

# Transistörler

Yazan :

Y. Müh. Vasil UZUNOĞLU

Elektronik lâmbaların ömürleri az ve değişiktir. Bir çok cihazların gece gündüz çalışması gerekmekte, bundan dolayı da sık sık lâmba değiştirilmeye icap etmektedir Aynı zamanda elektronik lâmbaların almakta oldukları enerji miktarlarını randımanlı [kullanmadıkları hepimizin malûmudur. 35 senelik bir devreden sonra lâmbaları hemen hemen her sahada elimine edebilecek daha kullanıştı ve daha ömürlü unsurlar çıkmış olup, bunlara transistör adı verilmektedir. Transistörler 20 ilâ 50 mA kazancı yalnız 2 mW güçle çalışabilmektedir. Transistörlerin filâmadan devreleri de olmadığından bu işe öz enerji de kazanılmış olur. Transistörlerin ömürleri 70,000 ilâ 90,000 saat olarak tesbit edilmiştir.

## TRANSİSTÖR NEDİR?

Transistörler silikon veya germanium kristallerinden meydana getirilmiş elemanlardır Germanium ve silikonlar yarı iletken olup geçirgenlikleri toprak izolatörden daha fazla bir iletkenlikte de daha azdır. Direnci madenlere zıt olarak ısındıkça azalmaktadır. Germanium çinko madeninin işleme sırasında germanium dioksidi olarak elde edilmekte olup daha bazı işlemlerle saf germanium kristaline çevirmektedir. Germaniumların elektrik karakteristikleri havası oldukları gürisafılıklara göre değişmektedir. Germanium kristalinde yabancı bazı maddeler bulunmadığı zaman bunlar transistör vazifesi göreme/nektedi. Eğer yabancı maddeler yeterinden fazla olduğu takdirde germanium fazla iletken olmakta ve yarı transistör vazifesi görememektedir. Germanium atomunun içinde olmasa lâzım gelen yabancı madde miktarı 10.000 de birdir. Bu sebeple dolay germanium atomunun içindeki gürisafılığı ölçülebilmek oldukça zor bir iştir.

## ATOMİK HUSUSİYETLERİ

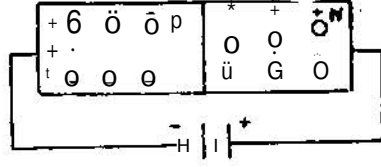
Bilindiği gibi cisimlerin temel uzuvlarını elektron, proton ve nötronlar meydana getirmektedir. Elektronların şarjları negatiftir. Protonlar da aynı miktarda pozitif şarja sahip olup ağırlık itibarıyla elektrondan 1835 defa daha fazladır. Nötronlar da protonlar kadar ağır olup hiç bir şarjları yoktur. Atom, proton ve nötron nükleüslerinden ve bunun etrafında dönen elektronlardan meydana gelmiş demektir. Nükleüsün dışında bulunan elektron miktarı kadar (şarj itibarıyla) içinde de proton bulunduğundan atom elektriki olarak sıfır şarjlıdır. Bir maddenin diğerinden ayrılması ise elektron, proton ve nötron

miktarlarının başka başka olmalarından ileri gelmektedir. Transistör fiziği bakımından bizi ilgilendiren deksan kusur elemandan bir kaç tanesidir. Bunlar • Alüminyum, galium, arsenik, antimon, silikon ve germaniumdur Atomların temel kuantum elektronların büyük bir kısmının nükleüsün etrafında S'ki yarıçapta yerleşmiş elektronlar kor denilen bir elemanın meydana getirmektedir Bunlar net olarak pozitif şarja sahiptirler. Diğer elektronlar ise bu korların etrafında serbestçe dolaşırlar Bizi transistörler bakımından ilgilendiren bu korların net pozitif şarjı ve bunların etrafında bulunan serbest elektronlardır. Mesela antimon atomunun 32 protonu sahip olup, nükleüsün etrafında 32 serbest elektron vardır Bu nedenle korun 4 miktar şarja sahip olup serbest olarak dört elektron mevcuttur. Silikon korunda da 4 miktar şarj olup serbest dört elektron mevcuttur Transistörler bu suretle hem germanium hem de silikondan yapılmaktadır Yüzde yüz saf germanium veya silikon transistörler bakımından hiç bir mâna ifade etmez Transistörlerin ledresman ve amplifikasyon yapabilmeleri için bazı yabancı maddelerin mevcudiyetidir Arsenik veya Antimon germanium kristaliyle birleşince donör denilen bir cisim meydana getirir. Arsenik veya antimon korunun etrafında 5 serbest elektron vardır, demek oluyor ki antimon korunun içindeki net pozitif şarj + 5 dir Buna göre antimon veya arsenik germanium kristaliyle birleşince 1 elektron boşta kalıyor demektir Germanium kristali alüminyum veya galiumla birleştiği zaman ise ekseptör denilen bir cisim meydana gelmiş olur Alüminyum veya galium korunun net pozitif şarjı 3 dür ve korun etrafında 3 serbest elektron vardır demektir. Ekseptörde de görüldüğü gibi 1 kor (pozitif şarj) fazlalığı vardır demektir, ledresman ve amplifikasyon hâdiseleri bu elektron ve korların birbirleriyle doğru akışlarından meydana gelmektedir Bunların fiziki izahı oldukça külfetli olup bunu başka bir yazımıza bırakacağız Donör gürisafılığı bulunan germanium kristaline n-tipi germanium, ekseptöre havi germanium kristaline ise p-tipi germanium denir. N-tipi denmesi hurda akımın elektronlardan (yani negatif şarjlılardan) p-tipi denmesi de akımın korlardan (pozitif şarjlılardan) yaratılmış olmasındandır

## P-N SAHA BİRLEŞİM TRANSİSTÖRLERİ

Germanium transistörleri uzun zamandan beri ledresman için kullanılmaktadır. N-tipi ve p-

tipi germaniumlar nispi olarak iyi iletkenlerdir ve her iki yönde akım nakırlar. Germanium kristallerinde iletkenlik için p-tipi germaniumla n-tipi germaniumun yan yana getirilmesiyle elde edilir. Bu suretle p-tipi ve n-tipi germaniumların yan yana gelmesiyle meydana gelen birleşime p-n saha birleşim transistörü adı verilir.



Şekil 1

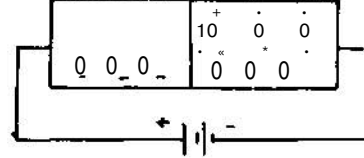
Şekil 1 de görüldüğü gibi kristal uçlarının bir batarya bağlanmış olması bu kristal uçlarından akım akmayacağı bu birleşim tipini belirtir; polara ntipi denir. Görüldüğü gibi batari ünün pozitif ucu elektronum çekecek ve negatif ucu ise pozitif iyonları çekecektir. Bu nedenle birleşim noktasında bir elektrik alanı oluşur. Bu alanın etkisiyle n-tipi yarıiletkenin iç kısmında pozitif iyonlar toplanır ve p-tipi yarıiletkenin iç kısmında negatif iyonlar toplanır. Bu durumda bir elektrik alanı oluşur. Bu alanın etkisiyle n-tipi yarıiletkenin iç kısmında pozitif iyonlar toplanır ve p-tipi yarıiletkenin iç kısmında negatif iyonlar toplanır. Bu durumda bir elektrik alanı oluşur. Bu alanın etkisiyle n-tipi yarıiletkenin iç kısmında pozitif iyonlar toplanır ve p-tipi yarıiletkenin iç kısmında negatif iyonlar toplanır. Bu durumda bir elektrik alanı oluşur.

#### p-n-p ve n-p-n TRAKSİSTORLARI

- Bu yeni transistörlerden iki tip olup, bunlar
1. Nokta Birleşim Transistörleri,
  2. Saha Birleşim Transistörleri'dir

1. Nokta Birleşim Transistörleri : Bu transistörler yalnız p-n-p tipidir. Bu tip transistörlerde gövde n-tipidir (Bak şekil 3). Genel olarak transistörler aşağıdaki kısımlardan baretir. E - Emirci (Verici) C - Kolektör (Toplayıcı) B - Baz (Gövde) Bu tip transistörler şu şekilde yapılmaktadır. N-tipi bir parça germaniumun iki noktasına birden iki iletkenle yüksek akımı verir, ve bu akım bu iki tatbik noktasında

da p-tipi bir saha yaratır. Bu tip transistörler ilk kullanılan transistörler olup 1948 senesinden beri kullanılmaktadır. Bunlar ilerde etrafına balıscığımız Saha Birleşim Transistörleri'ne polarıma bakımından aynı evsafa haizdirler. Bunlarda Emirci f-polarlı, Kolektör -polalı ve gövde de müşterektir (Bak şekil 4). Nokta Bir-

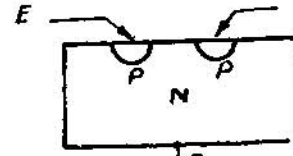


Şeki 1.2

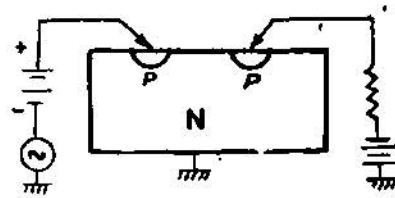
leşim Transistörleri diğer transistörlere nazaran bazı orijinallikler o haizdir. Toplayıcı akımı verici akımından daha fazladır. Bu akım oranına

denir, demek oluyor ki birden daha fazladır. Halbuki Saha Birleşim Transistörlerinde

bu den daha küçüktür. Nokta Birleşim Transistörlerinde birden büyük olduğuna göre bu tip transistörler osilatör devreleri için bilhassa elverişlidir. Lambalarda mevcut pozitif geri besleme halı bu da mevcuttur. Bu tip transistörlerin emirci ve kolektör arasındaki mesafe çok kısa olduğundan bunlar bilhassa yüksek frekanslar için elverişlidir. Bu mesafenin azlığından efektif geçiş zamanı çok azdır. Bugün transistörlerde âzami işleme frekansı 1000 Mc'ye kadar çıkarılmıştır.

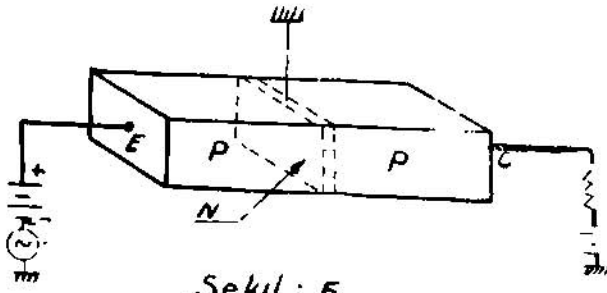


Şekil : 3



Şekil. 4

2. Saha Birleşim Transistörleri : Bu tip transistörler şekil 5 ve 6 da gösterilmiştir. Bunlar p-tipi ve n-tipi transistörlerin yan yana gelmesiyle oluşturulmuşlardır.



Şekil : 5

Şekil 5 p-n-p tipi olup polarmalar gösterildiği gibidir. Yani verici (emiter) pozitif, kolektör negatiftir. Şok-1 6 da ise polarma vaziyeti terstir. Bu transistor i-p-n tipi olup emiler negatif, kolektor IEO potiftir. Emitedra . . . . en akım gövde kısmından akıp gitmey.p gov. . . . . mim katederek kolektör vasıta, yle akar. Et. u- tere alçak bir empedansla giren akım kolc. -törü yüksek bir empedamla terkeder. Akan akım aynı olduğuna göre yüksek empedandan akan akım daha fazla enerji demek olduğuna göre yüksek bir ampLifikasyon hâdisesi yaratılmış olur. Farzedelim ki verici kısmı empsdansı 500 omdur ve kolektor empedansı 10,000 omdur 1 ma 1  $\times$  b-r değişme 500 omda 0.5 volta tekâ'oul etlfi ne gire aynı akım 10,000 om üzerinde 10 volt yaratacaktır. Buna göre voltaj kazancı 20 demektir. Normal lâmbalı dak! tîanakondtktansa muküül transistorlarda transempedans kullanılır. (Vo't, Ma oranı). Saha birleşim transistorları içm 0.90 IÜĞ 0.99 arasında değişir. Genel olarak transistorları lâmbalarla karşılaştırırsak, transistorlarda emiterin katoda, gövdenin İzgaraya ve kolektörün de anoda tekabül ettiği görülür.

Diğerlerine nazaran bir çok sahalarda üstünlük gösteren bu t. p transistorlar daha etraflıca ele alınıp devre karakteristikleri, giriş ve çıkış empedansları, yükseltme kaç sayısı metamatik olarak dzah edilecektir.

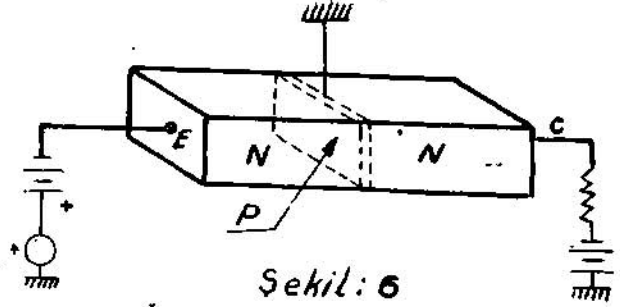
#### Meziyetleri :

**Gürültü Faktörü :** Yapılan tecrübeler gürültü faktörünün 1000 sıklide 10 db etrafında olduğuna göstermektedir. Bu oldukça alçak bir birimdir. Lâmbalara göre bir üstünlük mevcuttur. Kısa devre korkusundan âni : Giriş ve çıkış empedansları transistor ne şekilde bağlanırsa bağlansın, daima pozitifdir. BöylehMo bu tip transistorlarda gövdeyi şasi irtibatlı, emiteri şasi irtibatlı veya kolektörü şasi irtibatın yaparak muhtelif giriş ve çıkış empedansları eide etmiş oluruz.

**Yüksek Kazanç :** Her katta 45 ilâ 55 db kazanç elde edilmektedir.

**Güç Kapasitesi ve randımanı :** 5 vata kadar enerji sarfetme hassasiyetine sahiptir. A sınıfı çalıştığı zaman % 50 randıman elde edildiğine göre çıkış gücü 2.5 vat civarındadır. B ve C sınıfı çalışmalarda randıman daha da yüksektir.

**Küçüklüğü :** Transistorun germanium kısmı



Şekil : 6

0.4 - 0.5 sm çaplı bir gövde içme sığdırılmıştır. Bakalitin içimde üç iletgen germanium üzerine o'ektriki ve mekaniki olarak tutturulmuştur.- Bu uç.ar baka't gövde-don cyrı ayrı uç uç olarak çı-kauılmış'::

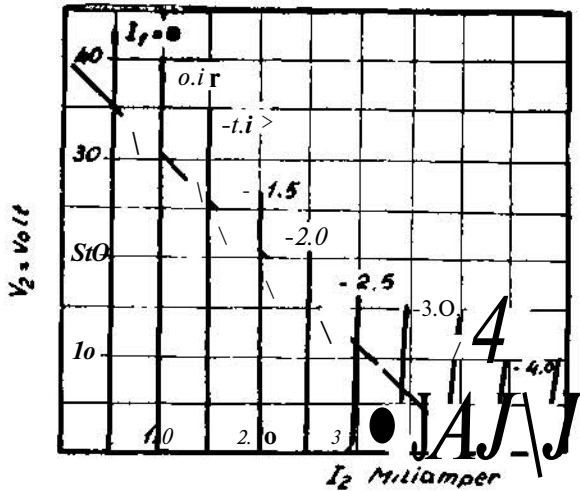
**Mik-^nfon.k tesirlerden ân :** Ses frekansları ile y." \ian v j rasyon tecrübeleri bu tip transistorla.iii mikrcfnık tesirlerden ân olduklarını gös-VıMat;3ıı.

**Bı ,İı! Grv^hc/ı :** Ko'ektör kapasitansı band % .ri7İ&ını ta>n randımında h:r kaç kilosıklyhs ir J r.ıı ".ctedT. Fakat empedans ayarlamalarıyla > .••d gü nş gı 1 Mc lıye kadar çıkarılabilmektod r V3 bu bani üzerine bir zayıflama gösterme ni;-o, dır.

**Çok az enerji ihtiyacı :** Belki de transistorun en oneau. kısmı çok az enerji ile çalışabilmesi->dır. Bunun içm en iyi misali bir ses osilâtöründe verebiliriz. Meselâ b>r ses frekans osilâtörd 0 1 voltluk kaynaktan 6 mikroamper çekmektedir. Bu 0.6 mikrovatlık bir enerjiye tekabül etmektedir. Bugün kullanılmakta o'an e'jektron lâmbalarıyla karşılaştırdığımızda bir lâmbanın yalnız filâman devresinin bu enerjinin milyonlarca üstünde bir enerji ıı, çalıştığını görürüz.

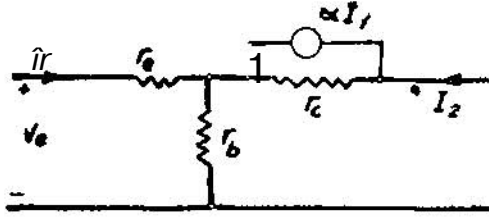
#### STATİK KARAKTERİSTİKLERİ

Transistorların alçak frekans çalışmaları şekil 7 ve 8 deki statik karakteristik eğrilerinden elde edilebilir.



Şekil 7

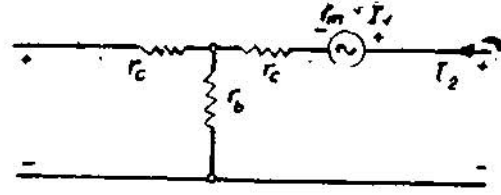




Şekil : 10

$V_e = V_1 =$  Emiter voltajı,  
 $V_c = V_2 =$  Kolektör voltajı,  
 $I_o = I_1 =$  Emiter akımı,  
 $I_c = I_2 =$  Kolektör akımı.

Ryder ve Kircher'in ispat ettiklerine göre yukarıdaki dört direnç, diğer.on de şçlc 1 7 ve 3 de gösterilen eğrilerden elde edilebilir.  $f_s$  iit n-p-n tipi transistor'arda bu sistemle iy ' ~ t;cj elde etmek biraz zordur. Buna göre değv. ... 4 pol metoduna göre daha kolaylık'a elde edUebniir. Bu ölçüler kaba olarak dağarlsrmm 'kalt.ilor voltajına bağlı olmadıklarını göstermslctedir, yerter ki kolektör voltajı çok aşağı derecelerde (me-

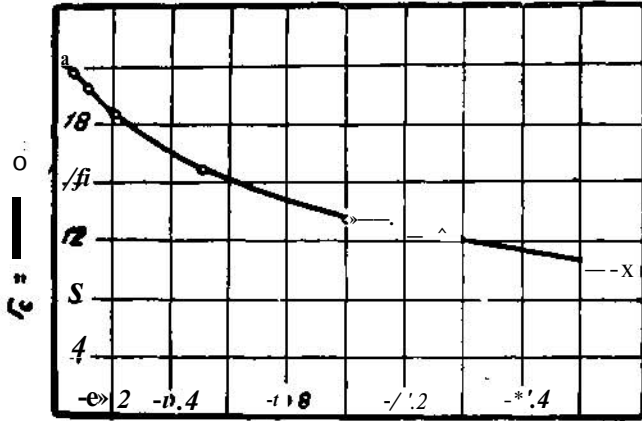


Şekil 11

8eJâ 0.1 den aşağı) bulunmasın ve güç sarfiyatı da transistoru ısıtmasın Buna göre bu değerlerin emited akımına göre nasıl değiştiklerini göstermek yerinde olur.

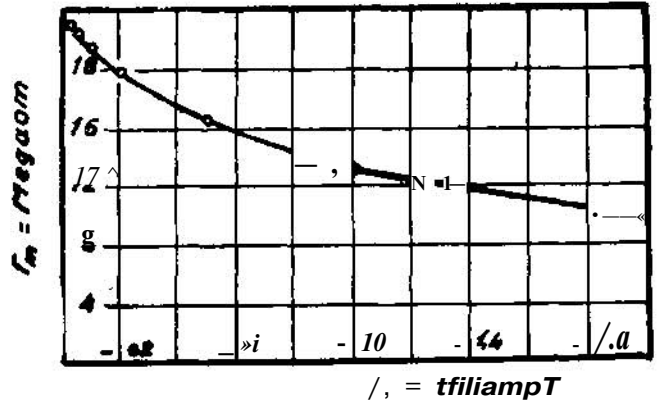
Şekil 12 ve 13  $r_e$  ve  $r_m$  m aynı şekilde değ jtik'or.n. göstermektedir. Teorik olarak  $r_c$  ve  $r_m$  in namütenahi olmaları lâzamdır. Hakikatte 10 megaom civarında olduklarını göstermektedir GO megaoma kadar değerler Bell Telephone Lâ )-ratuvanarında ölçüfü-nüştür.

Şek'l 14 de görüldüğü gibi  $r_b$  m değeri aşığı yukarı 240 om olup  $r_e$  değerinde bağlı değildir Şekil 15 de görüldüğü gibi emiter akımı artıktıça  $r_e$  azalmaktadır. 50 m.kroamperde 500 om olup 5 milia-nerde 5 oma inmektedir.



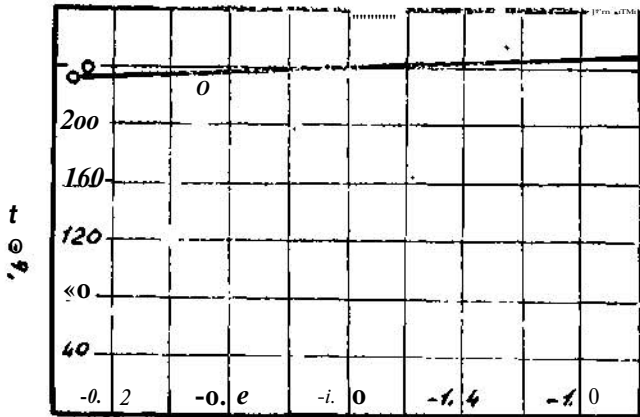
Şekil 12

$I_1$  /y/ü' amper



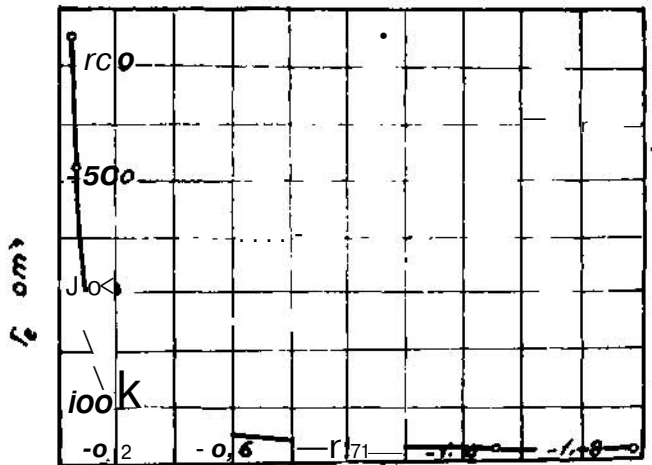
Şekil 13

$I_1 =$  tfilampT



Şekil 14

$I_1 =$  Miliamper



Şekil 15

$I_1$  Miliamper

(Devam edecek)