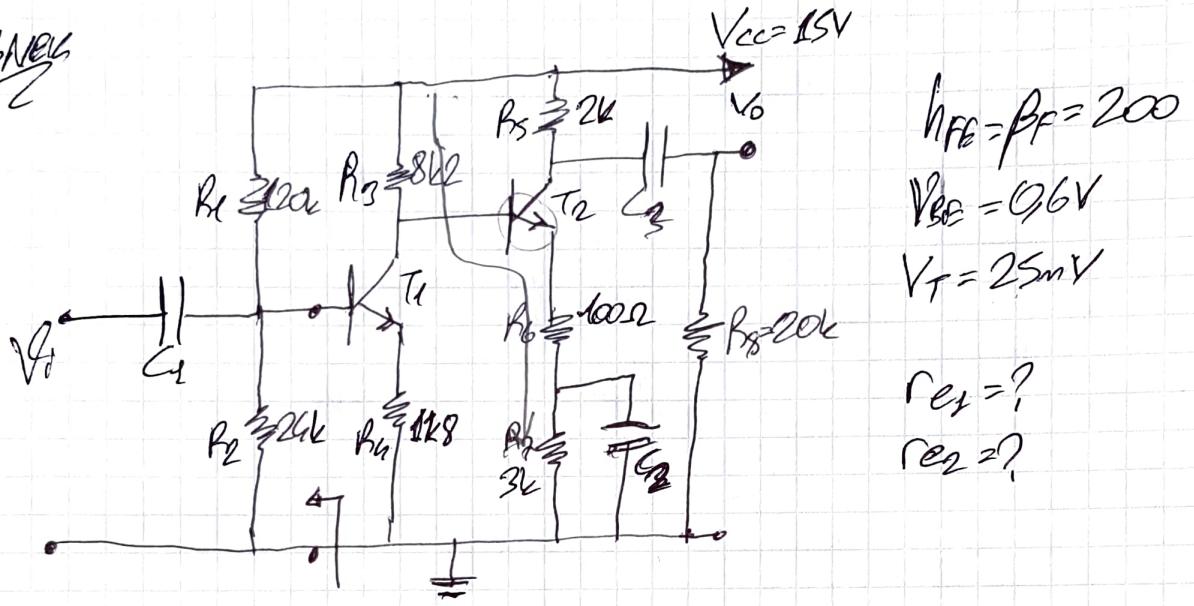
$$\Rightarrow S_H = \frac{I_c}{h_{FE}} S(I_c, h_{FE})$$

$$P_{DC} = V_{CE} I_c$$



Transistorde harmonikası, hafızanın hafızası doğrular V_{CE}'ye
 İc iki delenin aynı zamanda transistorin çıkışına katıktır.
 Hafızanın çıkışının doğruları, girdi deklarasyonu I_C, I_C
 Piyasada çıkış, deklarlenen hafızanın çıkışına hafızalar
 bir egm elde eder. Bu egm'ye denk gelen de
 hafızanın çıkışının girdisi ve çıkışının çıkışına hafızalar
 doğrudan eşittir. Bu girdi, hafızanın çıkışına hafızalar
 1,600'de katılır. Aşağıda bu yolda girdi ile çıkış arasındaki
 hafızalar hafızaların sonuna getirilirken, girdiye sahip olan
 hafızalar katılır.

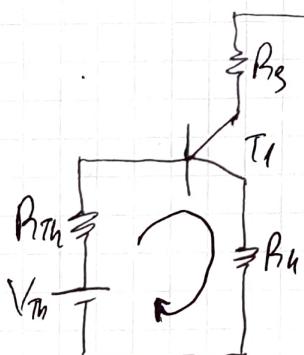
DİYALOG



T₂ için;

$$V_{Th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{cc} = \frac{2k}{14k} 15 = 2.5V$$

$$\beta_{Th} = \frac{\beta_r R_2}{R_1 + R_2} = \frac{120k \cdot 2k}{14k} = 20k$$



$$V_{Th} - R_{in} I_B - V_{BE} - R_e (1 + h_{fe}) I_B = 0$$

$$I_{B1} = \frac{V_{Th} - V_{BE}}{R_{in} + (1 + h_{fe}) R_e} = \frac{2.5 - 0.6}{20.10^3 + 20.1.1.8.10^3}$$

$$\boxed{I_{B1} \approx 5 \mu A} \quad \boxed{I_{C1} = h_{FE} I_{B1} = 1mA}$$

T₂ için;

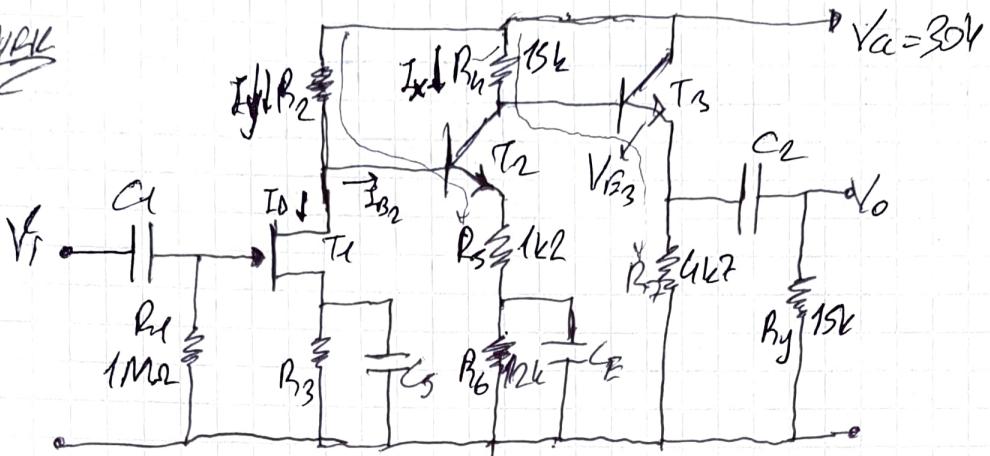
$$V_{cc} - R_3 (I_{C1} + I_{B2}) - V_{BE2} - (R_6 + R_7)(1 + h_{fe}) I_{B2} = 0$$

$$I_{C2} = h_{fe} \frac{V_{cc} - R_3 I_a - V_{BE2}}{R_3 + (R_6 + R_7)(1 + h_{fe})} = 200 \frac{15 - 8.2.10^3 \cdot 1.10^3 - 0.6}{8.2.10^3 + 3100 \cdot 201}$$

$$\boxed{I_{C2} \approx 2mA}$$

$$r_{e1} = \frac{V_T}{I_{C1}} = \frac{25mV}{1mA} = 25\Omega ; r_{e2} = \frac{V_T}{I_{C2}} = \frac{25mV}{2mA} = 12,5\Omega$$

OBENAU



T₂, T₃ es BJT;

$$h_{FE} = \beta_F = 300$$

$$V_{BE} = 0,6V$$

$$V_T = 25mV$$

T₁ SFET;

$$I_{DSS} = 10mA$$

$$V_P = -5V$$

$$V_{GS} = -3V$$

$$V_{B3} = 18V$$

$$(I_{C3} \approx I_{E3})$$

$$R_2 = ?$$

$$R_3 = ?$$

$$V_{B3} = 18V \Rightarrow V_{E3} \approx R_7 I_{C3} \Rightarrow 18V \approx 6,7 \cdot 10^3 I_{C3} \Rightarrow I_{C3} \approx 3,83mA$$

$$I_{B3} = \frac{3,83 \cdot 10^{-3}}{300} \approx 12,76 \mu A$$

$$\star V_{ce} = R_4 (I_X) + V_{BE3} + R_7 I_{C3}$$

$$30 = 15 \cdot 10^3 I_X + 0,6 + 18 \Rightarrow I_X = 0,76mA$$

$$I_X = I_{C2} + I_{B3}$$

$$0,76 \cdot 10^{-3} = I_{C2} + 0,76 \cdot 10^{-6}$$

$$I_{C2} \approx 747,24 \mu A$$

$$I_{B2} = \frac{I_{C2}}{h_{FE}} \approx 2,5 \mu A$$

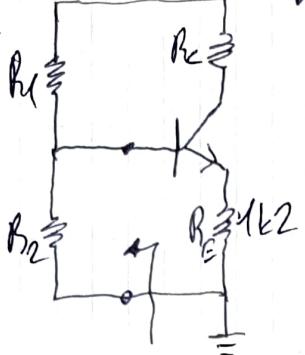
$$\star I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 \Rightarrow I_D = 10 \cdot 10^{-3} \left(1 - \frac{-3}{-5} \right)^2 \Rightarrow I_D = 1,6mA$$

$$\star V_{cc} = h_2 (I_D + I_{B2}) + V_{BE2} + (R_5 + R_6)(1 + h_{FE}) I_{B2}$$

$$30 = R_2 (1,6 \cdot 10^{-3} + 2,5 \cdot 10^{-6}) + 0,6 + 13,2 \cdot 10^3 \cdot 301,2 \cdot 5 \cdot 10^{-6}$$

$$\Rightarrow R_2 \approx 12,5k ; V_{GS} = -R_3 I_D$$

$$-3 = -R_3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \Rightarrow R_3 = 1,875k$$



$$V_{CC} = 15V$$

$$I_{CQ} = 1,2mA$$

$$V_{CE} = 5V$$

$$V_{BE} = 0,6V$$

$$h_{FE} = \beta_F = 300$$

$$I_{CO} = 15nA$$

$$s(I_C, h_{FE}) = 90S \quad (\text{Bragg's Law of Stability})$$

$$R_1 = ? , R_2 = ? , R_c = ?$$

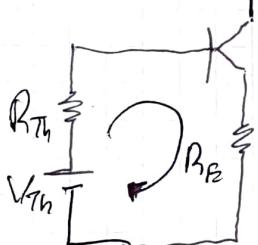
$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E$$

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + R_E \frac{1+h_{AE}}{h_{FE}} I_C$$

$$15 = R_C 1,2 \cdot 10^{-3} + 5 + 1,2 \cdot 10^3 \cdot \frac{1+300}{300} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3}$$

$$\boxed{R_C \approx 7,13k}$$

$$s(I_C, h_{FE}) = \frac{\partial I_C}{\partial h_{FE}} \cdot \frac{h_{FE}}{I_C} = 0,05$$



$$I_C = h_{FE} \frac{(V_{TH} - V_{BE})}{R_{TH} + (1+h_{FE})R_E}$$

$$\frac{\partial I_C}{\partial h_{FE}} = \frac{(V_{TH} - V_{BE})(R_{TH} + (1+h_{AE})R_E) - h_{FE}(V_{TH} - V_{BE})R_E}{[R_{TH} + (1+h_{FE})R_E]^2}$$

$$\frac{\partial I_C}{\partial h_{FE}} = \frac{(V_{TH} - V_{BE})(R_{TH} + R_E + h_{FE}R_E - h_{FE}R_E)}{[R_{TH} + (1+h_{FE})R_E]^2}$$

$$s(I_C, h_{FE}) = \frac{(V_{TH} - V_{BE})(R_{TH} + R_E)}{[R_{TH} + (1+h_{FE})R_E]^2} \cdot \frac{h_{FE}}{h_{FE} - \frac{(V_{TH} - V_{BE})}{R_{TH} + (1+h_{FE})R_E}}$$

$$s(I_C, h_{FE}) = \frac{R_{TH} + R_E}{R_{TH} + (1+h_{FE})R_E} \approx 0,05$$

$$\Rightarrow R_{TH} = 17,74k$$

$$R_{Th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} ; V_{Th} = \frac{R_2 R_1}{(R_1 + R_2) R_1} V_{cc} = \frac{R_{Th}}{R_1} V_{cc}$$

$$* V_{Th} = R_{Th} I_B + V_{BE} + \frac{1+h_{FE}}{h_{FE}} I_C$$

$$V_{Th} = 17,76 \cdot 10^3 \cdot \frac{42 \cdot 10^3}{300} + 0,6 + 1,2 \cdot 10^3 \cdot \frac{301}{300} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3}$$

$$\boxed{V_{Th} = 2,116 \text{ V}}$$

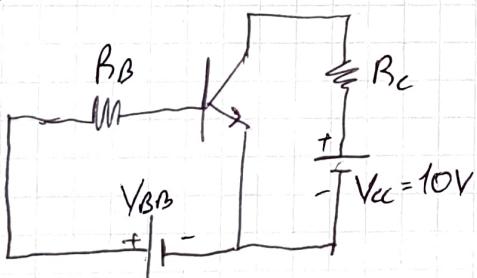
$$* V_{Th} = \frac{R_{Th}}{R_1} V_{cc} \Rightarrow 2,116 = \frac{17,76 \cdot 10^3}{R_1} \cdot 15$$

$$\Rightarrow \boxed{R_1 \approx 125,8 \text{ k}}$$

$$* R_{Th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 17,76 \text{ k}$$

$$R_1 = 125,8 \text{ k} \Rightarrow \boxed{R_2 = 20,65 \text{ k}}$$

~~ÖRNEK~~



$$I_{CQ} = 2 \text{ mA}, V_{CE} = 4 \text{ V}$$

$$I_{CSS} = 0,2 \mu \text{A}, \beta_F = h_{FE} = 200$$

$$\beta_B = h_{FEB} = 2, V_T = 25 \text{ mV}$$

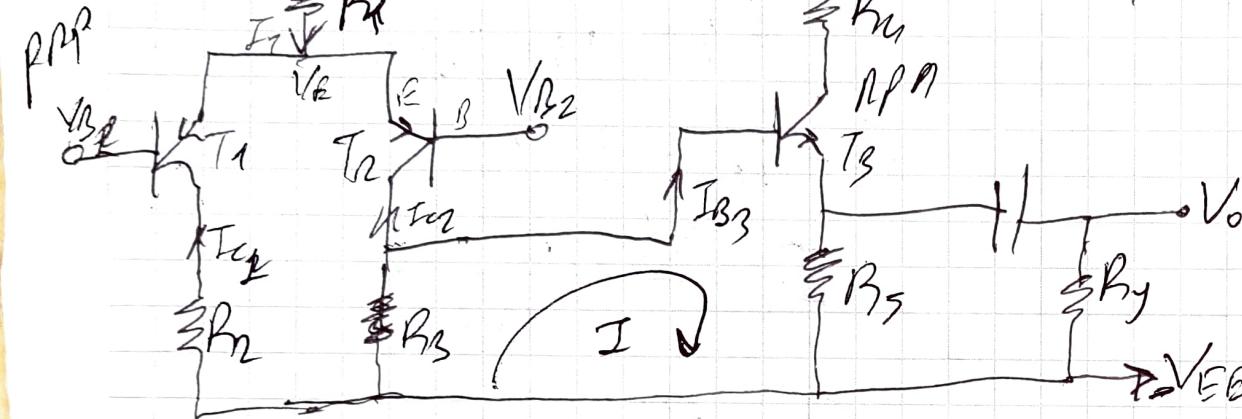
- a) R_C dimensioni ve V_{BB} degerini hesapla?
- b) Baslangicde DC gerilim kaynaginiin degeri V_{BB} = 1V rasm R_B dimensioni degerini hesapla?
- c) R_B 'nin bu degeri rasm transistor dayanik solumnak isteniyor. Dayanik durumundakiler V_{CE} gerilimi V_{CESAT} = 0,2 V olduguna gore V_{BB} 'nin olmasi gerekken minimum degerini hesapla?

Cevaplar $R_C = 3 \text{ k}, V_{BB} = 586 \text{ mV}$

$$R_B = 41,4 \text{ k}\Omega$$

$$V_{BB_{min}} = 1,25 \text{ V}$$

2016-1



$$I_T = R_3 (I_{C2} + I_{B3}) + V_{BE3} + (1 + h_{FE3}) I_{B3} R_S$$

$$I_{B3} = - \frac{R_3 I_{C2} + V_{BE3}}{R_3 + (1 + h_{FE3}) R_S}$$

$$I_{C3} = h_{FE} I_{B3}$$

7

$$V_{CC} = R_4 I_{C3} + V_{CE3} + \frac{(1 + h_{FE3})}{h_{FE3}} I_{C3} R_S$$

$$V_{B1} = V_{B2} = 0$$

$$\begin{aligned} V_{BE} &= V_B - V_E \\ -V_{BE} &= V_E \end{aligned}$$

$$V_{CC} - V_E = I_T R_1$$

$$I_T = \frac{V_{CC} + V_{BE}}{R_1}$$

$$I_T = -2 I_C$$

$$I_C = - \frac{V_{CC} + V_{BE}}{2 R_Y}$$

$$-V_{EE} - V_C = I_C R_C$$

TEMMUZ 2014						
H	P	S	C	P	C	Gz
27	1	2	3	4	5	6
28	7	8	9	10	11	12
29	14	15	16	17	18	19
30	21	22	23	24	25	26
31	28	29	30	31	27	20

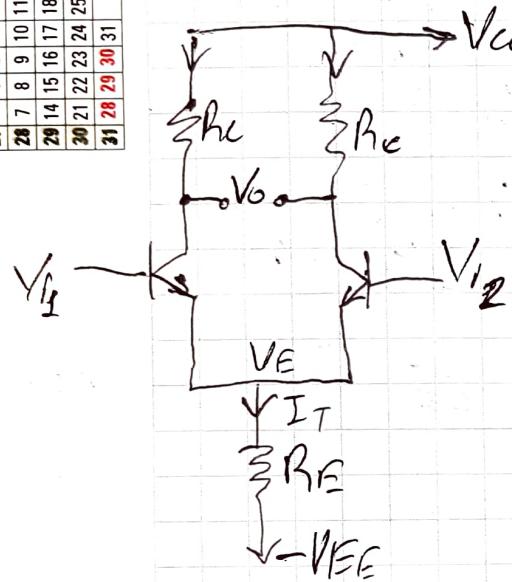
$$R_C = h_{FE} I_B$$

$$I_E = (1 + h_{FE}) I_B$$

30
TEMMUZ ÇARŞAMBA
JULY WEDNESDAY

H	P	S	G	P	C	Ct	Pz
27	1	2	3	4	5	6	
28	7	8	9	10	11	12	13
29	14	15	16	17	18	19	20
30	21	22	23	24	25	26	27
31	28	29	30				

2016-2 @)



$$V_{cc} - V_o = I_c R_c$$

$$V_{BE} = V_I - V_E$$

$$V_E = V_I - V_{BE}$$

$$V_I + V_{EE} = I_T R_E$$

$$I_T = \frac{V_I - V_{BE} + V_{EE}}{R_E}$$

$$I_T = 2 I_c$$

$$V_{cc} - V_o = \frac{V_I - V_{BE} + V_{EE}}{2 R_E} R_c$$

$$V_E + V_{EE} = R_E I_T$$

$$\frac{V_o}{V_{12} - V_{in}} = -130 = \frac{V_{o1} - V_{o2}}{V_{11} - V_{12}} = -130 = I_c = \frac{R_c}{r_e} =$$

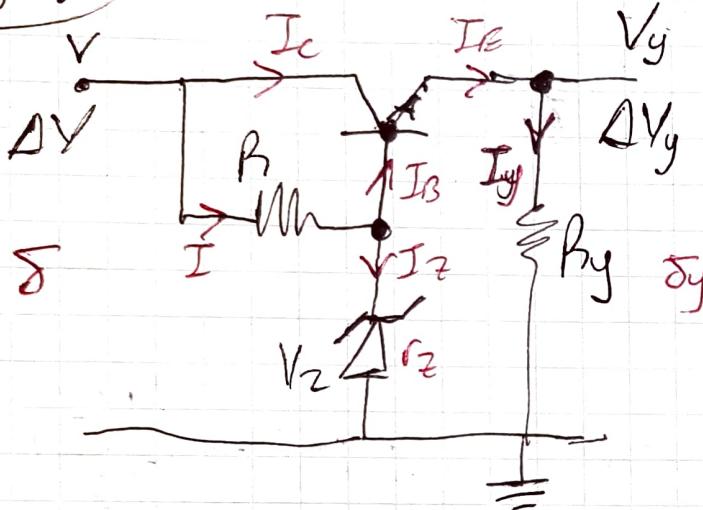
$$\frac{1976}{130} = r_e = 15.2$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_c}$$

$$I_c = 3.66 \text{ mA}$$



2018-1



$$I_E = I_C + I_B = (1 + h_{FE}) I_B$$

$$I_E = I_y \approx h_{FE} I_B$$

$$I_B \approx \frac{I_y}{h_{FE}}$$

$$I = I_B + I_z \Rightarrow I = \frac{I_y}{h_{FE}} + I_z$$

Sistema Coligencialem

$$\underbrace{V - \Delta V}_{V_{min}} > V_y + V_{CESAT}$$

$$\Delta V \ll V \Rightarrow I = \frac{V - V_z}{R} = I_B + I_z$$

$$\Rightarrow I = \frac{I_{y_{max}}}{h_{FE}} + I_{z_{min}}$$

$$I_{y_{max}} = (I - I_{z_{min}}) h_{FE}$$

$$\Delta V_y \approx \Delta V_B = \frac{r_2}{r_2 + R} \Delta V$$

$$\delta y = \frac{\Delta V_y}{V_y} = \frac{r_2}{r_2 + R} \cdot \frac{\Delta V}{V_y} \cdot \cancel{\frac{V}{V_y}} \Rightarrow \frac{\delta y}{\delta} = \frac{r_2}{r_2 + R} \frac{V}{V_y}$$

H	P	S	C	P	C	Ct	Pz
31				1	2	3	
32	4	5	6	7	8	9	10
33	11	12	13	14	15	16	17
34	18	19	20	21	22	23	24
35	25	26	27	28	29	30	31



01
AUGUST CUMA
FRIDAY

02

AGUSTOS CUMARTESİ
AUGUST SATURDAY

⑤

$$V_d = -\frac{R_c}{r_e}$$

$$K_C = -\frac{R_c}{2R_E + r_e}$$

⑥

$$V_{o1} = -\frac{R_c}{2r_e} (V_{b1} - V_{b2})$$

AGUSTOS 2014

H	P	S	C	Ct	Pz
31		1	2	3	
32	4	5	6	7	8
33	11	12	13	14	15
34	18	19	20	21	22
35	25	26	27	28	29
					30
					31

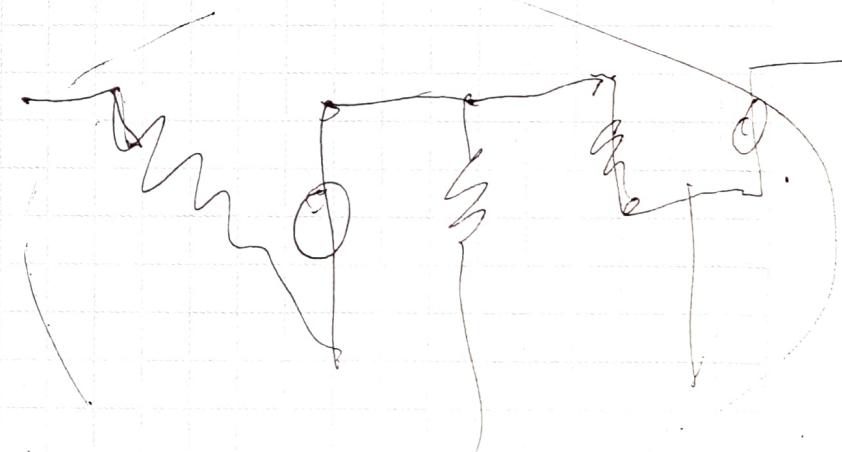
2014-2

$$\downarrow \quad V_{CC} = -V_{EE} + I_2 R_C + V_{BE} + 2I_C R_E$$

$$V_L = V_R = 0 \text{ (sökmede)}$$

$$\rightarrow I_S = V_{BE} + 2I_C R_E$$

$$CMRR = 20 \log \left| \frac{K_d}{K_c} \right|$$



03

AGUSTOS PAZAR
AUGUST SUNDAY