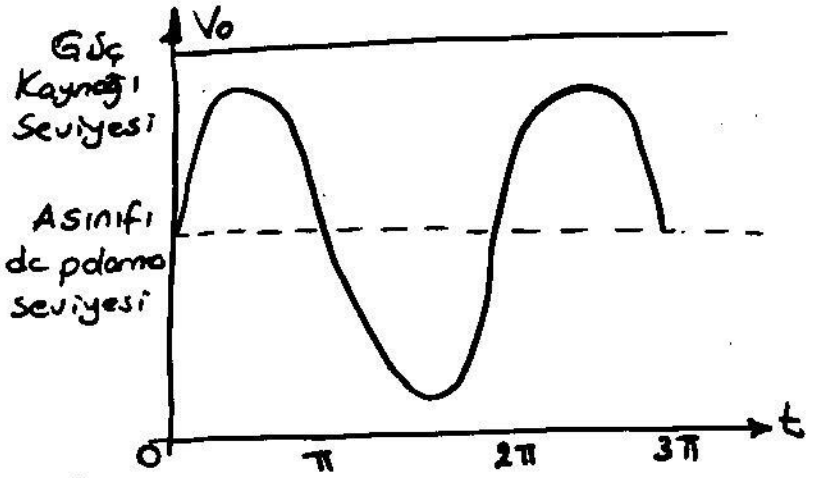


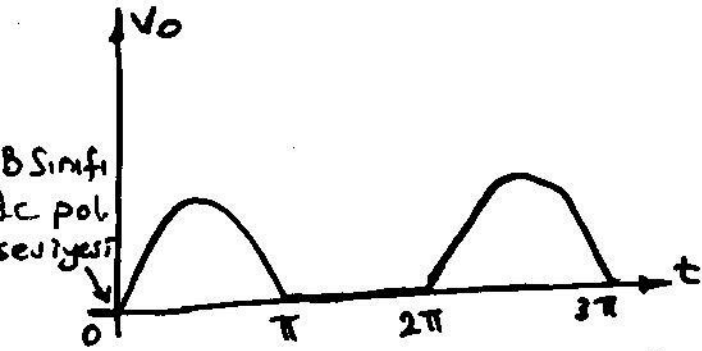
GÜÇ AMPLİFİKATÖRLERİ

{A Sınıfı}

Giriş sinyalinin tamamı boyunca (360°) çıkış sinyali vardır. DC polarma ile Q noktası dc yük doğrusunun ortasında olacak şekilde devre polarmlandırılır.



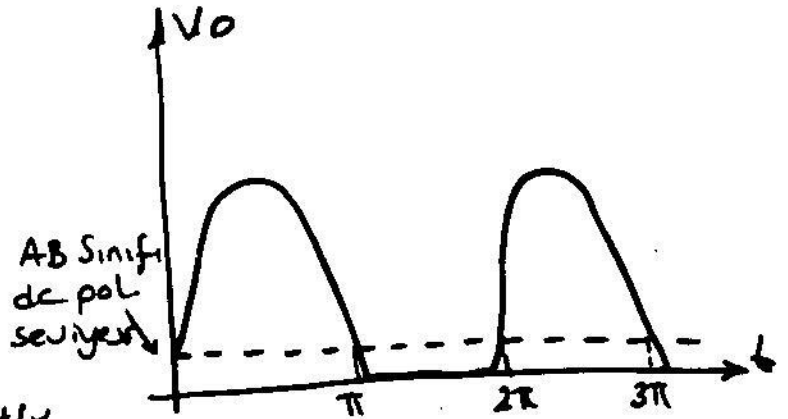
{B Sınıfı}



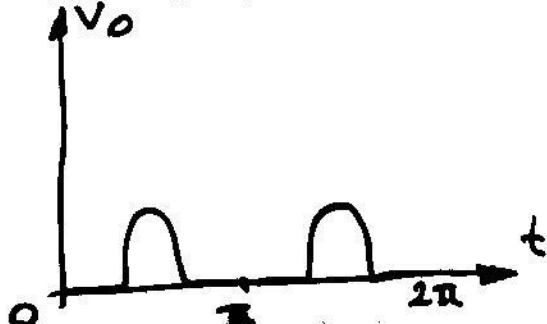
Giriş sinyalinin yalnızca bir periyodu için (180°) çıkış sinyali vardır. Devre Q noktası kesim noktasında olacak şekilde polarmlandırılır.

{AB Sınıfı}

Giriş sinyalinin 180° ile 360° arasındaki bir kısmı için çıkış vardır. Q noktası dc yük doğrusu üzerinde kesime yakındır.



{C Sınıfı}



Giriş sinyalinin 180° 'den de küçük bir kısmı için çıkış sinyali vardır. Q noktası kesimin altında olacak şekilde polarmlandırılır.

D Sınıfı D sınıfı amplifikatör yalnızca bir pals sinyali uygulandığında çalışır ve çıkış verir.

Amplifikatör Verimi

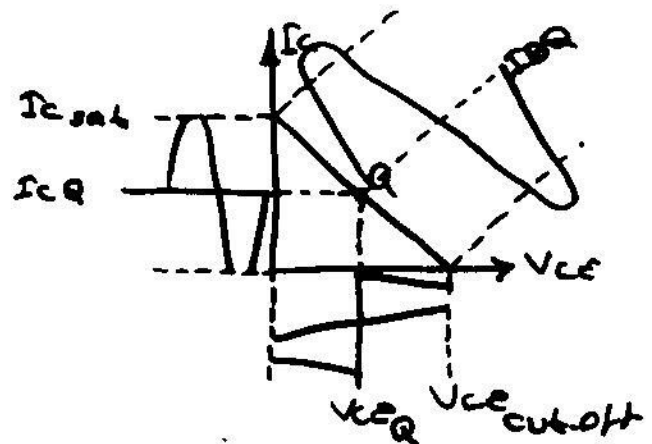
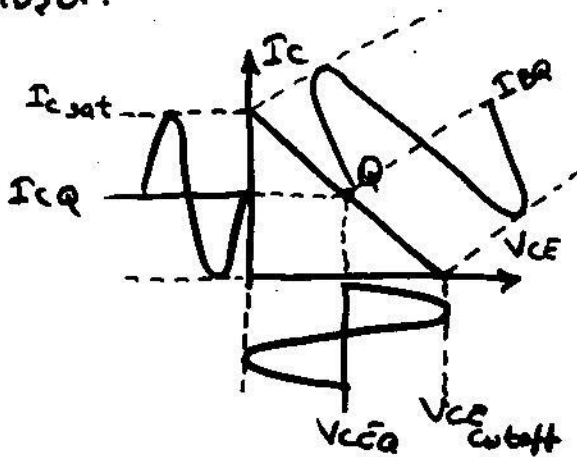
Güç amplifikatörlerinin verimi A'dan D'ye doğru artar. Yani transistör ne kadar uzun süre çalışırsa, harcadığı güç de artacağından, devrenin verimi (verim = çıkış gücü / giriş gücü) o kadar azalır.

	A	AB	B	C	D
Çalışma Saygılı	360°	180°-360°	180°	180°den az	Pals
Verimi	%25-%50	%25(%50) %78,5	%78,5	>%78,5*	>%90

* C sınıfı güç amplifikatörleri genellikle çok yüksek güçler için geliştirilmazler.

A SINIFI GÜÇ AMPLİFİKATÖRLERİ

A sınıfı amplifikatör giriş sinyalinin 360°si için lineer bölgede çalışacak şekilde polarizasyonlanmıştır. Maksimum çıkış için Q noktası yök doğrusunun tam ortasında olmalıdır. Eğer giriş sinyali çok yüksek olursa çıkış sinyalinde kırılma oluşur.



Sukunet Gücü: Herhangi bir ac sinyal uygulanmadığında transistörde harcanan güçtür. Transistörün minimum güç seviyesi en az bu kadar olmalıdır.

$$P_{DQ} = V_{CEQ} \cdot I_{CQ}$$

Giriş Gücü: DC voltaj kaynağının devreye verdiği güçtür.

$$P_{i(dc)} = V_{CC} \cdot I_{CC} = V_{CC} \cdot I_{CQ}$$

Çıkış Gücü: Devrenin yüke aktardığı ac güçtür.

$$\begin{aligned} P_{o(ac)} &= V_{CE_{rms}} \cdot I_{C_{rms}} \rightarrow Q \text{ noktası ortada ise} \\ P_{o(ac)} &= I_{C_{rms}}^2 \cdot R_C \rightarrow Q \text{ noktası kesme} \\ &\quad \text{yakın ise} \\ P_{o(ac)} &= V_{CE_{rms}}^2 / R_C \rightarrow Q \text{ noktası doyuma} \\ &\quad \text{yakın ise} \end{aligned}$$

Verim: Amplifikatörden alınan çıkış gücünün uygulanan giriş gücüne oranıdır.

$$\% \eta = \frac{P_{o(ac)}}{P_{i(dc)}} \cdot 100\%$$

Maksimum Verim, Maksimum verim için Q noktası yük doğrusunun tam ortasındadır;

$$\max V_{CE_{p-p}} = V_{CC}$$

$$\max I_{C_{p-p}} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

$$\max P_{o(ac)} = \frac{V_{CC} (V_{CC}/R_C)}{8}$$

$$P_{o(ac)} = \frac{V_{CC}^2}{8R_C}$$

$$\max P_{i(dc)} = V_{CC} \cdot \max I_C$$

$$P_{i(dc)} = V_{CC} \cdot \frac{V_{CC}/R_C}{2}$$

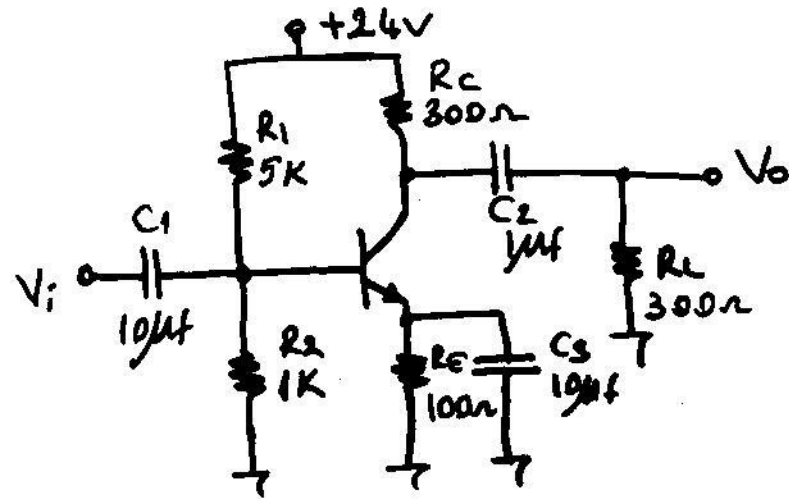
$$P_{i(dc)} = \frac{V_{CC}^2}{2R_C}$$

$$\max \% \eta = \frac{\max P_{o(ac)}}{\max P_{i(ac)}} \times 100$$

$$\max \% \eta = \% 25$$

Örn: Aşağıdaki A sınıfı güç amplifikatörünün

- Minimum transistör gücü,
- ac çıkış gücü,
- Verimini bulunuz.



Çözüm: dc analiz;

Yaklaşık analiz;

$$V_B = \frac{24V \cdot 1K}{5K + 1K} = 4V$$

$$V_E = 4V - 0,7V = 3,3V$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = 33mA \approx I_{CQ}$$

$$V_C = 24V - 33mA \cdot 300\Omega$$

$$V_C = 14,1V$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 10,8V$$

- Transistörde harcanan minimum güç

$$P_{DQ} = V_{CEQ} \cdot I_{CQ} = 10,8V \cdot 33mA = 0,356 \text{ Watt}$$

- ac çıkış gücünü bulmak için ac yük doğrusunu çizmek gerekir (Q noktasının tespiti için);

ac yük doğrusu değerleri;

$$I_{C\text{sat}} = I_{CQ} + \frac{V_{CEQ}}{R_C}$$

$$R_C = R_C \parallel R_L = 150\Omega$$

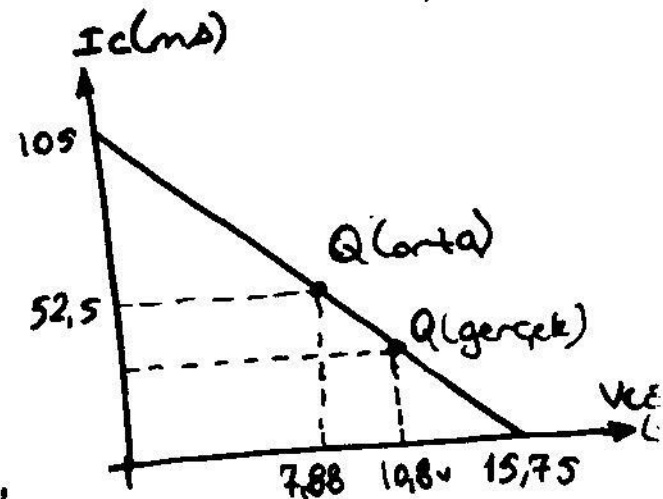
$$I_{C\text{sat}} = 33mA + \frac{10,8V}{150\Omega} = 105mA$$

$$V_{CE\text{cut-off}} = V_{CEQ} + I_{CQ} \cdot R_C = 15,75V$$

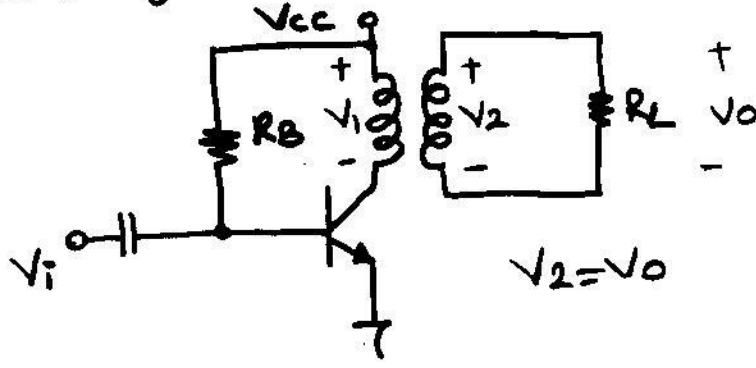
Q noktası orta değildir katoda yakındır;

$$P_{O(ac)} = 0,5 I_{CQ}^2 \cdot R_C = 0,5 (33mA)^2 \cdot 150\Omega = 81,68mW$$

$$\text{c) Verim; } \% \eta = \frac{P_{O(ac)}}{P_{dc}} \cdot 100 = \frac{81,68mW}{(24V)(33mA)} = \% 10,3$$



* A sınıfı güç amplifikatörünün çıkışı yük üzeri-
rine transformator üzerinden aktarılırsa verim
%50'ye kadar çıkabilir.



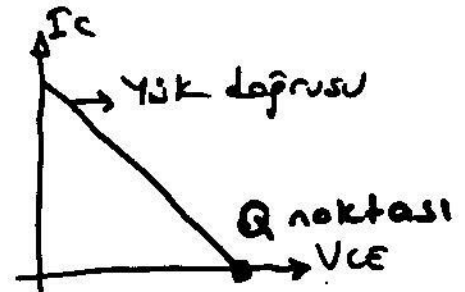
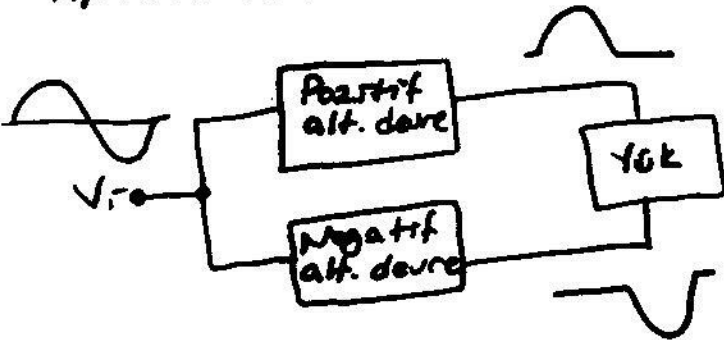
$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

primere yansıyan yük;

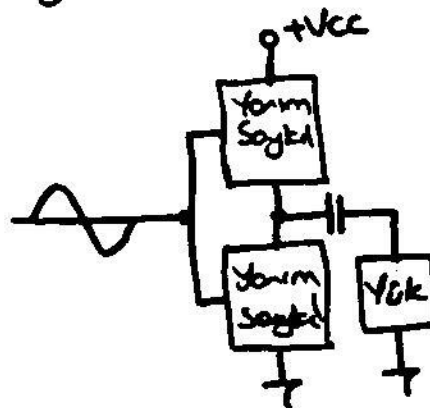
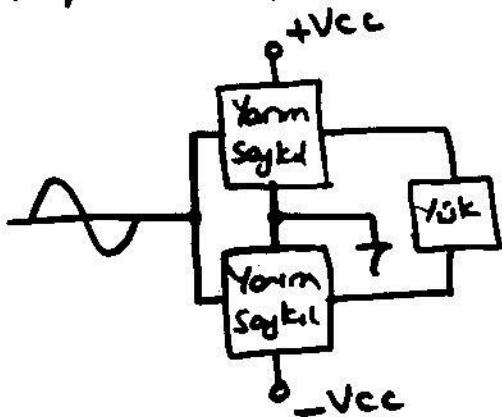
$$R_L' = a^2 \cdot R_L = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \cdot R_L$$

B SINIFI GÜÇ AMPLİFİKATÖRLERİ

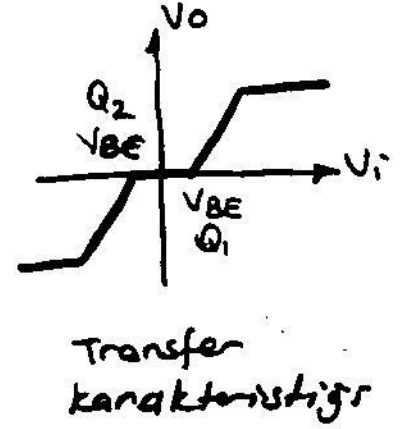
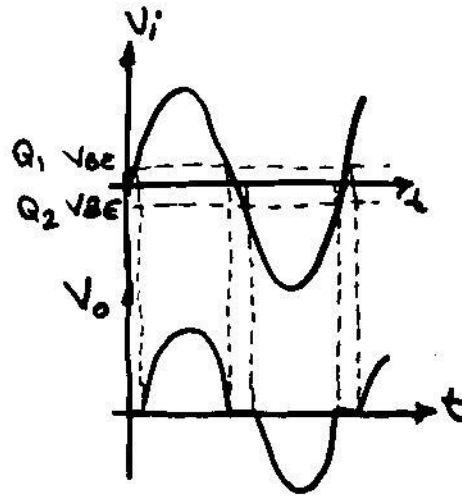
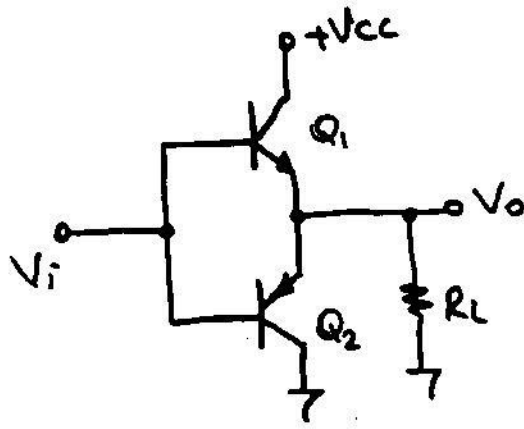
Giris sinyalinin 180° 'lik bir bölümü için çıkış verir.
Çıkıştan tam bir sinüs elde edilebilmesi için iki
transistörün yeraldığı push-pull devreler kullanılır.
Bunlardan biri pozitif diğer de negatif alternans
için çıkış verir ve çıkışlar bir yük üzerinde
birleştirilir. Her iki transistör de Q noktaları kesim
noktasında olacak şekilde polarizandırıln ve farklı
tip tedirler.



Aşağıda tek veya çift voltaj kaynağı ile yapılan
push-pull amplifikatörler görülmektedir.

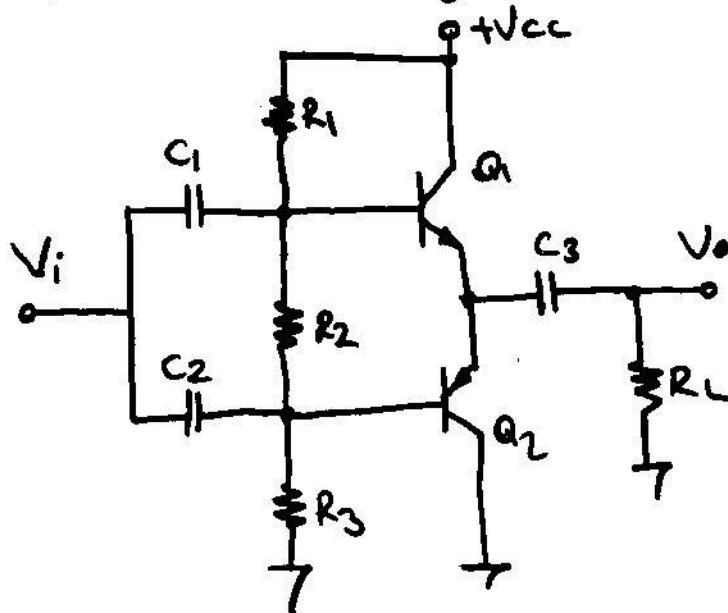


Push-Pull Amplifikatörlerin Polarmalandırılması

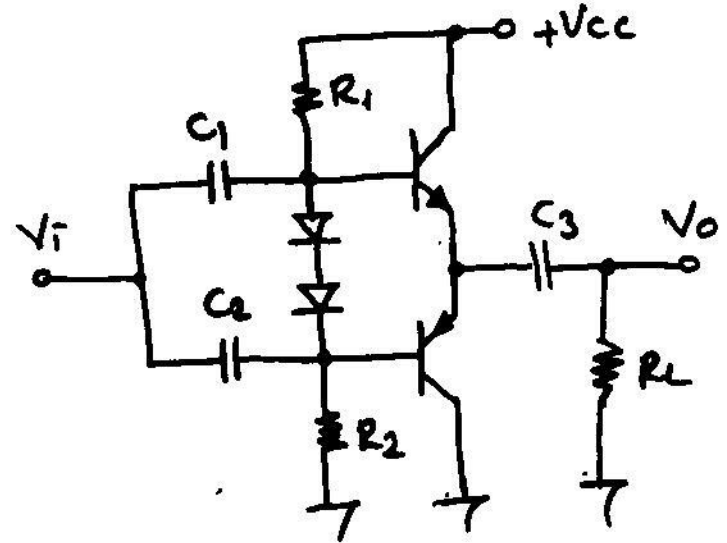


Geriş distorsiyonu

B sınıfı push-pull amplifikatör devresinde transistörler kesimde olacak şekilde polarmalandırılırsa, iletme geçmek için ac giriş sinyalinin transistörlerin V_{BE} gerilimlerini aşması gerekir. Bu da çıkış sinyali üzerinde, bu aralıklarda çıkış olmaması sebebiyle distorsiyon (bozulma) olarak görülür. Bunu önlemek için transistörlerin kesimin biraz üzerinde polarmalandırılması gereklidir. Bunun için aşağıda iki devre görülmektedir.



Voltage Bölücü Polarizasyon



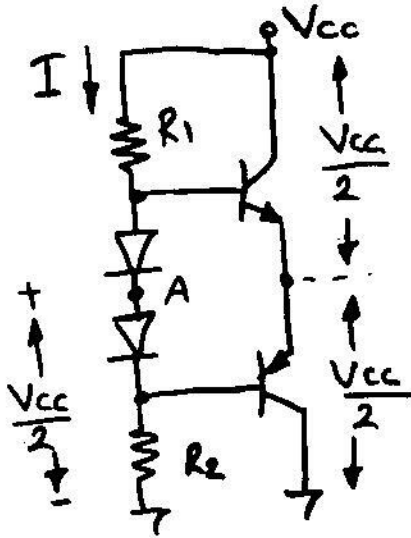
Diyot polarizmalı devre

Daha sıklıkla kullanıldığı için diyot polarizmalı devre. Eğer incelersek diyotların üzerindeki gerilimlerle, V_{BE}

gerilimlerinin eşit olduğu kabul edilirse;

$$V_{CEQ1} = V_{CEQ2} = V_{CC}/2 \text{ olur.}$$

Transistörlerin kesime yakın polarize edildiği düşünülürse $I_{CQ} \approx 0$ dır.



dc eşdeğer

dc analiz;

$$R_1 = R_2 \text{ seçilir.}$$

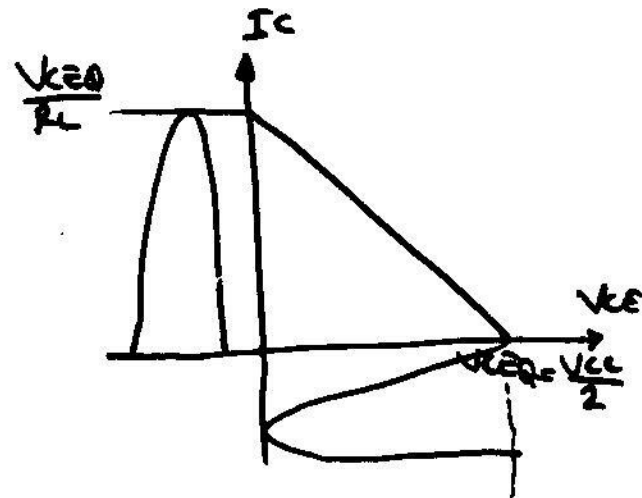
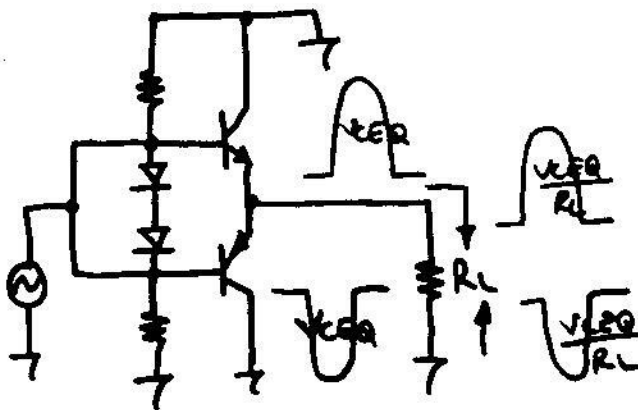
$$V_A = \frac{V_{CC}}{2} \text{ olur.}$$

Transistörler kesimde iseler;
(iletime geçmek üzere)

$$I = \frac{V_{CC} - 2V_d}{R_1 + R_2}$$

$$V_{CEQ1} = V_{CEQ2} = \frac{V_{CC}}{2}$$

ac işlem:



Maksimum çıkış gücü;

$$P_{out} = V_{out(rms)} I_{out(rms)}$$

$$\downarrow \qquad \qquad \downarrow$$

$$0,707 V_{ceQ} \qquad 0,707 I_{Csat}$$

$$P_{out} = 0,5 V_{ceQ} \cdot I_{Csat}$$

$$V_{ceQ} = \frac{V_{CC}}{2} \text{ iken}$$

$$P_{out} = 0,25 V_{CC} \cdot I_{Csat}$$

dc giriş gücü;

$$P_{dc} = V_{cc} \cdot I_{cc}$$

$$I_{cc} = \frac{I_{csat}}{\pi} \quad (\text{ort. deger})$$

$$P_{dc} = \frac{V_{cc} \cdot I_{csat}}{\pi}$$

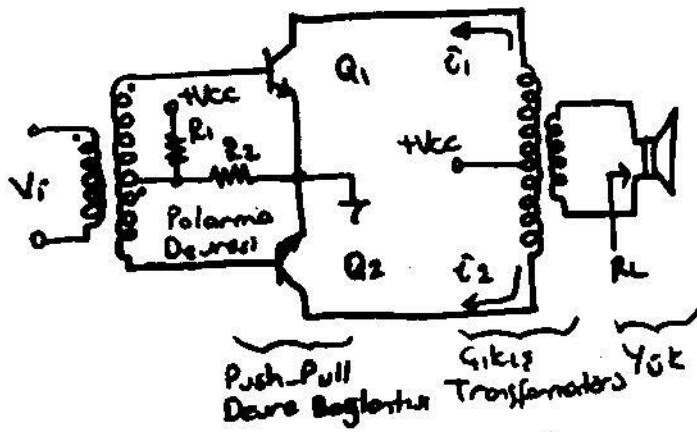
$$\text{Verim}; \% \eta = \frac{P_{out}}{P_{dc}} \cdot 100$$

$$\text{Maksimum Verim}; \% \eta_{max} = \frac{P_{out}}{P_{dc}} \cdot 100$$

$$\% \eta_{max} = \frac{0,25 V_{cc} I_{csat}}{V_{cc} \cdot I_{csat} / \pi} \cdot 100$$

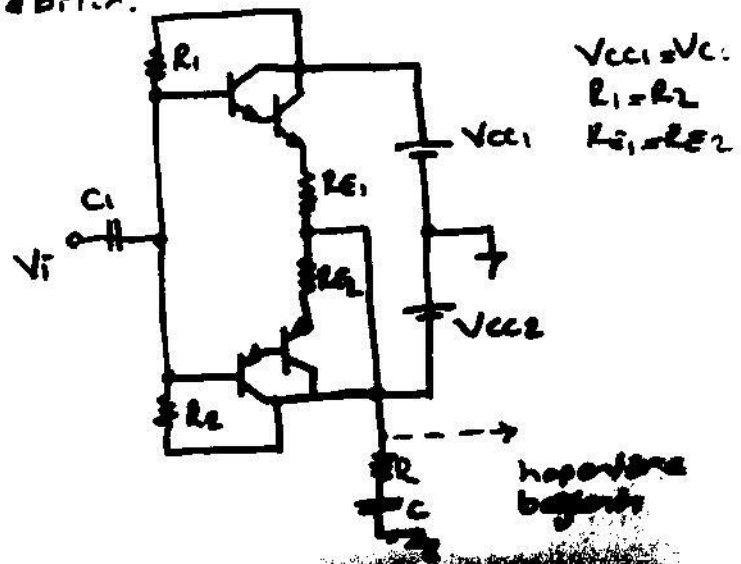
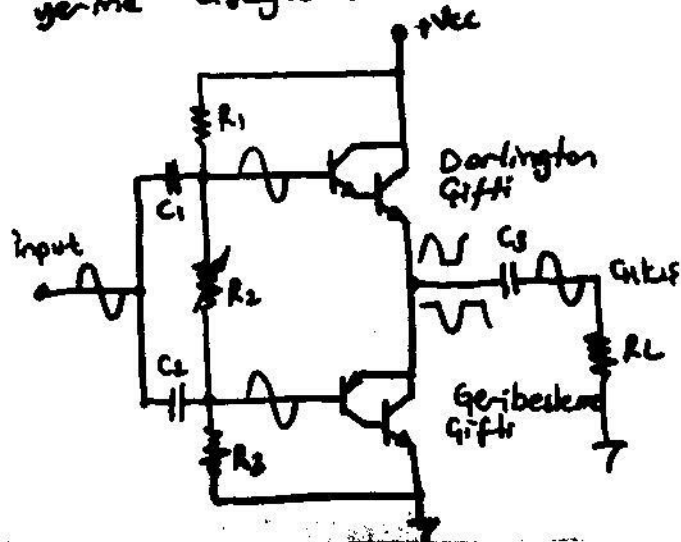
$$\% \eta_{max} = 0,25 \pi \cdot 100 = \% 78,5$$

Transformator kablalı Push-Pull devresi

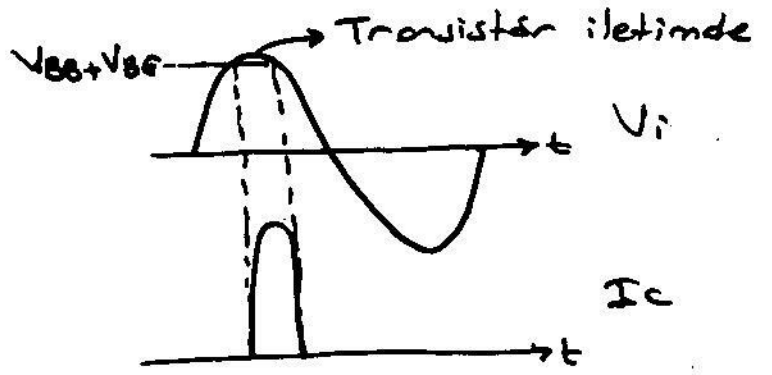
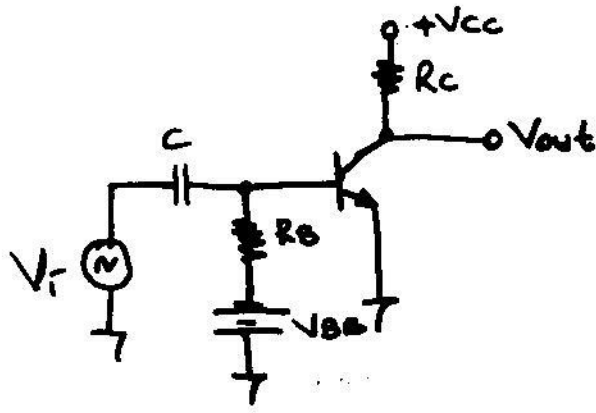


Polarma noktası uygun seçilirse AB sınıfı çalışma da yapabilir. Empedans uyumlaştırmak için çıkış transformatör bağlamıştır. Her iki transistörde npn tipi olduğundan çıkış sinyalinin fazını farklı olmasi gerekir. Burada girişteki transformatör sağlar. Ancak transformatörün kullanımı yüksek maliyetli.

fazla yer isgaline ne kadar bu frekans response'na sebep olur. Bu yerine aşağıdaki devreler kullanılabilir.



C SINIFI GÜÇ AMPLİFİKATÖRLERİ



C sınıfı amplifikatör 180° den daha küçük bir aralık için çalıştırılır. Q noktası kesimin altındadır. Yukarıdaki devre $-V_{BB}$ kaynağı ile kesimin altında polarize edilmiştir. Transistörün iletime geçmesi için ac giris sinyalinin $V_{BB} + V_{BE}$ değerini aşması gerekir. Yani yalnızca giris sinyalinin tepe değerleri için çıkış vardır. Dolayısıyla transistör güc kaybı çok düşüktür.

Transistörün iletimdeyken harcadığı güç;

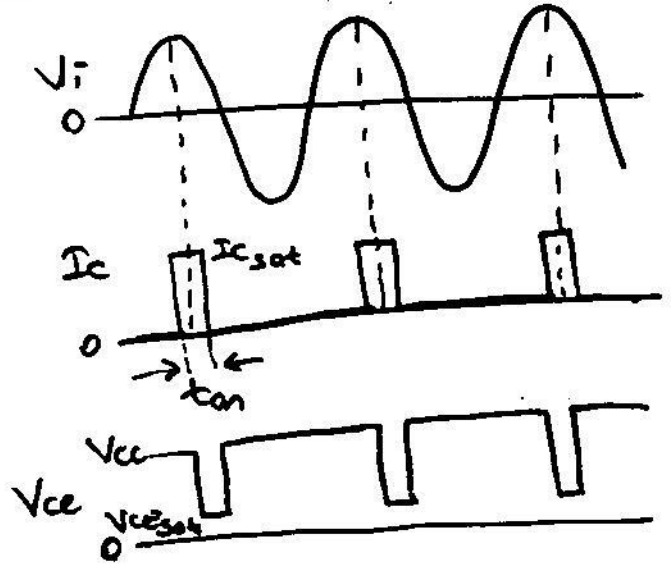
$$P_{D_{on}} = V_{CE_{sat}} \cdot I_{C_{sat}}$$

Sinyal periyodu süresince harcadığı güç;

$$P_{D_{ort}} = P_{D_{on}} \cdot \frac{t_{on}}{T}$$

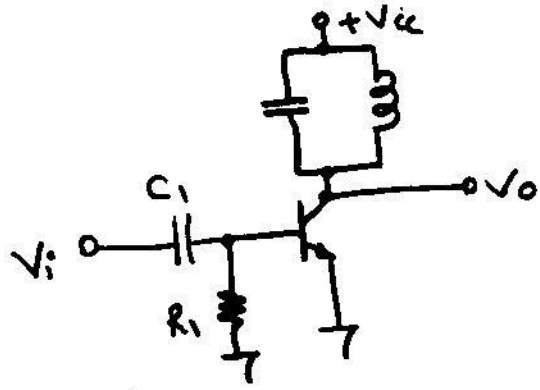
$$P_{D_{ort}} = \frac{t_{on}}{T} \cdot V_{CE_{sat}} \cdot I_{C_{sat}}$$

$t_{on} \rightarrow$ transistörün iletimde kaldığı süre
 $T \rightarrow$ giris sinyalinin periyodu

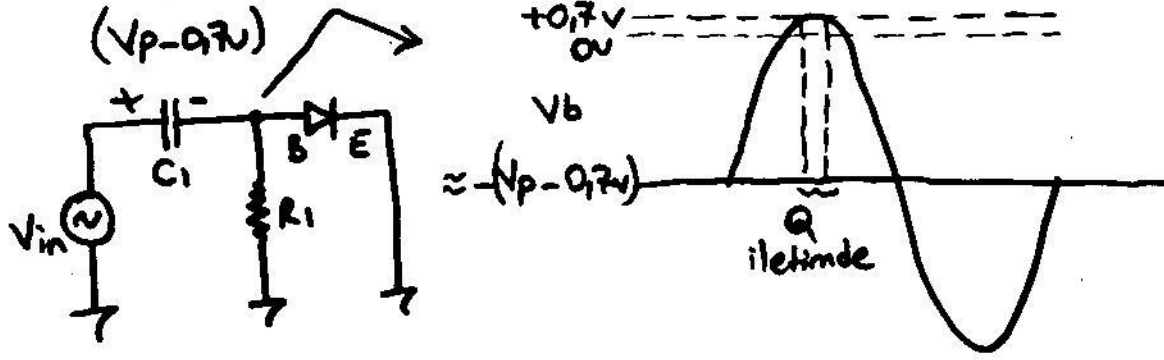


Örne Bir C sınıfı amp. 200KHz ile sürülmektedir. Transistör μs 'lik bir an için iletimde kalıyorsa $I_{C_{sat}} = 100mA$
 $V_{CE_{sat}} = 0,2V$ ise transistörün harcadığı ortalama güç ne olur?

Kenetleyici polarma:



Transistörün kesimin altında polarlamak için beyze ikinci bir kaynak bağlamak yerine yolda geçen beyz polarma kullanılır.



* C_1 giriş sinyali pozitif tepeye doğru artarken $V_p - 0.7V$ 'a sağ olur.

* Giriş sinyalinin geç kalan kısmı için kondansatörün deşarj olmadığı kabul edilir. Yani $R_1 C_1$ zaman sabiti çok büyük seçilmelidir ki kondansatör üzerindeki voltaj çok fazla değişmesin.

et Sinyalin ikinci pozitif alternansı geldiğinde transistörün iletime geçmesi için giriş sinyalinin kondansatör voltajını aşması gerekir. Böylece transistör yalnızca giriş sinyalinin pozitif tepeleri için çalışmış olur.

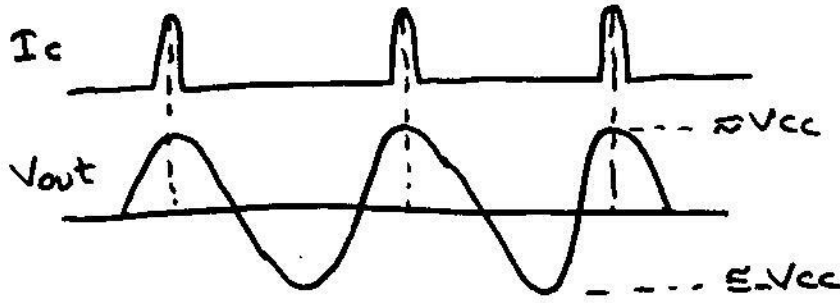
Tank devresi;

Çıkış sinyalinin tam bir sinüs olabilmesi için yine yukarıdaki devrede görüldüğü gibi C sınıfı amplifikatörler bir paralel rezonans devresi ile birlikte kullanılır.

Tank devresi osilasyonlarının sürekli devam etmesi için tank devresinin rezonans frekansı ile devresinin ac giriş sinyalinin frekansının birbirine eşit olması gerekir. Devrede maximum çıkışta bir durumda alınır. Tank devresinin

rezonans frekansı $f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 'dir.

Transistor iletime geçtiğinde kollektor akım pulsu tank devresinin osilasyonunu başlatır ve besler. Böylece çıkıştan bir sinüsoidal sinyal alınır



Maksimum Çıkış Gücü,

Tank devresinin osilatördeki gerilim yaklaşık olarak tepeden-tepeye $2V_{cc}$ dir.

$$V_{out(p-p)} = 2V_{cc} \quad V_{outp} = V_{cc} \quad V_{out_{rms}} = 0,707V_{cc}$$

$$P_{out} = \frac{V_{out_{rms}}^2}{R_c} = \frac{0,5 V_{cc}^2}{R_c} \rightarrow \text{tank devresi direnci}$$

Toplam Güç:

$$P_T = P_{out} + P_{Dort} = \frac{0,5 V_{cc}^2}{R_c} + \frac{t_{on}}{T} V_{cc_{sat}} \cdot I_{c_{sat}}$$

Verim;

$$\% \eta = \frac{P_{out}}{P_T} \cdot 100 \quad P_{out} \gg P_{Dort} \text{ ise } \% \eta \text{ yaklaşık } \%100 \text{ 'dır.}$$

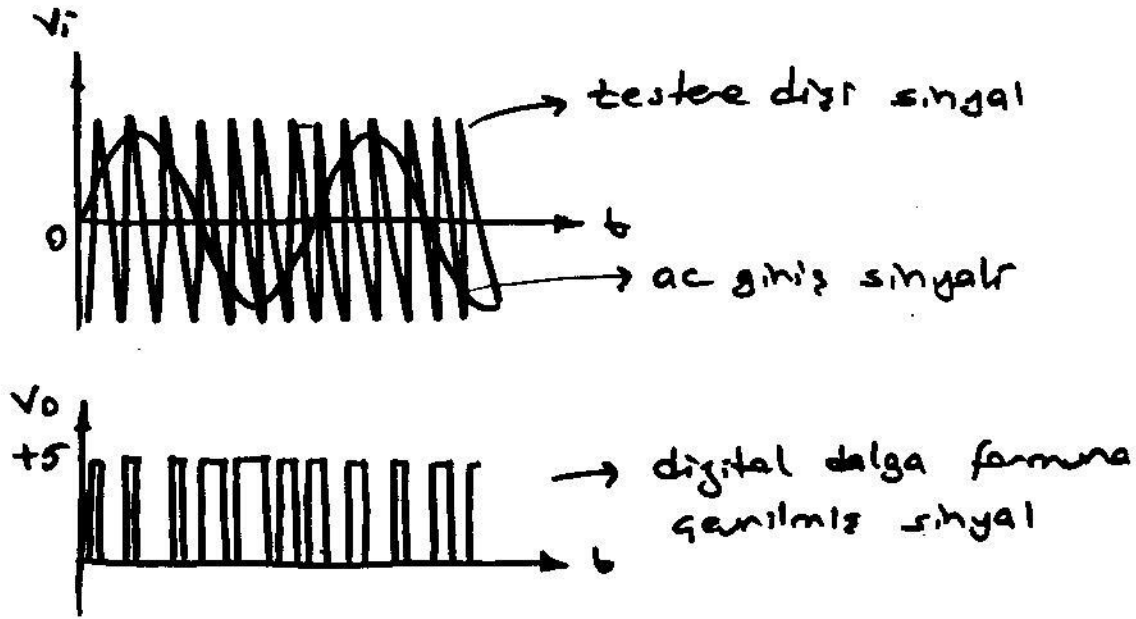
Örn: $P_{Dort} = 2 \text{ mW}$ olan C sınıfı amplifikatörün $V_{cc} = 24 \text{ V}$ ve $R_c = 100 \Omega$ değerleri için verimi nedir?

$$\underline{\text{Çözüm}} \quad P_{out} = \frac{0,5 V_{cc}^2}{R_c} = \frac{0,5 \cdot 24^2}{100 \Omega} = 2,88 \text{ W}$$

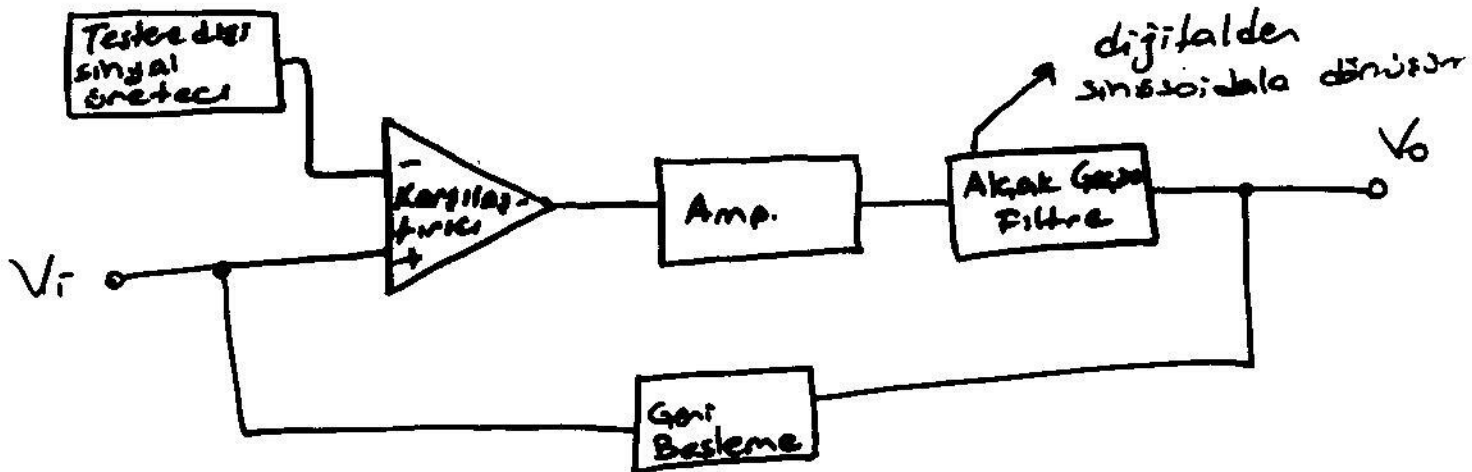
$$\% \eta = \frac{2,88 \text{ W}}{2,88 \text{ W} + 2 \text{ mW}} \cdot 100 = \%99,93$$

D SINIFI GÜÇ AMPLİFİKATÖRLERİ

D sınıfı amplifikatör dijital veya pals tipi sinyallerle çalışacak şekilde dizayn edilirler. Verimleri % 90'ın üzerindedir. D sınıfı amplifikatörde önce ac sinüsoidal sinyalin pals-tipi dalga formuna çevrilmesi, amplifikatör çıkışının ise yüke aktarılmadan önce tekrar original haline dönüştürülmesi gereklidir.



Aşağıda D tipi bir amplifikatör blok diyagramı görülmektedir.



AMPLİFİKATÖR DİSTORSİYONU

Herhangi bir sinyal 360° den daha az bir aralık için değişiyorsa distorsiyona sahiptir. 360° için pozitif ve negatif olarak değişen bir sinusoidal sinyal tek bir frekansa sahiptir, distorsiyonlu sinyal her bir farklı genlik değerlerine sahip birden fazla frekans bileşenine sahiptir. Bunlara harmonik elemanlar ya da harmonikler denir. Örneğin, orijinal olarak 1000 Hz olan bir sinyal distorsiyondan sonra 1000 Hz 'lik bir frekans bileşenine ve 2 kHz , 3 kHz , 4 kHz , ... gibi harmonik bileşenlerine sahiptir. Orijinal sinyal frekansına 1000 Hz (1 kHz) temel frekans denir bunun tam sayı katları ise harmoniklerdir. 2 kHz 'lik bileşen ikinci harmonik, 3 kHz 'lik bileşen üçüncü harmoniktir.

Harmonik Distorsiyon:

$$\% \eta. \text{ harmonik distorsiyon} = \% D_\eta = \frac{|A_\eta|}{|A_1|} \times 100\%$$

$A_1 \rightarrow$ temel frekansın genliği

$A_\eta \rightarrow \eta. \text{ frekans bileşeninin genliği}$

Toplam Harmonik Distorsiyon:

$$\% \text{ THD} = \sqrt{D_2^2 + D_3^2 + D_4^2 + \dots} \times 100\%$$

Örn: Temel genliği $2,5\text{ V}$, ikinci harmonik genliği $0,25\text{ V}$, üçüncü harmonik genliği $0,1\text{ V}$, dördüncü harmonik genliği $0,05\text{ V}$ olan sinyalin $\%$ harmonik distorsiyonlarını ve THD'sini hesaplayınız.

$$\% D_2 = \frac{|A_2|}{|A_1|} \times 100 = \frac{0,25\text{ V}}{2,5\text{ V}} \times 100 = \%10 ; D_3 = \%4 , D_4 = \%2$$

$$\% \text{ THD} = \sqrt{(0,10)^2 + (0,04)^2 + (0,02)^2} \times 100 = \%10,95$$

Distorsiyonlu sinyalin gücü

Yük direnci üzerinde (R_C) temel frekans tarafından oluşturulan güç:

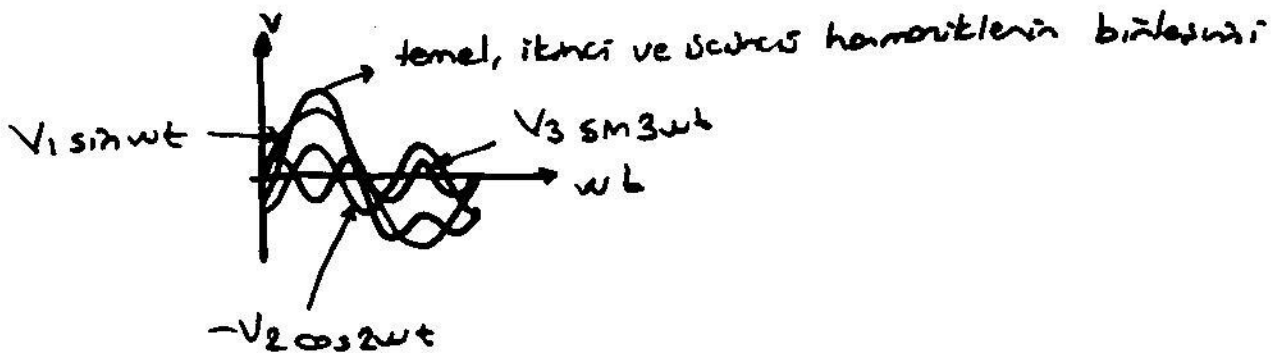
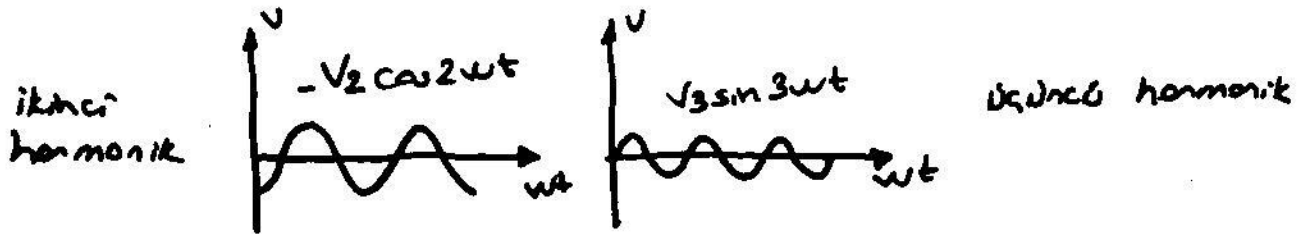
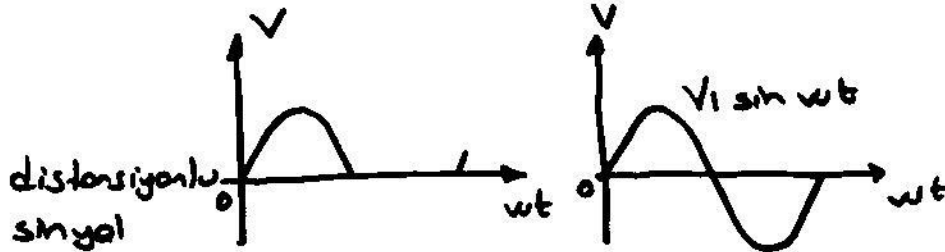
$$P_1 = \frac{I_1^2 R_C}{2}$$

Bütün harmoniklerce oluşturulan toplam güç;

$$P = (I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots) \frac{R_C}{2}$$

$$P = (1 + D_2^2 + D_3^2 + \dots) I_1^2 \frac{R_C}{2} = (1 + THD^2) P_1$$

Harmonik bileşenlere sahip distorsiyonlu sinyalin grafiksel gösterimi;



GÜÇ TRANSİSTÖRÜ ISI ETKİSİ

Transistörün ısı arttıkça üzerinde harcayacağı güç miktarı değişir. Tipik olarak maksimum bürleşim sıcaklığı;

Silisyum $\rightarrow 150-200^{\circ}\text{C}$

Germaniyum $\rightarrow 100-110^{\circ}\text{C}$

Ortalama güç harcaması; $P_D = U_{CE} \cdot I_C$

Bu güç değeri transistörün oda sıcaklığındaki çalışma ısısında harcayacağı güçtür (25°C). Sıcaklık arttıkça güç miktarı düşecektir.

$$P_D(\text{sıcaklık}_1) = P_D(\text{sıcaklık}_0) - (\text{sıcaklık}_1 - \text{sıcaklık}_0) (\text{azalma faktörü})$$

Örn: 25°C 'de max. güç 80W olarak verilen bir transistörün 25°C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda azalma faktörü $0,5\text{W}/^{\circ}\text{C}$ ise 125°C 'deki gücünü bulunuz.

$$\begin{aligned} P_D(125^{\circ}\text{C}) &= P_D(25^{\circ}\text{C}) - (125^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) (0,5\text{W}/^{\circ}\text{C}) \\ &= 30\text{W} \end{aligned}$$