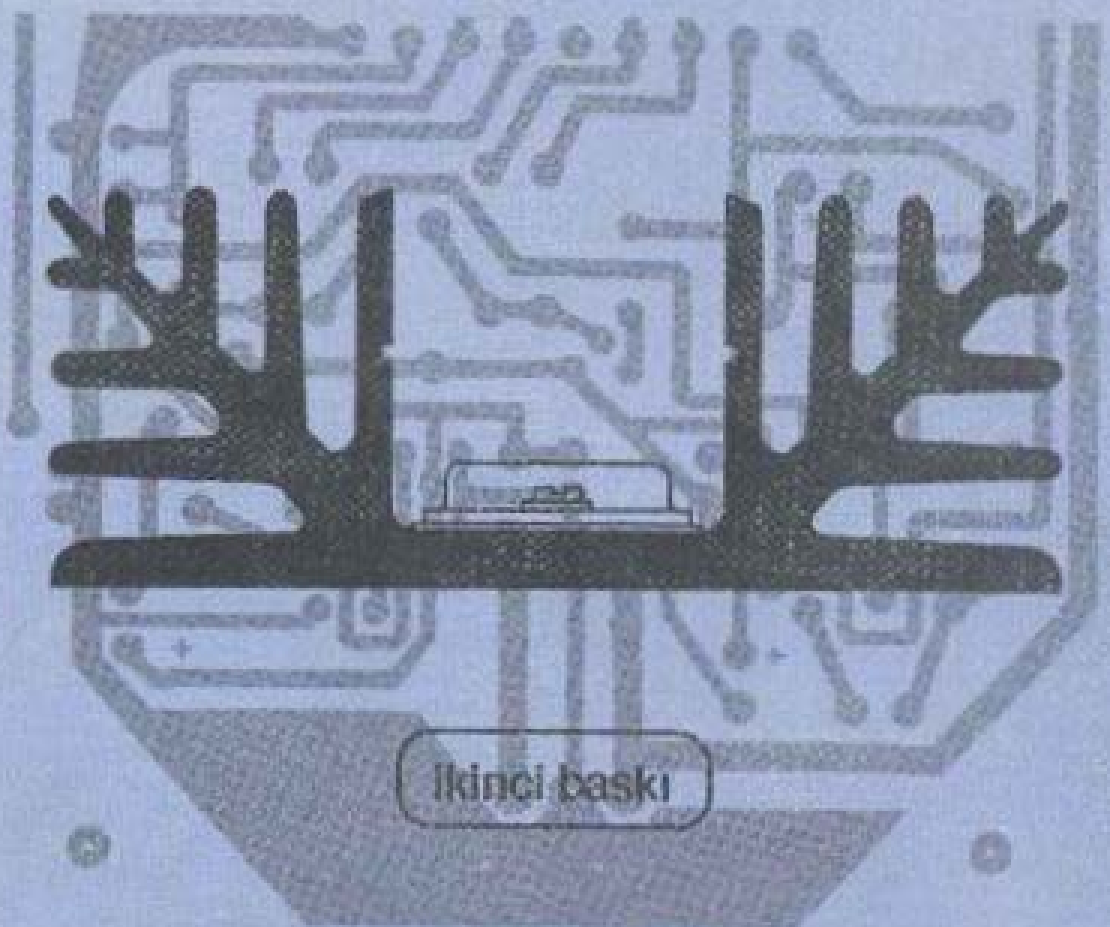
Çelikkanat / Öniz

Ses Frekansı Güç Kuvvetlendiricileri

8

ECKD
elektronik
cep kitapları
dizisi

Tümdevreler ve tranzistorlarla yapılan, çeşitli güçlerde ses frekansı çıkış katı örnekleri



İkinci baskı

YÜCE YAYINLARI

Mahir Çelikkanat/Münip Öniz

Ses Frekansı Güç Kuvvetlendiricileri

Tümdevreler ve tranzistorla yapılan, çeşitli güçlerde ses frekansı çıkış katı örnekleri

94 adet şekil

ikinci baskı

YÜCE YAYINLARI

Copyright © Yüce Reklam/Yayım/Dağıtım A.Ş.
Bu kitabın Türkiye'de tüm yayın hakları YÜCE REKLAM/YAYIM/DAĞITIM A.Ş.'ye aittir. Kısmen ya da tamamen basılamaz, mikrofilme çekilemez, dolaylı dahi olsa kullanılamaz, teksir, fotokopi veya başka bir teknikle çoğaltılamaz, bilgisayarlarda işlenebilecek bir biçime dönüştürülemez.

BASKI DEVRE FİLMLERİ HAKKINDA:

Bu kitapta ELO ELEKTRONİK dergisinden alınmış yazıların baskı devreleri için sadece yerleştirme planları verilmiştir. Baskı devreler, kitap sonundaki "Kaynaklar" bölümü yardımıyla ELO ELEKTRONİK'in ilgili sayısından ya da yerleştirme planı şekil alt yazılarındaki ELO ELEKFİLM kodu belirtilerek film halinde yayınevimizden sağlanabilir.

Film ücretleri ve nasıl temin edileceği, dergideki ELEKFİLM ilanlarından öğrenilebilir.

YÜCE
reklam/yayım/dağıtım a.ş.

elektronik seri: 21
E.C.K.D. 8
ISBN 975-411-108-1
Peykhane Caddesi,
Dizdariye Çeşmesi Sokak,
No: 6, Emre Han, Kat: 1
Sultanahmet 34400 İSTANBUL
P.K. 76 Beyazıt 34492 İSTANBUL

derleme: a. mahir çelikkanat - münip öniz
düzenleme: yüce reklam/yayım/dağıtım a.ş.
dizgi: ihlas matbaacılık a.ş.
baskı: alemdar ofset (ağustos 1988)
cilt: burçin ciltevi

ÖNSÖZ

Bu kitaba başlarken amacımız, ELO ELEKTRONİK'in artık kalmayan sayılarında yer alan ve okuyucu tarafından devamlı ilgi gören ses frekansı güç kuvvetlendiricilerine ilişkin pratik devreleri bir araya toplayarak size sunmaktı. Ama kitabın hazırlıkları sırasında, sadece benim çevirdiğim ve daha önce yayınlanmış yazılarla yetinmeyip böyle bir çalışma yapılıyorken okuyucularımıza daha fazla devre seçeneği vermenin doğru olacağı görüşüne vardık.

Bunun üzerine çalışma arkadaşım Münip Öniz, neleri yayımlayabileceğimiz konusunda bir araştırma içine girdi; çeşitli firmaların kataloglarını, uygulama notlarını ve konuyla ilgili kitapları tarayarak piyasa koşullarımıza en uygun devreleri seçti. Bu arada teknolojinin son durumunu yansıtmak üzere, MOS güç tranzistorlarıyla yapılmış bir devre örneğini kitaba eklemekten de kendini alamadı.

Bu çabalar sonucunda ortaya çıkan kitabın verdiği pratik devrelerin ve örneğin soğutucuların hesaplanması gibi yardımcı bilgilerin siz okuyucularımıza yararlı olacağına inanıyoruz.

Mahir Çelikkanat

ÖNEMLİ NOT:

Bu kitapta verilen devreler ve yöntemler patent konusu gözönüne alınmaksızın sunulmuştur. Yalnızca amatör amaçlar ve eğitim amacına yönelik olarak belirlenmişlerdir ve mesleki olarak kullanılamazlar.(1)

Bu kitaptaki bütün devreler ve teknik bilgiler yazar tarafından büyük bir sorumlulukla oluşturulmuş ve etkili kontrol ölçüleri altında üretilerek denenmiştir. Buna rağmen hatalar bütünüyle önlenmiş sayılamaz. Bu sebepten yayınevi ve yazar, herhangi bir hatalı bilgi dolayısıyla oluşabilecek sonuçlara karşı herhangi bir garanti ya da hukuki bir sorumluluk vaad etmediklerini bildirmeye kendilerini mecbur addederler. Kitaptaki muhtemel hatalar bildirilirse yazar ve yayınevi her zaman için sizlere müteşekkir kalır.

(1) Mesleki olarak kullanılması halinde lisans sahibinin önceden izni alınmalıdır.

İÇİNDEKİLER

1. Değişik çıkış güçleri için tamamen tranzistorlu HiFi çıkış katı 5
2. Tekil elemanlarla yapılmış 100 W HiFi çıkış katı.... 13
3. TDA 1905 ve TDA 1910 ile 6...13 W çıkış gücü..... 21
4. TBA 820 M ile 2 W çıkış gücü 30
5. TDA 2030- 20 W'lık tümdevre 34
6. TDA 2030 ile 50 W'lık HiFi çıkış katı 40
7. 70 W'lık üç yollu aktif kutu 45
8. 200 W'lık köprü kuvvetlendirici 52
9. TDA 2003 ile otolarda 12 W çıkış gücü 58
10. TDA 2004 ile 2x12 W'lık stereo çıkış katı 64
11. 2x30 W çıkış güçlü stereo kuvvetlendirici 73
12. Eşlenik Darlington güç tranzistorlarıyla yapılan 15...60 W'lık çıkış katları 83
13. STK-xxx kalın film tümdevrelerle yapılmış güç kuvvetlendirici örnekleri 97
14. MOS çıkış tranzistorlu güç kuvvetlendiricisi 110

Ekler:

Tümdevre güç kuvvetlendiricilerinin özellikleri ... 115
Güç tranzistorlarında güvenli çalışma bölgesi - SOA 123
Yarıiletkenlerin soğutulması 125
En önemli devre elemanlarının sembolleri 129
Desibel değerleri (I) 131
Desibel değerleri (II) 132
Baskı devreler 133
Kaynaklar 135

1 DEĞİŞİK ÇIKIŞ GÜÇLERİ İÇİN TAMAMEN TRANZİSTORLU HiFi ÇIKIŞ KATI

Tek tek yarıiletken elemanlarla kurulmuş Hi-Fi çıkış katları konusunda son yıllarda çok az şey yapılmıştır: Sadece bazı temel devreler çok değişik şekillerde sunulmuştur. Yenilikler konusunda çekingen davranılmış ve bunlar da duyulan bir iyileştirme sağlayamamıştır (dijital çıkış katı, "Quad" prensibi gibi). Aşağıdaki yazıda, özel olarak fazla tecrübesi olmayanlar ile pratik devre yapımına meraklı olanlar için hazırlanmış bir stereo çıkış katı tanıtılmaktadır. Bu nedenle, devrenin basitliğine ve hatasız olarak yapıldığında problem yaratmadan çalışmasına büyük özen gösterilmiştir.

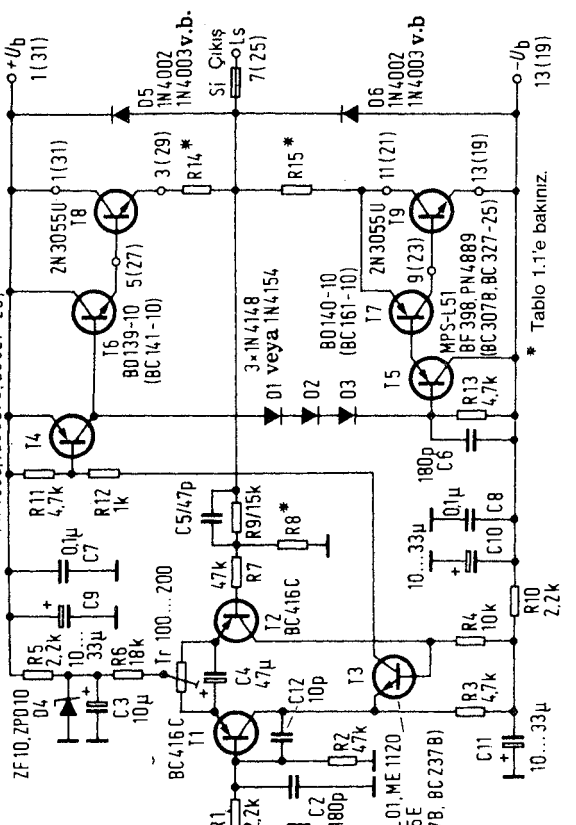
Devrenin basitliğine rağmen, kaliteli olduğunu teknik verileri (Tablo 1.2) göstermektedir. Bunun yanı sıra, baskı devrenin profesyonel bir görünüme sahip olmasına da özen gösterilmiş ve standart hale gelmiş 31 kutuplu profesyonel fişli bağlantı takımı (plaket konnektörü) kullanılabilecek şekilde hazırlanmıştır.

Devrede çıkış tranzistorlarının gerilimle sürülmesi prensibi kullanılmıştır. Böylece, küçük sükunet akımına rağmen geçiş distorsiyonu düşük olmaktadır. Çıkış katı, "büyük çıkış güçlerine düşkün" olanlar için de uygundur: Köprü bağlandığında 140 W'ın üzerinde sinüs gücü ölçülebilmektedir.

1.1 DEVRE

Çıkış katının devresi Şekil 1.1'de görülmektedir. T1 ve T2 tranzistorları büyük kazanç sağlayan bir fark kuvvetlendirici olarak çalışmaktadır; bunların emetör akımı R6 üzerinden gelmektedir. Fark kuvvetlendiricinin kendi gürültüsünün düşük tutulması için, D4 Z-diyodu C3 tantal kondansatörü ile köprülenmiştir. T3 ikinci fark katı olarak etkilidir ve çalışma noktasının kararlılığını; R10, C11 elemanları da besleme yolu üzerinden gelebilecek zararlı işaretlerin zayıflamasını sağlamaktadır. T4 tranzistoru, çıkış tranzistorları için önsürücü kattır; 10 mA kolektör akımı akıtırken akım kazancının 100'den büyük olması gerekir.

T6...T9 sürücü ve çıkış tranzistorları, D1...D3 üzerinden akan akımla çıkış katının sükunet (boştaki) akımı düşük olacak şekilde



Şekil 1.1: HiFi-stereo çıkış katının devresi, burada sadece sol kanal gösterilmiştir. Sağ kanala ait plakete giriş-çıkış numaraları parantez içinde verilmiştir.

kutuplanmaktadır. Diyotların üzerindeki toplam gerilim 2,0...2,2 V arasında bulunmalıdır. Bu nedenle, 1. kalite diyotlar kullanılmalı veya diyotlar seçilerek konulmalıdır. T6 ve T7 tranzistorları için, burada kullanılan gerilimle sürme prensibi nedeniyle ancak 60 W sinüs'ün üzerindeki güçlerde soğutma gerekmektedir. Bu durumda bile birkaç cm^2'lik siyah eloksallı alüminyum levha yeterlidir.

Gerilimle sürme, çok küçük sükûnet akımında bile geçiş distorsiyonunun düşük olmasını sağlamaktadır. Böylece sıcaklık değişimlerine karşı iyi bir kararlılık da garanti edilmektedir. Girişte bulunan R1, C1 elemanları ile C3...C12 kondansatörleri, olabilecek osilasyonların bastırılmasına ve çıkış katının kararlı çalışmasına yaramaktadır. D5 ve D6 diyotları, hoparlörden gelebilecek büyük değerli endüksiyon gerilimlerinin çıkış tranzistorlarına zarar vermesini bunları besleme gerilimi ile sınırlayarak önlemektedir. T8 ve T9 çıkış tranzistorları plaket üzerinde değildir, bunlar soğutucu üzerine monte edilecektir.

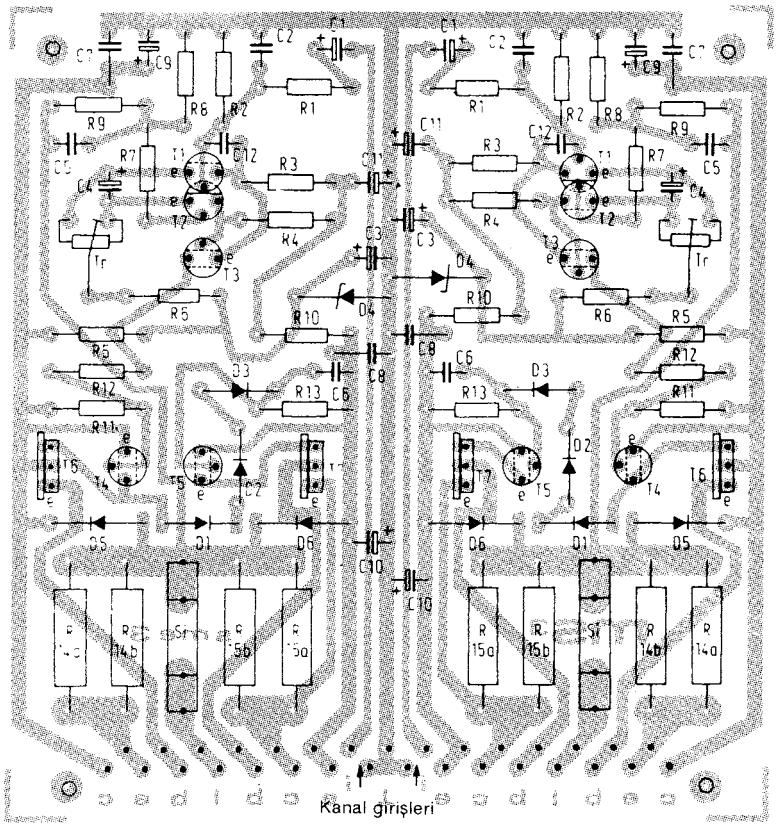
1.2 MEKANİK YAPI

Çıkış katı stereo veya köprü bağlı olarak kullanılmak üzere düşünülmüştür ve bunun için iki kanala ait çıkış katları da 10x10,5 cm^2'lik aynı plaket üzerindedir (Şekil 1.2). Plaket, 31 kutuplu bir fişli, bağlantı takımı (Siemens,...) yardımıyla, kutuya rahatça takılıp çıkartılabilecek şekilde hazırlanmıştır ve istenirse ek olarak iki adet metrik vida (M3) ile de kutuya vidalanabilir.

Plakete sırayla önce dirençler, sonra kondansatörler ve en sonunda da yarıiletkenler yerleştirilmelidir. Direnç ve kondansatörler plakete olabildiğince yakın (kısa bacaklı olarak), ama tranzistorlar yaklaşık 5 mm uzaklıkla monte edilmelidir. Yerleştirmede elektrolitik kondansatörlerin polaritelerine (+ uçlarına) dikkat edilmelidir; özellikle tantal kondansatörler ters takıldıklarında çabuk zarar görürler. T1 ve T2 tranzistorları, kılıfları birbirine değecek şekilde monte edilmeli ve devre ilk defa çalıştırılmadan önce kılıflarının etrafı mum veya ısı ileten pasta ile iyice kapatılmalıdır; bu şekilde ikisi de aynı ısı potansiyelinde tutulmuş olur.

T3, T4 ve T5 için MPSL-01, MPSL-51, PN 4889 yüksek gerilim tranzistorlarının kullanılması halinde, bunların bacak diziliş sırası farklılıklarına dikkat edilmelidir! (*) Gerekirse, bacakların delik-

(*) Bu konuda, firmamız tarafından yayınlanan tranzistor özellik ve karşılık kitapları (örneğin: "ULUSLARARASI TRANZİSTORLAR, ÖZELLİKLERİ VE KARŞILIKLARI") size yardımcı olacaktır.



Şekil 1.2. İki kanalı da kapsayan baskı devre için yerleştirme planı (ELO-ELEKFİLM 79)

Tablo 1.1 Çeşitli çıkış güçleri için değişiklikler

Sinüs çıkış gücü:	Trafo gerilimi/ akımı:	Boştaki doğru gerilim:	Sigorta Si	R8	R14, R15	Uyarılar:
2x15 W	2x12 V/2A	± 17 V	F 0,8	2,2 k		
2x20 W	2x15 V/2,5 A	± 21 V	F 1	1,8 k		
2x30 W	2x18 V/2,5 A	± 25 V	F 1,6	1,5 k	2 x 0,68 Ω 1 W	T4 için yıldız soğutucu;T5 ve T6 tam soğutulmalı
2x45 W	2x21 V/3 A	± 30 V	F 2	1 k		
2x60 W	2x23 V/4A	± 33 V	F 3,15	1 k		
1x100 W	2x23 V/4 A	± 33 V	F 3,15	1 k	0,33 Ω 4 W	

lere doğru girmesi için, orta bacak kılıfın yassı tarafına doğru bükülmelidir. BD 139/BD 140 tranzistorları (T6, T7) plakete dış bağlantı uçları tarafından bakıldığında, kılıflarının metal yüzeyli tarafları sola bakacak şekilde monte edilmelidir (Şekil 1.2).

Devrenin montajdan sonra hemen çalışır hale gelmesinde lehimlerin iyi yapılmış olması, "soğuk lehim" bulunmaması önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle büyük akımların geçtiği 31 bacaklı konnektör, R14 ve R15 dirençleri, sigorta tutucular özenle lehimlenmelidir.

T8 ve T9 çıkış tranzistorları yeterli boyutlara sahip Al-soğutucuların üzerine monte edilmelidir. 60 W sinüs'e kadar olan güçler için bunların ısıl dirençleri 3^0C/W'tan, daha büyük güçlerde ise $1,5^0$ C/W'tan küçük olmalıdır. Örneğin ilk durumda her tranzistor için 37,5 mm uzunluğunda SK 03 tipi; ikinci durumda ise en az 75 mm uzunluğunda SK 02 veya SK 08 tipi çok kanatlı profile sahip geniş yüzeyli soğutucular kullanılabilir.

Hoparlöre giden çıkışlardaki sigortalar çıkış katını kısa devreye karşı korumaktadır. Diğer taraftan, sigortanın değeri Tablo 1.1 yardımıyla hoparlörün gücüne uygun seçildiğinde de aynı sigorta bu defa fazla güç geldiğinde hoparlörün zarar görmesini önlemektedir.

1.3 KARARLILIK

C2...C12 için verilen değerler kullanıldığında ve bunların belirtildiği gibi yerleştirilmesi halinde, kuvvetlendirici bütün omik ve endüktif yüklerde kararlı (stabil) olarak çalışmaktadır. Buna rağmen yapımda dikkat edilmesi gereken birkaç konu daha vardır: Besleme gerilimi ve çıkış tranzistorları için kullanılan iletkenler en

az 1 mm^2 lik keside sahip olmalıdır ve olabildiğince kısa tutulmalıdır. Hoparlör prizlerinin (dişi giriş) toprak uçları hiçbir şekilde çıkış katı konnektörünün toprağına bağlanmamalıdır; bu uçlar doğrudan şebeke (besleme) transformatörünün sekonderindeki toprak ucuna bağlanmalıdır. Toprak hattı üzerinden istenmiyen işaretlerin dolaşması, geribesleme çevrimlerinin oluşması önlenmelidir.

Bir metal şasi ve metal kutu kullanıldığında soğutucular da doğrudan şasi üzerine monte edilmemeli, bundan yalıtılmış (plastik distanslarla v.b.) olarak takılmalıdır. Hiçbir şekilde, topraklanmış bir şasi aynı zamanda soğutucu olarak kullanılmamalı, yani tranzistorlar şasi üzerine monte edilmemelidir. En iyi kararlı çalışmaya, her bir çıkış tranzistoru için ayrı, yalıtılmış (izole) bir soğutucu kullanıldığında ulaşılır.

Sahne tekniğinde çoğu zaman yapıldığı gibi, hoparlörler için ekranlı kablo kullanılmamalıdır: Bu tür kablonun yüksek direnç ve kapasitesi devrenin osilasyon yapma eğilimini artırabilir. Hoparlör için piyasada bulunan 2x0,75 mm^2 lik kablo (NYFAZ); ama özellikle büyük güçler için daha iyisi iki damarlı, kesidi 1,5 mm^2 olan şebeke (cereyan) kabloları kullanılabilir. Parça listesi Tablo 1.3'te verilmiştir.

1.4 ÇALIŞTIRMA VE AYARLAR

Çıkış katına ilk defa gerilim uygulanmadan önce plakete elemanların doğru yerleştirilip yerleştirilmediği, çıkış tranzistorlarına olan bağlantılar iyice kontrol edilmelidir. Sonra gerilim verilip önce

Tablo 1.2 Teknik veriler

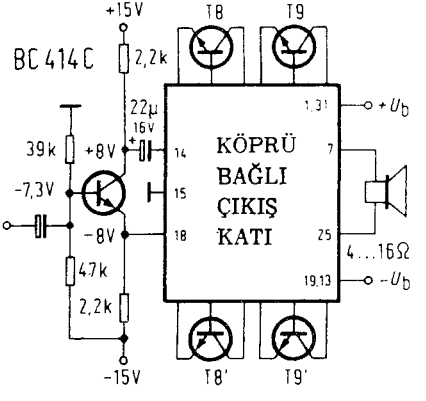
1 kHz, ± 18 V:	2 x 15 W
1 kHz, ± 25 V:	2 x 30 W
1 kHz, ± 33 V:	2 x 60 W
1 kHz, ± 33 V; köprü bağlı:	1 x 100 W
Distorsiyon[1]:	< % 0,1
Band genişliği:	5 Hz - 50 kHz
Güç bandı genişliği:	5 Hz - 40 kHz
Zayıflatma (amortisman) katsayısı:	20
Giriş duyarlığı:	1 V/47 kΩ
Yükselme süresi[2]:	< 5 μs

(1) 1 kHz'de maksimum seviyenin 3 dB altındaki sürme işareti için
(2) 20 kHz'de tepeden tepeye 20 V'luk kare dalga için

hoparlör yokken çıkış katı, besleme gerilimleri kontrol edilmelidir. Giriş kısa devre edildiğinde çıkış gerilimi 0 V olmalıdır. Eğer değilse, devre en az 10 dakika çalıştırıldıktan sonra Trl ile çıkış gerilimi tam 0 V yapılmalıdır. D1...D3 üzerinde ölçülen gerilim 2,0...2,2 V arasında ise, çıkış katının boştaki akımı otomatik olarak doğru ayarlanmış olur. D4 Z-diyodunun uçlarında da + 10 V ölçülmelidir.

Besleme geriliminin ± 35 V'u hiçbir şekilde aşmamasına dikkat edilmelidir. Aksi halde, besleme gerilimini süzmek için kullanılan tantal kondansatörler fazla gerilime dayanamıyarak kısa devre olurlar ve besleme katındaki sigortaları attırırlar. Açıkça görülmiyen bir nedenle besleme katının sigortaları atmaya başladığında da ilk önce tantal kondansatörler kontrol edilmelidir.

Girişe bir önkuvvetlendirici (preamplifikatör) bağlandığında C1 giriş kondansatörünün polaritesi buna uygun hale getirilmelidir (+ ucu doğru gerilimi daha pozitif olan tarafa takılmalıdır). Besleme katının regüle olması gerekmez, doğrultucudan sonra 4700 ... 10 000 uF'lık elektrolitik kondansatörler kullanmak yeterlidir.



Şekil 1.3: Aynı plaket üzerinde iki çıkış katının köprü bağlanmasında girişe faz çeviren tek tranzistorlu kat eklenmesi.

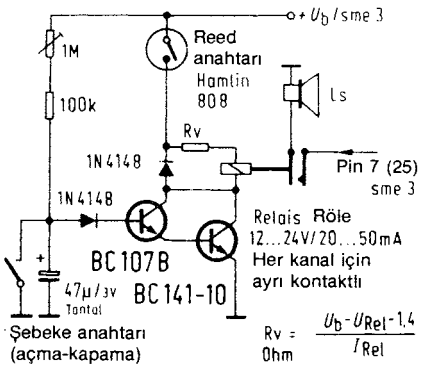
1.5 KÖPRÜ BAĞLAMA İÇİN ÖNSÜRÜCÜ

60 W sinüs'ten daha yüksek çıkış güçleri için plaket üzerindeki iki çıkış katı köprü bağlanmalıdır. Bu durumdan hoparlörün iki ucu da birer çıkışa bağlanacaktır, yani topraktan bağımsız olacaktır. Şekil 3'te girişlerin birbirine göre ters fazlı (180° faz farklı) gerilimlerle sürülmesi için tek tranzistorlu bir önsürücü katın araya nasıl ekleneceği de gösterilmiştir.

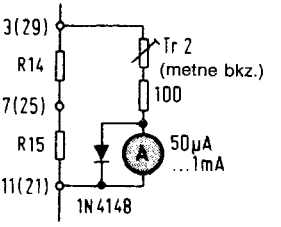
Bu önsürücünün besleme geriliminin regüle edilmiş olması gerekmektedir. Bu gerilim —eğer uygunsa— önkuvvetlendiricinin beslemesinden de sağlanabilir ama ± 12 ... ± 18 V arasında bulunmalıdır. Bu amaçla hiçbir şekilde çıkış katının besleme gerilimleri doğrudan kullanılmamalıdır, ya da kullanılacaksa şebeke vınıltısından kurtulmak için çok iyi regüle edilmelidir.

1.6 GECİKMELİ ÇALIŞTIRMA

Besleme gerilimi uygulandığında kondansatörlerin dolmaya başlamasıyla, bu geçici durum öncesince önkuvvetlendiriciden darbeler gelebileceğinden, hoparlörlerin çıkışlara bir röle üzerinden belirli bir süre geciktirilerek bağlanması istenir. Bunu Şekil 1.4'te verilen devre ile sağlamak olanağı vardır. Burada 47 uF'lık kondansatörün uçlarındaki gerilim belirli bir değere yükselmeden röle



Şekil 1.4: Hoparlörün gecikme ile çıkışa bağlanması için elektronik devre.



Şekil 1.5: Çıkış gücünü göstermek için ölçü aleti (seviye göstergesi) bağlanması.

kontağı kapanamaz. 1 MΩ'luk ayarlı direnç, besleme gerilimi uygulandıktan yaklaşık 3 saniye sonra röle çekecek şekilde ayarlanmalıdır.

Bu devreye bir de Reed anahtarı eklenmiştir. Çıkış tranzistorları aşırı ısındığında bu anahtar röle üzerinden hoparlörleri ayırır, çıkışları açık devre yapar. Bu nedenle, T8 ve T9 tranzistorlarının soğutucuların üzerine monte edilmelidir.

1.7 SEVİYE GÖSTERGESİ

Çıkış katına kolaylıkla bir çıkış seviyesi göstergesi bağlanabilir (Şekil 1.5). Çıkış gücü için bir ölçü olarak çıkış katı akımının tepe değeri gösterilmektedir. Tr2 ayarlı direncinin değeri kullanılacak ölçü aletine göre deneysel olarak bulunmalıdır.

Tablo 1.3 Parça Listesi

Not: Parantez içinde verilen elemanlar ± 25 V'un altındaki besleme gerilimlerinde kullanılabilirler.

Yarıiletkenler:

T1, T2	BC 416 C
T3	MPS-L01, ME 1120, BCY 65E (BC 107B, BC 237B)
T4, T5	MPS-L51, BF 398, PN 4889 (BC 307B, BC 327-25)
T6	BD 139-10 (BC 141-10)
T7	BD 140-10 (BC 161-10)
T8, T9	2N 3055 U (2N 3055 Y tipi kullanılamaz)
D1, D2, D3	1N 4148, 1N 4154 (seçilerek, metne bkz.)
D4	ZF 10, ZPD 10
D5, D6	1N 4002, 1N 4003

Dirençler:

R1,R5,R10	2,2 kΩ
R2,R7	47 kΩ
R3,R11,R13	4,7 kΩ
R4	10 kΩ
R6	18 kΩ
R8	Tablo 1.1'e bkz.
R9	15 kΩ
R12	1 kΩ
R14, R15	Tablo 1.1'e bkz.
Tr1	100...220 Ω ayarlı direnç

Kondansatörler

C1,C3	10 uF/16...40 V Tantal
C2,C6	180 pF/100 V, Seramik
C4	47 uF/3...6 V, Tantal
C5	47 pF/50 V, Seramik
C7,C8	100 nF/50 V, Seramik
C9,C10, C11	10...33 uF/35 V, Tantal
C12	10 pF/50 V, Seramik

Tablo 1.4 Çıkış katında kullanılan özel elemanlar

Tranzistorlar:
MPS-L01, MPS-L51: Motorola
PN 4889: Fairchild
ME 1120: Microelectronics
2N 3055 U: SGS-Ates

Reed anahtarı:
TS-80 B : Hamlin

Plaket bağlantı fişi :

31 kutuplu, DIN 41617: Siemens,
Amphenol-Tuchel, Cannon

Soğutucu:
SK 02/75/SA-3 }
SK 03/37,5/SA-3 } Fischer
SK 08/75/SA-3 }

2 TEKİL ELEMANLARLA YAPILMIŞ 100 W HiFi-ÇIKIŞ KATI

Darlington tranzistorlar genel olarak bir kılıf içinde iki tranzistor içerirler; bu iki tranzistor kılıf içinde uygun biçimde bağlanmışlardır ve dışarıya -diğer normal tranzistorlarda olduğu gibi- üç adet uç çıkartılmıştır. Birinci tranzistorda kuvvetlendirilen akım ikinciyi sürer ve Darlington tranzistorlarla -tek tranzistorlara göre- daha büyük bir akım kazancı elde edilir. Bugün yarıiletken pisasında Darlington güç tranzistorlarının hem PNP ve hem de NPN tipleri parametreleri birbirine uydurulmuş ve ucuz olarak bulunabilmektedir, öyle ise yüksek güçlü kuvvetlendiriciler tekil devre elemanlarıyla da fazla zorluklarla karşılaşmadan gerçeklenebilirler.

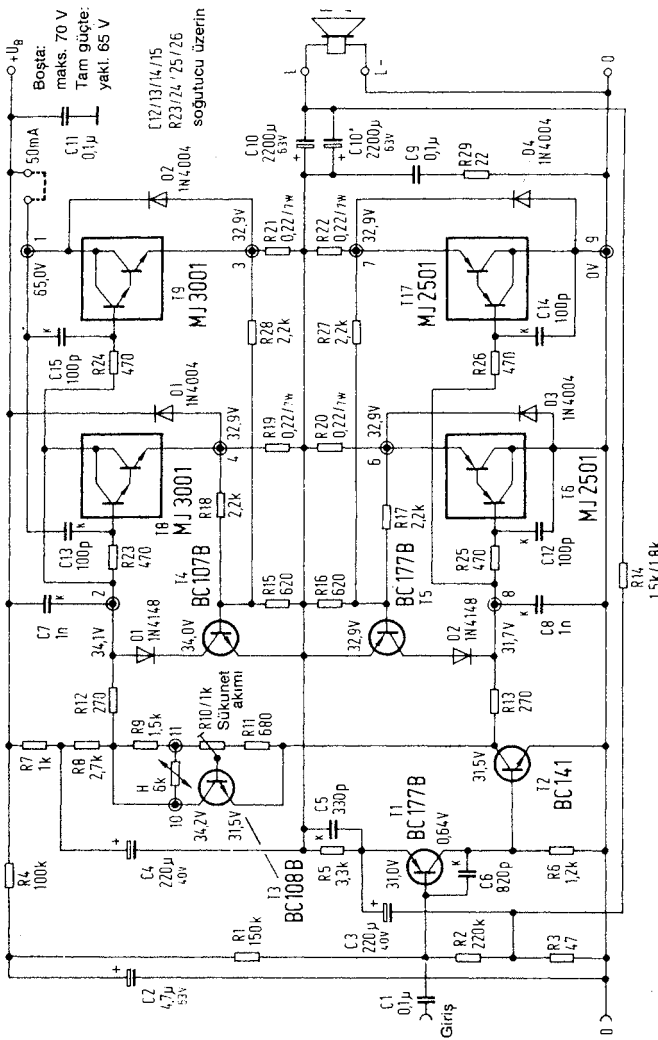
Modern Darlington-güç tranzistorlarının bir temsilcisi de Şekil 2.1'deki ses frekansı güç kuvvetlendiricisinde kullanılan eşlenik Darlington çifti MJ 3001 (NPN) ve MJ 2501 (PNP) dir. Güç kuvvetlendiricisi oldukça iyi teknik özelliklerle 100 W çıkış gücü verebilmektedir. Eşlenik olarak kullanılan dört adet Darlington-güç tranzistoru, aşırı akım koruma elektroniği ve sükunet akımının ısıl kompanzasyonu gibi özellikleriyle devre büyük bir işletme güvenilirliğine sahiptir.

2.1 DEVRENİN ÇALIŞMASI

Ses frekanslı işaret C1 bağlama kondansatörü üzerinden T1 tranzistoru ile yapılmış birinci kuvvetlendirici katına ulaşır. Burada

Teknik Özellikler:

R_L= 4 Ω için çıkış gücü	100 Watt
f= 1 kHz ve anma gücünde toplam harmonik distorsiyonu	% 0,06
Besleme gerilimi	65 V
Tam güçte besleme akımı	2,2 A
Sükunet akımı	yakl. 50 mA
Giriş gerilimi (P_o = 100 W) için	775 mV (0 dB)
Giriş empedansı	130 kΩ
İşaret gürültü aralığı	≧ 62 dB
Frekans bandı	30 Hz-20 kHz ± 1 dB



Şekil 2.1: Toplam harmonik distorsiyonu sadece % 0,06 olan ve tekil elemanlarla yapılmış 100 W'lık çıkış katının devre şeması.

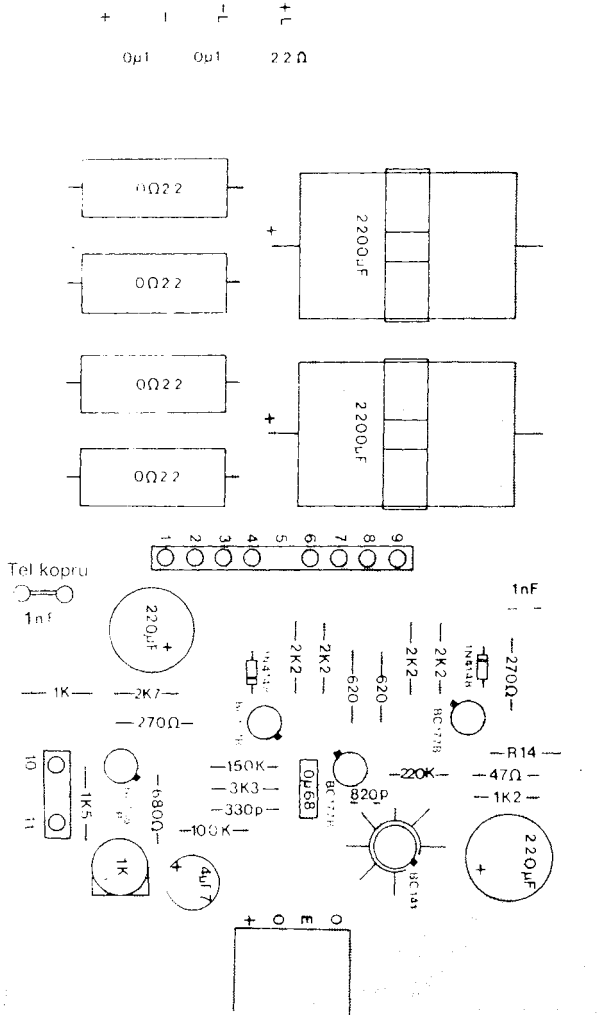
kuvvetlendirilen işaret T2 sürücü tranzistorun bazına doğrudan, yani galvanik olarak verilir. Paralel olarak çalıştırılan Darlington-güç tranzistorları T8/T9 ve T6/T7 sırasıyla pozitif ve negatif yarım dalgalar için akım kazancı sağlarlar. Bilindiği gibi bu katın gerilim kazancı yaklaşık olarak 1'e eşittir. Güç tranzistorlarının emetörlerine bağlı olan 0,22 Ω'luk dirençlerden sonra birleştirilen işaret C10 ve C10' kondansatörleri ile hoparlöre verilir. Bu iki kondansatör yerine istenirse 4700 uF/63 V'luk tek bir kondansatör de kullanılabilir. Kuvvetlendiriciye R5//C5, R14 ve R3 elemanları üzerinden geribesleme uygulanmıştır. Bu geribesleme hem çıkış sükunet gerilimini, hem de kuvvetlendiricinin toplam kazancını stabilize etmektedir. T3 tranzistoru ile yapılmış olan ayarlı gerilim kaynağı güç tranzistorlarının baz-emetör gerilimlerini, dolayısıyla da bunların sükunet akımını stabilize etmektedir. 10 ve 11 noktalarına bağlanan H termistoru (NTC) bu sükunet akımının sıcaklıkla değişmemesini sağlamak görevini üstlenir, onun için de bu eleman güç tranzistorlarıyla aynı sıcaklıkta bulunmalı, yani tranzistorlarla aynı soğutucu üzerine monte edilmelidir (yalıtımı unutmadan). T4 ve T5 tranzistorları ise güç tranzistorlarından aşırı büyük akımların akmasını engellerler.

2.2 YAPIM İÇİN ÖNERİLER

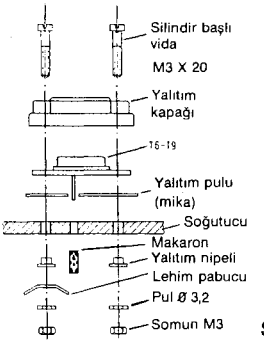
Verilmiş olan baskı devre kullanılırsa, devrenin gerçeklenmesinde herhangi bir sorunla karşılaşılmaz. Şekil 2.2'deki baskı devre yerleştirme planı size yardımcı olacaktır.

Güç tranzistorlarının montajında, oluşacak ısının kolayca uzaklaştırılmasını sağlayacak, büyük soğutucular kullanılması gerekir. Bu güç katında her Darlington-tranzistoru için en fazla 7 K/W'lık bir ısıl direnç elde edilecek kadar büyük, masif, kanatlı soğutucular kullanılmalıdır. Güç tranzistorları soğutucudan elektriksel olarak yalıtılmalıdır. Bu yalıtımın nasıl yapılacağını Şekil 2.3 göstermektedir.

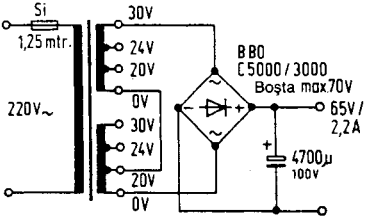
Isının atılmasını kolaylaştırmak için kuvvetlendiriciler bir kutuya monte edildiklerinde, soğutucular kanatları dışarıya doğru gelecek şekilde kutunun arka yüzünü oluşturabilirler. Bu sırada tranzistorlara Şekil 2.3'deki gibi birer plastik kapak geçirilmiş olmalı ve soğutucu kanatları da -hava akımını kolaylaştırmak için- yere dik bulunmalıdır.



Şekil 2.2. Kuvvetlendiricinin baskı devre yerleştirme planı.



Şekil 2.3



Şekil 2.4

2.3 BAĞLANTILARIN YAPILMASI VE ÇALIŞTIRMA - AYARLAR

Güç kuvvetlendiricisi girişi ile "0" ucu arasına bağlanan hattın ekranından ses frekanslı akımlar akmamalıdır. Bunun için de, içinde çift iletken bulunan ekranlı kabloların kullanılması ve bu ekranların sadece bir noktadan şasiye bağlanması özellikle tavsiye edilir.

İşaret giriş hattı ile hoparlör kabloları arasındaki uzaklık da yeteri kadar büyük olmalıdır, yoksa kuvvetlendirici titreşmeye başlayabilir. Bütün kablolar plaket üzerindeki lehim çivilerine bağlanmalıdır.

Besleme geriliminin boşta çalıştırmada dahi 70 V'u aşmamasına dikkat edilmelidir. Çıkış katına besleme gerilimi uygulanmadan önce sükunet akımını ayarlayan R10 direncinin orta ucu "minimum"da, yani R9 tarafında bulunmalıdır. Daha sonra +L ve -L uçları arasına hoparlör bağlanır ve besleme gerilimi verilir. Şemada sağ üstte görülen tel köprü kaldırılarak, bunun yerine sükunet akımının ölçülebilmesi için bir ampermetre bağlanır. Girişte hiçbir işaret yokken R10'un orta ucu yavaşça çevrilerek sükunet akımı 50 mA'e ayarlanır.

Ayarlanan akımın "kaçması", yani değerinin kendi kendine büyümesi devrede bir hata yapılmış olduğunu gösterir. Kuvvetlendirici modülü ilk denemede kusursuz olarak çalışmazsa, devre tekrar gözden geçirilmeli ve eğer gerekiyorsa çeşitli noktalardaki gerilimler ölçülmelidir. Şemadaki gerilim değerleri, besleme geriliminin 65 V'luk nominal değerde olması durumu için verilmişlerdir.

İlk çalıştırma başarılı olduktan ve sükunet akımı da ayarlandıktan sonra, güç kuvvetlendiricisi artık kullanılmaya hazırdır.

2.4 BESLEME KAYNAĞI

Stereo uygulamalarında her kanal için ayrı bir besleme kaynağının kullanılması uygun olur. Böylece yüksek güçlerle çalışıyorken, kanalların birbirini etkilemesi engelenebilir.

Şekil 2.4'deki besleme kaynağı önerisi bu nedenle sadece bir tek katın beslemesi için tasarlanmıştır. O halde stereo kullanım için iki adet şebeke transformatörü, iki adet doğrultucu ve iki adet elektrolitik kondansatör gerekli olur. Her şeye rağmen ayrı besleme kaynaklarının kullanılması istenmezse, transformatör ve doğrultucu iki misli akıma dayanabilmeli ve elektrolitik kondansatörün kapasitesi de iki katına çıkarılmalıdır.

Besleme kaynağının boşta çalışmadaki gerilimi 70 V'u kesinlikle aşmamalıdır. Kullanılan elektrolitik kondansatörlerin dayanma gerilimlerine çok dikkat edilmelidir, sözkonusu gerilimler besleme kaynağının boştaki geriliminden büyük olmalıdır.

Parça Listesi

Yarıiletkenler

2 MJ 3001 (Motorola)	1 BC 141/10
2 MJ 2501 (Motorola)	2 BC 177B veya BC 307B
1 BC 107B veya BC 237B	4 1 N 4004
1 BC 108B veya BC 238B	2 1 N 4148

Dirençler (0,25 W, ± % 5, karbon film)

1 22 Ω	1 1 kΩ	1 3,3 kΩ
2 47 Ω	1 1,2 kΩ	1 100 kΩ
2 270 Ω	1 1,5 kΩ	1 150 kΩ
4 470 Ω	1 1,8 kΩ	1 220 kΩ
2 620 Ω	4 2,2 kΩ	4 0,22 Ω / 7 W tel direnç
1 680 Ω	1 2,7 kΩ	1 K 25b - 6 kΩ NTC
		1 1 kΩ minyatür trimpot, yatık, 0,1 W

Kondansatörler

4 100 pF/400 V seramik	1 680 nF/63 V MKS
1 330 pF/400 V seramik	1 4,7 uF/63 V Elko
1 820 pF/400 V seramik	2 220 uF/ 40 V Elko
2 1 nF/400 V seramik	2 2200 uF/63 V Elko
2 100 nF/100 V MKS	

Diğerleri

8 Yalıtım nipeli	1 Baskı devre
4 Yalıtım kapağı	1 Güç tranzistorları için soğutucu
1 Sürücü tranzistor için yıldız soğutucu	4 Mika-yalıtım pulu

3 TDA 1905 VE TDA 1910 İLE 6...13 W ÇIKIŞ GÜCÜ

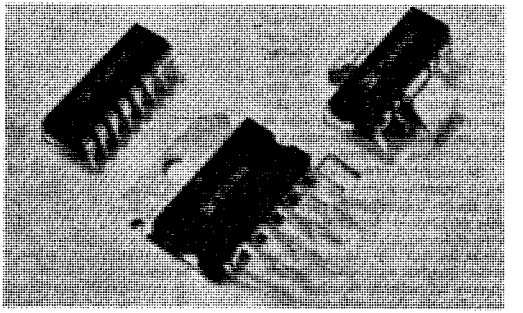
3.1 TÜMDEVRELERİN HAZIRLANIŞLARI

6 W'A KADAR GÜÇLER İÇİN TDA 1905

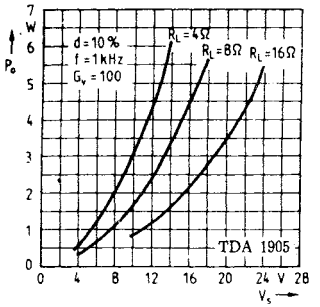
16 bacaklı DIL kılıfındaki bu tümdevrenin dış görünüşü, içinde uygun soğutma ile 6 W'a kadarçıkış gücü verebilen (Şekil 3.1) bir ses frekansı güç kuvvetlendiricisi "gizlendiğini" belli etmemektedir. Yarıiletken kırmığın üzerine monte edildiği bakır taşıyıcı, tümdevrede harcanan güç sonucu ortaya çıkan ısıyı -bu taşıyıcıya bağlı olan- 9...16 no.lu bacaklar (yani tümdevrenin bir yanındaki bacakların tümü) üzerinden dışarıya aktarmaktadır. Arzulanan çıkış gücü için gerekli besleme gerilimi belirlendiğinde Şekil 3.2'den tümdevre üzerinde harcanacak güç de bulunabilir.

9 W'A KADAR GÜÇLER İÇİN TDA 1908

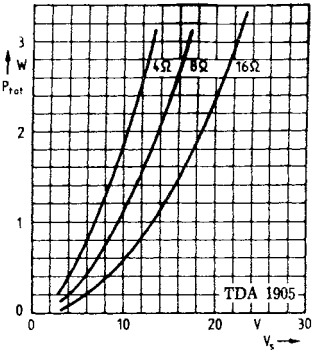
Bu yazıda ele alınmayacak olan TDA 1908 tümdevresi, TBA 800/810, TCA 830 gibi orta seviyeli güç kuvvetlendiriciler yerine kullanılmak üzere hazırlanmıştır ve bunlarla aynı kılıfa sahiptir (iki yandan kanat çıkışlı fin-DIP kılıfı). Ama TDA 1908'in içyapısı (kırmık) temelde TDA 1905/1910 ile aynıdır. Şekil 3.3'te bu tümdevre için çıkış gücü değişimi ek bilgi olarak verilmiştir.



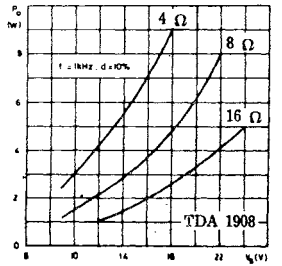
Aynı kırmık ("chip") için üç değişik kılıf, üç ayrı güç: TDA 1905 (solda), TDA 1908 (sağda) ve TDA 1910 (ortada).



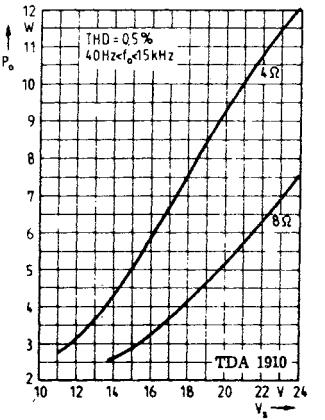
Şekil 3.1: Değişik yük (hoparlör) empedansları için besleme gerilimine bağlı olarak TDA 1905'in çıkış gücünün değişimi.



Şekil 3.2: Değişik yük empedansları için besleme gerilimine bağlı olarak TDA 1905 üzerinde harcanan gücün değişimi. Baskı devre ile soğutma için 3 W sınırı aşılmamalıdır.



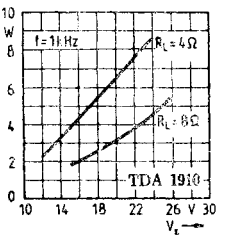
Şekil 3.3: Ek bilgi olarak TDA 1908 için çıkış gücünün değişimi.



Şekil 3.4: Değişik yük empedansları için besleme gerilimine bağlı olarak TDA 1910'un çıkış gücünün değişimi. Bu Hi-Fi tümdevrede değişim, % 0,5 toplam harmonik distorsiyonu (THD) için 40 Hz...15 kHz'lik frekans bölgesinde sağlanmaktadır.

13 W'A KADAR GÜÇLER İÇİN HI-FI TDA 1910 TÜMDEVRESİ

TDA 1905'e karşılık, TDA 1910'un ısıl direnci tipik 2,5°C/W olan 11 bacaklı SIL kılıfını görenler, kılıf sıcaklığı 90°C iken kırmıkta harcanabilen maksimum 20 W'lık gücü dışarıya aktarabilecek durumda olmasına herhalde şaşmıyacaklardır. Şekil 4, maksimum % 0,5 distorsion ile DIN 45500 Hi-Fi normunu sağlayan tümdevrenin çıkış gücü değişimini göstermektedir. Besleme gerilimine bağlı olarak tümdevrede harcanan güç ise Şekil 3.5'te verilmiştir.



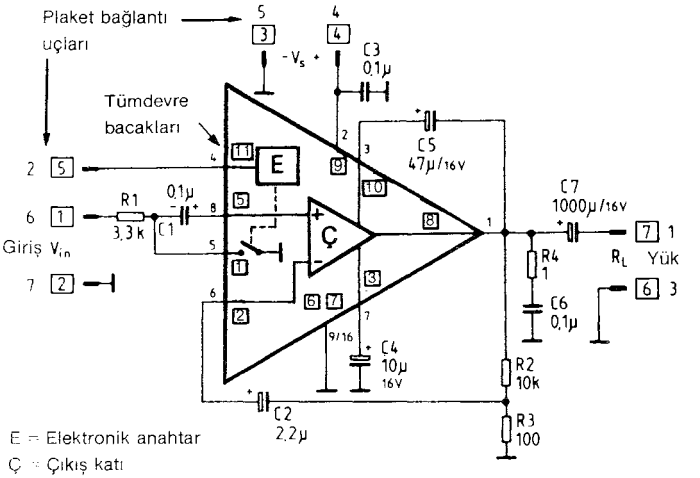
Şekil 3.5: Değişik yükler için besleme gerilimine bağlı olarak TDA 1910'da harcanan güç.

3.2 TÜMDEVRELERİN ORTAK FONKSİYONLARI

Tümdevrelerin kırmıkları aslında aynı olduğundan, bunun özellikleri her tümdevrede vardır. Bunlar arasında ısıl koruma; iç frekans kompanzasyonu; düşük gürültü; düşük doyma gerilimi; tümdevreler radyo ve televizyon alıcılarında kullanılmak üzere hazırlandıklarından (*), doyma (saturasyon) halinde -bozucu yüksek frekanslı işaret yaymayı önleyen- işareti sert değil yumuşak kırpma ("soft clipping"); ilk açılışta çıkış katından ani büyük akım darbeleri akmasını, yani ilk andaki ses patlamalarını ("pop-on") önleyen yumuşak açılış ("soft switch-on") sayılabilir.

Bunların yanı sıra diğer tip güç tümdevrelerinde bulunmayan bir özellik de sesi kesen elektronik anahtardır. Doğru gerilimle kumanda edilen bu anahtar yardımıyla, direnç üzerinden tümdevrenin girişine gelen ses frekanslı işaret 60 dB civarında zayıflatabilmekte (pratik olarak toprağa kısa devre edilmekte) ve böylece istendiğinde çıkış katı susturulabilmektedir ("muting").

(*) Bu tümdevreler Türkiye'de satılan bazı renkli televizyon alıcılarının ses çıkış katı olarak da kullanılmaktadır.



Şekil 3.6: Her iki tümdevrenin iç şeması ve dıştan standart olarak bağlanan elemanlar. Çıplak verilen rakamlar TDA 1905 ve plaketi; kutu içinde verilen rakamlar ise TDA 1910 ve plaketi için geçerlidir.

3.3 ELEMANLARIN GÖREVLERİ

Şekil 3.6, dışarıdan standart olarak takılan elemanlarla birlikte tümdevre kırmığının iç şemasını da göstermektedir. Elemanların bağlanışı her iki tümdevre için bu yazıda önerilen baskı devre tasarımlarına da uymaktadır. Şekil 3.6'da üçgen şeklinde gösterilen tümdevrenin bacaklarında çıplak olarak yazılı rakamlar TDA 1905'in, kutu içinde yazılı olanlar ise TDA 1910'un bacak numaralarına karşı düşmektedir. Benzerlik nedeniyle aşağıda devre sadece TDA 1905 için açıklanmıştır.

Ses frekanslı işaret, R1 direnci ve doğru gerilimi ayırmak için konulmuş olan C1 kondansatörü üzerinden tümdevrenin faz çevirmeyen (+) girişine gelir. Tümdevre içinde çıkış doğru gerilimini besleme geriliminin yarısına karşı düşen değere getiren bir düzen olduğundan, girişe doğru gerilim bölücü koymak gerekmemekte-

dir. 7 no.lu bacağa bağlı C4 elektrolitik kondansatörü besleme gerilimi üzerinde bulunabilecek parazitik işaretleri süzmektedir.

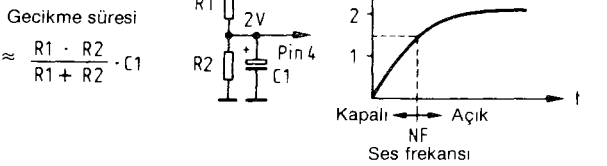
8 no.lu işaret giriş bacağından sonra tümdevre içinde bir doğru gerilim bölücü bulunduğu gibi, 6 no.lu geribesleme girişi de doğru gerilim bakımından bir direnç devresi üzerinden 1 no.lu çıkışa içeriden bağlıdır. Bu nedenle dışarıdan sadece değişken işaret geribeslemesi yapılması yeterlidir. R2 ve R3 ile oluşturulan bu geribeslemede C2 doğru gerilim ayırıcı olarak kullanılmıştır. R2 ile R3'ün oranı devrenin ses frekansı gerilim kazancını belirlemektedir:

$$V = 1 + (R2/R3)$$

C5 "bootstrap" kondansatörü sürücü katın besleme gerilimini yükselterek tümdevrenin verimini, dolayısıyla çıkış gücünü artırmaktadır. Bu kondansatör için 3 no.lu bacak ile besleme gerilimi arasında bulunması gerekli direnç tümdevre içinde vardır. Devrenin osilasyon yapmasına karşı önlem olarak C3 süzme kondansatörü ve çıkışa R4/R6 Boucherot elemanları konulmuştur.

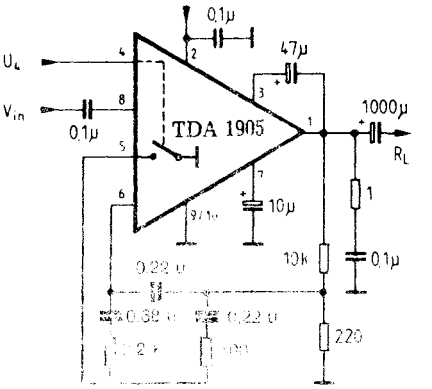
3.4 ELEKTRONİK ANAHTAR

Tümdevre içindeki 4 no.lu bacağa uygulanan doğru gerilimle kumanda edilen elektronik anahtarlama katı bir tarafı toprağa bağlı bir anahtarı aktifleştirmektedir. Anahtar "açık devre" iken toprağa yaklaşık 200 kΩ direnç göstermekte, tümdevrenin 8 no.lu girişinden görülen giriş direnci de 100 kΩ olduğundan, bu ikisinin paralel eşdeğeri olan 67 kΩ nedeniyle anahtar açıkken R1 üzerinden gelen işaret çok az zayıflamaktadır (– 0,5 dB kadar). Anahtar



Şekil 3.7: İlk açışta ses frekanslı işaretin geciktirilmesi için devre.

"kısa devre" olduğunda ise toprağa 10 Ω direnç göstermekte, bu da ses frekanslı işaretin 10 Ω/R1 oranında zayıflamasına neden olmaktadır (R1 = 3,3 kΩ için - 50 dB). Görüldüğü gibi, ses frekanslı işaret kaynağının kısa devre durumunda yüklenmemesi (zorlanmaması) açısından kΩ mertebesinde bir R1 direncinin konulması



Ses frekans eğrisinin bas ... gelecek şekilde elektronik ... değiştirilmesi için devre.

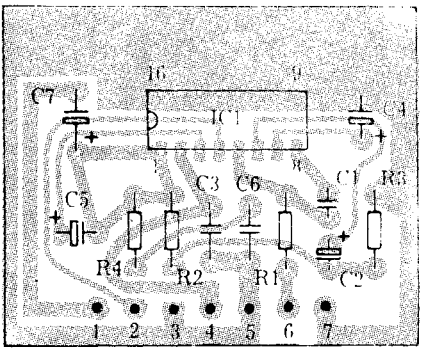
yararlıdır. Elektronik anahtar, 4 no.lu bacağa uygulanan doğru gerilimin 3,4 V'tan küçük veya 5,1 V'tan büyük olması durumunda kısa devre, bu iki değer arasında ise açık devre olmaktadır. Eğer elektronik anahtar kullanılmayacaksa ses frekanslı giriş işareti doğrudan ... 8 no.lu bacağa verilmeli, 4 ve 5 no.lu tümdevre ... (R1'e de gerek kalmaz).

Şekil 3.6'daki örnekte olduğu gibi, R1'den sonra işaretin kısa devre edilmesi örneğin radyo alıcılarında istasyon ararken (veya değiştirirken) ... görültüleri önlemede arzulanmaktadır. Ses frekanslı ... elektronik olarak geciktirilerek çıkışa verilmesi ... (Şekil 3.7). Elektronik anahtarın çok yönlü uygulamalarına ... örnek ... Şekil 3.8'de gösterilmiştir. Geribesleme yoluna eklenen ... devresi, elektronik anahtarlama sonucunda

kuvvetlendiricinin frekans eğrisini lineer halden bas ve tizleri artıran (kaldıran) hale getirmektedir.

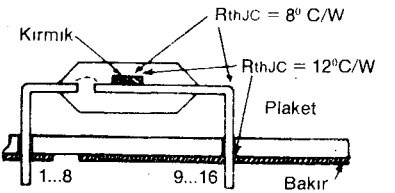
3.5 GERÇEKLEŞTİRME

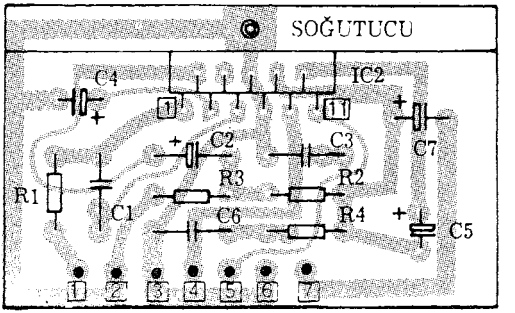
Şekil 3.9'da TDA 1905'li maksimum 6 W'lık kuvvetlendirici için hazırlanan baskı devre görülmektedir. Soğutma için tümdevrenin 9...16 no.lu bacaklarının bağlandığı geniş bakır yüzeyden yararlanıldığından (Şekil 3.10), plaketin bu kısmının daraltılmaması, hatta olanak varsa daha da genişletilmesi gerekmektedir. TDA 1910'lu maksimum 13 W'lık Hi-Fi çıkış katı için hazırlanan baskı devre de Şekil 3.11'de verilmiştir. Her iki devre de maksimum çıkış gücüyle çalıştırıldığında soğutmanın iyi olmasına özen gösterilmelidi, aksi halde tümdevrenin ısıl (termik) koruma düzeni erken devreye girer. Tablo 3.1'de önerilen devrelerin önemli teknik verileri, Tablo 3.2'de de her iki devre için aynı olan parça listesi görülmektedir.



Şekil 3.9: TDA 1905 ile 6 W'lık güç katı için yerleştirme planı.
ELO-ELEKFILM '89

Şekil 3.10: TDA 1905'de soğutma için plaketin geniş bir yüzeyinden yararlanılması. Bu şekilde, tümdevre üzerinde 3 W'a kadar güç harcanabilmektedir.





Şekil 3.11: TDA 1910 ile 13 W'lık Hi-Fi çıkış katı için yerleştirme planı.

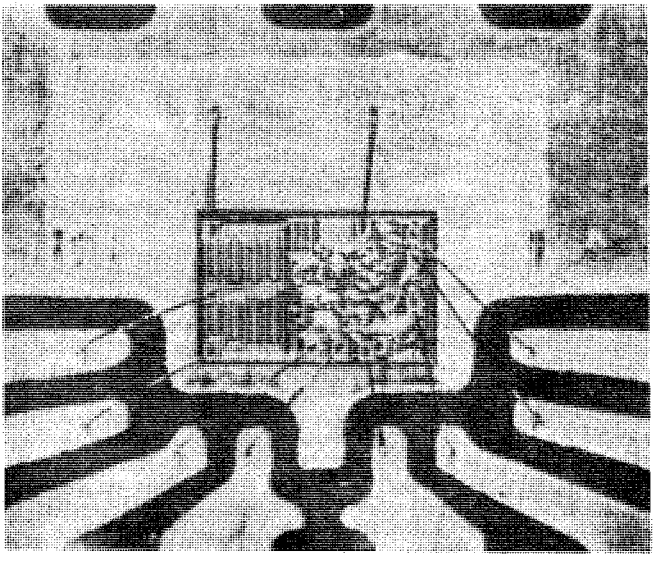
Tablo 3.1 Teknik Veriler

Tümdevre (IC):	TDA 1905	TDA 1910
Besleme gerilimi:	4...24 V	4...26 V
Yük empedansı:	4...16 Ω	4...16 Ω
Çıkış gücü (maks.):	6 W	13 W
Gerilim kazancı:	40 dB	40 dB (HiFi)
Boşta çektiği akım:	16 mA (Vs = 9 V)	21 mA (Vs = 24 V)

Not: Gerilim kazancı R3 ile değiştirilebilir.

Tablo 3.2 Parça Listesi

IC1	TDA 1905
IC2	TDA 1910
R1	3,3 kΩ
R2	10 kΩ
R3	100 Ω
R4	1 Ω
C1	0,1 uF (folili veya tantal)
C2	2,2 uF (tantal)
C3	0,1 uF
C4	10 uF/16 V
C5	47 uF/16 V
C6	0,1 uF
C7	1000 uF/16 V

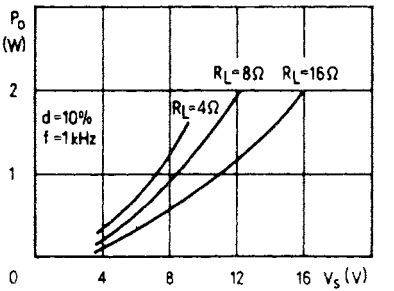


Büyütülmüş olarak TDA 1905'in iç görünümü. Ortada bakır taşıyıcı üzerine monte edilmiş yarıiletken kırmık görülmektedir. Bakır taşıyıcı doğrudan resmin üst tarafındaki 9...16 no.lu bacakları oluşturmaktadır. Altta ise soldan sağa doğru 1...8 no.lu bacaklara olan bağlantılar açıkça belli olmaktadır.

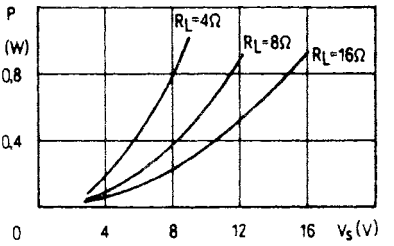
4 TBA 820 M İLE 2 W ÇIKIŞ GÜCÜ

TBA 820 M'nin 8-bacaklı minyatür kılıfına bakıldığında bu tümdevrenin 2 W'a kadar çıkış gücü verebildiğine inanmak güçtür (Şekil 4.1), çünkü bu kılıf dış görünüş olarak LM 741, LM 555 gibi tümdevreler için kullanılan 8-bacaklı DIL ("Dual-In-Line") kılıflardan pek farklı değildir. Ama kılıf içinde yarıiletken kırmığın 0,4 mm kalınlığında geniş yüzeyli bir bakır taşıyıcı üzerine oturtulmuş olması, tümdevrenin üzerinde maksimum 1 W'lık gücün harcanabilmesine izin vermektedir (Şekil 4.2).

TBA 820 M, öncelikle çanta tipi radyolar, portatif Siyah/Beyaz televizyonlar, saatli radyolar, cep tipi dikte (yazdırma) aygıtları gibi elemanların yerleştirileceği yerlerin sınırlı olduğu aygıtlarda kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Bu nedenle, tümdevrenin dışına (çevresine) konulması gereken elemanların az sayıda olması, basitliği ve esnekliği önem kazanmaktadır.



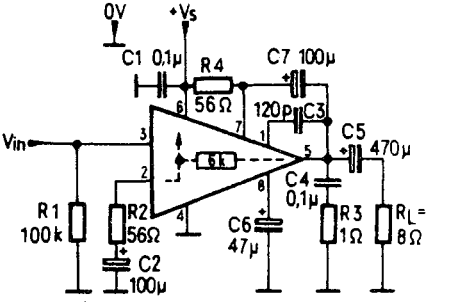
Şekil 4.1: 1 kHz ve % 10 distorsiyon için farklı R_L yüklerinde besleme gerilimine bağlı olarak P_o çıkış gücünün değişimi.



Şekil 4.2: Sinüzoidal işaretle tam sürülmede farklı yükler için besleme gerilimine bağlı olarak tümdevre üzerinde harcanan gücün değişimi.

4.1 DIŞTAN TAKILAN ELEMANLAR VE GÖREVLERİ

Şekil 4.3'te tipik bir standart uygulama örneği görülmektedir. R4 ve C7 "bootstrap" elemanları, C7'nin uçlarındaki doğru gerilim yardımıyla tümdevre içindeki üst sürücü "driver" katın besleme gerilimini yükseltmekte, böylece çıkış tranzistorunun doyma gerilimini azaltarak çıkış gücünü artırmaktadır. C6 elektrolitik kondansatörü tümdevrenin önkatlarının doğru gerilimini süzmekte ve iyice süzülmemiş (filtre edilmemiş) besleme gerilimlerinde şebeke vınıltısının bastırılmasını sağlamaktadır.

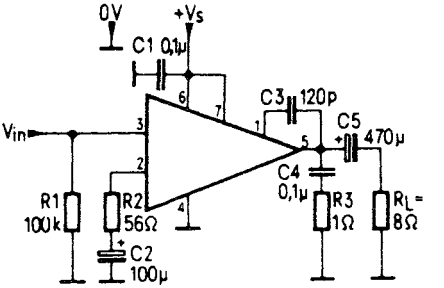


Şekil 4.3: Bootstrap'lı ve C6 süzme kondansatörlü tipik devre. RL yükü toprağa bağlıdır.

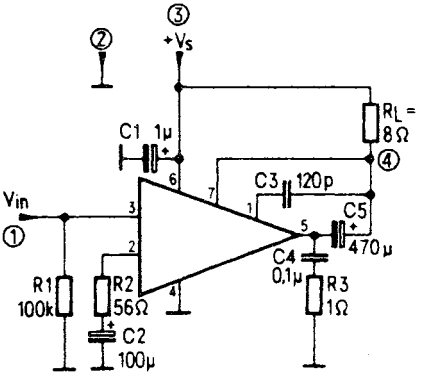
Ses frekanslı işaret girişi (3 no.lu bacak), R1 direnci veya buraya konulacak bir ses ayar potansiyometresinin orta ucu üzerinden doğru gerilimler için 0 V'ta bulunmaktadır. Doğru gerilimi yalıtmak için girişe kondansatör konulmasına gerek yoktur; çünkü çıkış ucunun besleme geriliminin yarısına karşı düşen bir doğru gerilim değerine getirilmesi tümdevrenin içinde sağlanmaktadır. Gerilim kazancının ayarı 2 nolu negatif geribesleme girişindeki R2 direnci ile yapılmaktadır. Tümdevre içinde, 5 no.lu çıkış bacağı ile 2 no.lu bacak "–" giriş arasında 6 kΩ'luk bir direnç bulunmaktadır (Şekil 4.3). Bu direnç ile R2'nin oluşturduğu gerilim bölücünün bölme oranı devrenin V gerilim kazancını vermektedir.

$$V = 1 + (6\ k\Omega/R2)$$

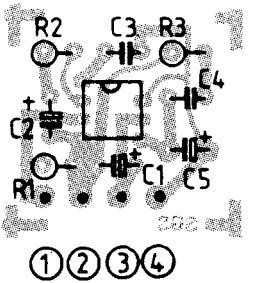
Devrenin üst kesim frekansı (frekans üst sınırını) C3 frekans kompanzasyonu kondansatörü belirlemektedir. R3/C4



Şekil 4.4: Bootstrap'sız ve C6'sız basitleştirilmiş devre. RL yine toprağa bağlıdır.



Şekil 4.5: Az elemanlı ama bootstrap'li devre. RL bu defa + Vs'ye bağlıdır.



Şekil 4.6: Şekil 4.5'teki devreye göre hazırlanan baskı devre için yerleştirme planı. Daire içindeki rakamlar plakete yapılacak dış bağlantı uçlarını göstermektedir (bk. Şekil 4.5).

"Boucherot" elemanları ve C1 kondansatörü devrenin kendiliğinden istenmiyen osilasyonlara başlamasını önlemektedir.

Dış eleman sayısı, R4/C7 Bootstrap elemanları kullanılmayarak azaltılabilir (Şekil 4.4). Bu durumda, sürücü katın 7 no.lu besleme ucu doğrudan +V besleme gerilimine bağlanmalıdır ve çıkış gücünde de % 20 oranında bir azalma olur.

Besleme gerilimi iyi süzülmüşse (üzerinde vınıltı, ... yoksa) ve düşük içdirençli (stabilize edilmiş) ise—veya devre pille beslenecekse— 8 no.lu bacağa takılan süzme kondansatörü de kaldırılabilir.

Şekil 4.5'te verilen değişik devrede yine Şekil 4'teki kadar az sayıda eleman kullanılmasına rağmen "bootstrap" fonksiyonu da gerçeklenmiştir. Yük direnci (hoparlör) toprağa (şasiye) bağlanacağı yerde besleme geriliminin "+" ucuna bağlanırsa, sürücü katın beslenmesi yük direnci üzerinden yapılabilir. Bu nedenle, Şekil 4.3'teki R4 direncinin kullanılmasına gerek kalmaz. Çıkışa konulan C5 bağlaştırma (kuplaj) kondansatörünün "+" ucu da, R_L üzerinden + V_s'ye bağlandığından, C5 Şekil 4.3'teki C7 bootstrap kondansatörünün yerini almış olur.

4.2 GERÇEKLEŞTİRME

Şekil 4.5'teki devrede dışarıdan sadece 8 eleman bağlanmıştır (hoparlör hariç). Bu devre 7 cm^2'lik bir plaket üzerine kurulabilir. Bu plaket için yerleştirme planı Şekil 4.6'da görülmektedir. Devrenin teknik özellikleri bir tablo halinde verilmiştir.

Tablo 4.1 Teknik Veriler

Besleme gerilimi (V_S):	3...16 V
Yük empedansı (R_L):	4...16 Ω
Çıkış gücü (P_O):	maks. 2 W
R2 = 56 Ω için kazanç (V):	40 dB

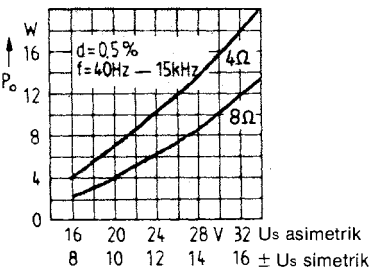
Tablo 4.2 Parça Listesi (Şekil 4.5)

IC (IS)	TBA 820 M	C1	1 uF/16 V. Tantal
R1	100 kΩ	C2	100 uF/3 V. Tantal
R2	56 Ω	C3	120 pF, seramik
R3	1 Ω	C4	0,1 uF
		C5	470 uF/6,3 V, Elko

5 TDA 2030
20W'LIK "Hi-Fi" TÜMDEVRE

5.1 TÜMDEVRENİN HAZIRLANIŞI

Modern Hi-Fi çıkış katlarının çok yönlü isteklerini karşılayabilmek için - özellikle şimdiye kadar tek tek elemanlarla gerçekleştirilen devrelerin yerine geçecek - bir tümdevreden en azından aynı devre özellikleri ve daha yüksek güvenilirlik beklenmektedir. Aynı zamanda, zor ve pahalı olmaları nedeniyle tek tek elemanlı devrelerde pek bulunmayan fonksiyonlar da tümdevreden istenenler arasındadır. Uygulayıcı, bir yandan yerden kazanmak için az elemanla devresini gerçekleştirmek ister, diğer taraftan da düşüncelerinde, arzularında sınırlandırılmayı pek sevmez.



Şekil 5.1: 4 Ω ve 8 Ω yük dirençleri ve % 0,5 distorsiyon için çıkış gücünün besleme gerilimine bağlılığı.

Bunlar göz önünde tutularak TDA 2030 için, montaj kolaylığı ve Şekil 5.1'de gösterilen tipik çıkış güçlerinde tümdevre üzerinde harcanan gücün sorun yaratmamasını sağlayan Pentawatt kılıfı uygun görülmüştür. Bunun yanısıra, tümdevrenin güvenilirliği ve kullanım kolaylığını arttıran kısa devre koruması, ısıl koruma, düşük gürültü, iç frekans kompanzasyonu gibi fonksiyonları da bulunmaktadır.

5.2 DIŞARIDAN BAĞLANACAK ELEMANLAR VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Girişte de belirtildiği gibi tümdevre, iki besleme kaynağı ile simetrik olarak (Split Power Supply) veya tek kaynaktan asimetrik

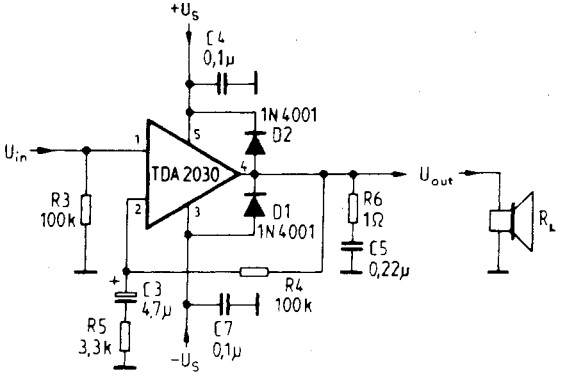
olarak (Single Power Supply) beslenebilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken; 1 ve 2 giriş uçları ile 4 çıkış ucu arasında, geribesleme uygulanmışken (ama işaret yokken), bir işlem kuvvetlendiricide de olduğu gibi, farksal bir doğru gerilimin bulunmamasıdır.

Şekil 5.2'de simetrik besleme için salık verilen devre görülmektedir. 1 numaralı faz çevirmeyen (Non-inverting) giriş ucu R3 üzerinden doğru gerilim açısından şaside bulunduğundan, çıkış da sıfır potansiyelindedir ve bu nedenle doğru akım akmayacağından bir C ayırma kondansatörü kullanmaksızın çıkışa hoparlör (R_L) doğrudan bağlanabilir. 2 faz döndüren (I) giriş ucuna doğru gerilim geribeslemesi R4 üzerinden yapılmaktadır.

R4 direnci, R5/C3 RC-devresi ile birlikte, istenen kazancı belirleyen bir değişken işaret gerilim bölücüsü oluşturur ve kazanç:

$$\frac{U_{out}}{U_{in}} = 1 + \frac{R4}{R5} \text{ olur.}$$

Kuvvetlendiricinin öncelikle R5 ve C3'e bağlı olan alt kesim



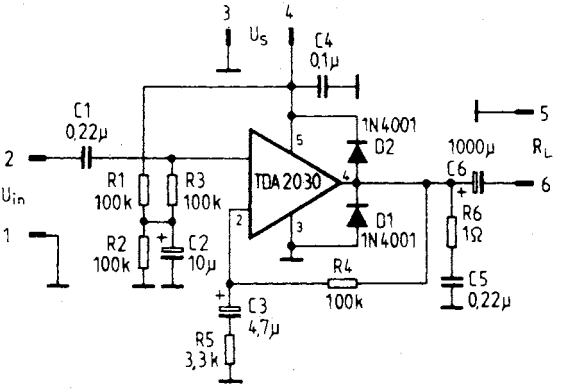
Şekil 5.2: İki kaynaktan simetrik besleme için standart devre.

frekansı da şu bağıntıdan hesaplanabilir:

$$f_u = \frac{1}{2\pi \cdot R5 \cdot C3}$$

Hoparlör empedansının yapısı nedeniyle uçlarında meydana gelecek yüksek genlikli gerilim darbelerini besleme gerilimleriyle sınırlayarak tümdevreyi korumak için D1 ve D2 diyotlarının kullanılması zorunludur. Bu diyotlar, aynı zamanda hoparlörün takılıp çıkartılması esnasında tümdevrenin zarar görmesini de önler. R5/C5'den oluşan ve yüksek frekanslarda yük empedansını küçülten Boucherot (Zobel) devresi ve C4/C7 kondansatörleri kuvvetlendiricinin istenmiyen salınımlar (osilasyonlar) yapmasını engeller.

Tek kaynaktan besleme için salık verilen Şekil 5.3.'deki devrenin, bu yazıda gerçekleştirilmesi önerilmekte, bu amaçla da baskı devresi ve yerleştirme planı verilmektedir. Şekil 5.2'deki devreden farklı olarak, burada R1 ve R2 dirençleri ile bir gerilim bölücü oluşturularak kaynak ortası doğru geriliminin elde edilmesi gerekmektedi. Büyük değerli R3 direnciyle tümdevrenin Faz çevirmeyen girişine ulaştıran bu gerilim üzerinde dalgalılık olmasını C2 sağlar. Bu devrede giriş ve çıkışın doğru gerilim bakımından yalıtılması için C1 ve C5 konulmuştur.

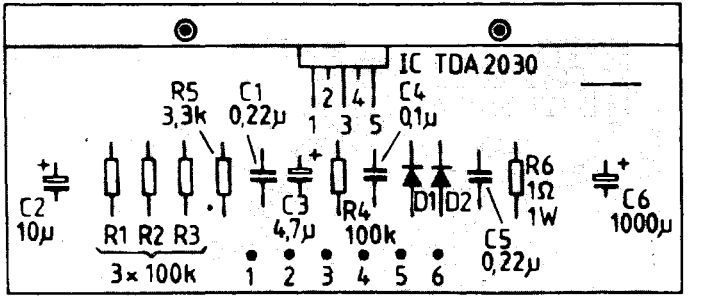


Şekil 5.3: Tek kaynaktan asimetrik besleme için standart devre.

5.3 GERÇEKLEŞTİRMEDE DİKKAT EDİLECEKLER

Tümdevrenin fazla ısınmasını önlemek için, kullanılacak soğutucunun ısıl direnci 4^0K/W'ın altında olmalıdır. Kolaylık sağlamak için plaketin dışarıya olan bağlantıları (1 ... 6) baskı devrede bir araya getirilmiştir. Bu devrede soğutucu ile kılıf arasını yalıtmak gerekmediği halde, Şekil 5.2'deki devreyi yapmayı tercih edenler - kılıf ile 3 numaralı bacak birbirine bağlı olduğundan - kılıf ile soğutucu arasını mika ile yalıtmayı unutmamalıdırlar.

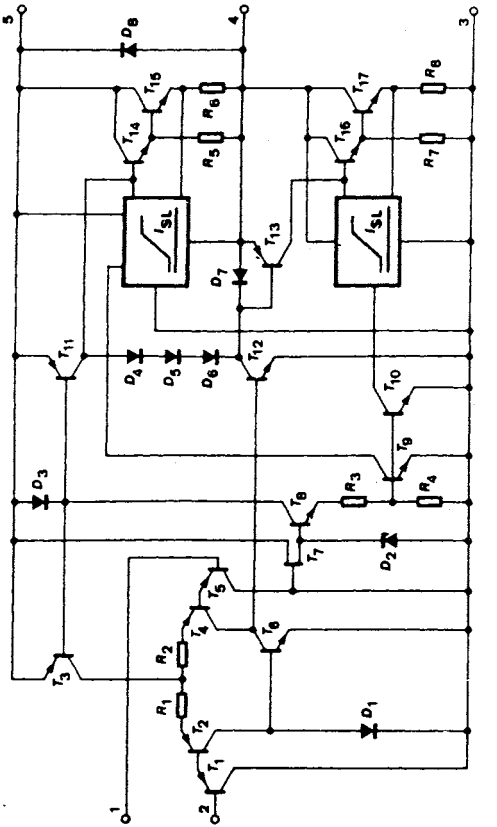
Kuvvetlendiricinin teknik verileri Tablo 5.1'de, parça listesi Tablo 5.2'de görülmektedir.



Şekil 5.4: Şekil 5.3'deki kuvvetlendiricinin baskı devreye yerleştirilmesi ELO-ELEKFİLM 7

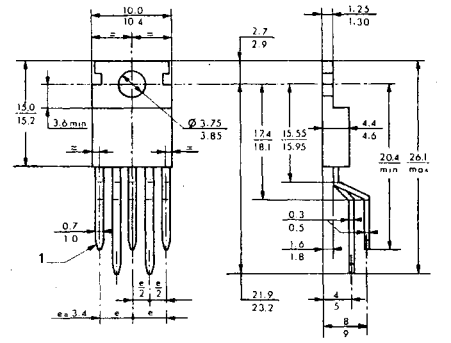
Tablo 5.1: Teknik veriler

Besleme gerilimi:	Maks. 34 V (R_L = 4 Ω) Maks. 36 V (R_L = 8 Ω)
Yük empedansı:	Min. (en az) 4 Ω
Çıkış gücü:	Şekil 5.1'e bakınız.
Kazanç:	30 dB (R4 ile değiştirilebilir)
Boşta çektiği akım:	40 mA

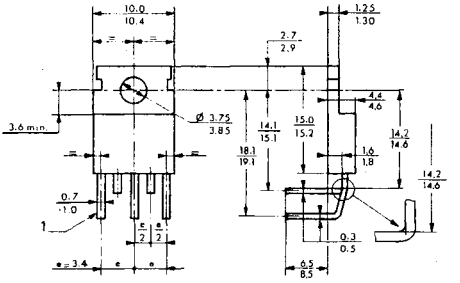


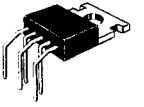
Şekil 5.5: TDA 2030'un kılıf şekilleri, bacakları ve iç devresi (ISL: Kısa devre ve ısıl koruma).

1 Faz çevirmeyen giriş
2 Faz çeviren giriş
3 Negatif besleme gerilimi
4 Çıkış
5 Pozitif besleme gerilimi









Ölçüler "mm" olarak verilmiştir.

Tablo 5.2: Parça Listesi

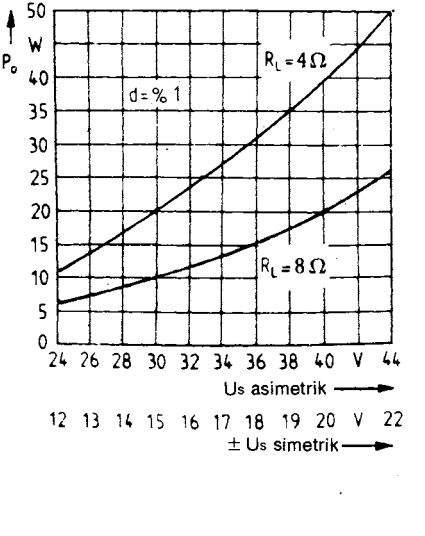
IC	TDA 2030	D2	1N4001
R1	100 k	C1	0,22 u
R2	100 k	C2	10 u/25 V (Elko)
R3	100 k	C3	4,7 u / 25 V (Elko)
R4	100 k	C4	0,1 u
R5	3,3 k	C5	0,22 u
R6	1 Ω	C6	1000 u / 25 V (Elko)
D1	1N4001	C7	0,1 u (sadece Şekil 5.2' de)

6 TDA 2030 İLE 50 W'LIK HiFi ÇIKIŞ KATI

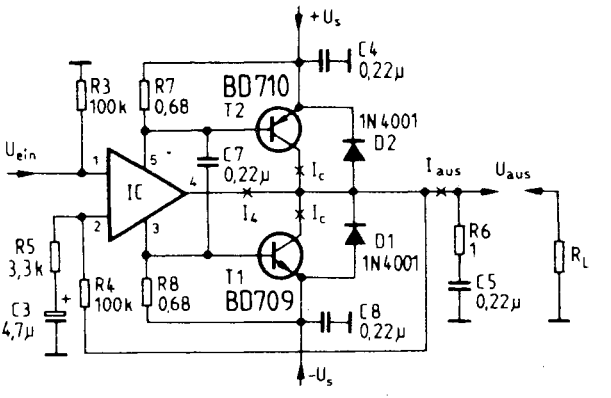
6.1 DEVRENİN TASARLANMASI

Bir Hi-Fi kuvvetlendiricinin 4 Ω'luk yüke 50 W ses frekansı çıkış gücü verebilmesi için, besleme geriliminin 40 V'un üzerinde olması ve çıkış katının tepe değer olarak 5 A akıtabilmesi gerekir. Kılıf içindeki kırmığın (chip) sınırlı büyüklüğü ve tümdevrenin güvenli çalışmayı sağlayan koruma devresi (SOA - Protection = Safe Operating Area - Protection) nedeniyle TDA 2030 tek başına bu 5 A'lik akımı verememektedir ve bu akımın büyük bir kısmının yardımcı bir devreden sağlanması zorunludur.

Bir başka engeli de, bu tümdevrenin kataloğunda 36 V (veya ± 18 V) olarak verilen besleme geriliminin alabileceği en büyük (maksimum) değer teşkil etmektedir. Aslında bu gerilim sınırı, tümdevre üzerinde harcanan güce bağlıdır ve örneğin çıkış akımı düşük tutularak harcanan güç azaltıldığında, besleme gerilimi 36 V'un biraz üzerine çıkartılabilir. Bu şekilde, TDA 2030 Yüksek gerilim (High-Voltage) teknolojisi ile imal edildiğinden, çıkış akımı yaklaşık 1 A'de sınırlandırıldığında, tümdevrenin fiziksel besleme gerilimi sınır değeri 44 V'a kadar yükselir.



Şekil 6.1: % 1 distorsiyon için çıkış gücünün besleme gerilimine bağlı olarak değişmesi.



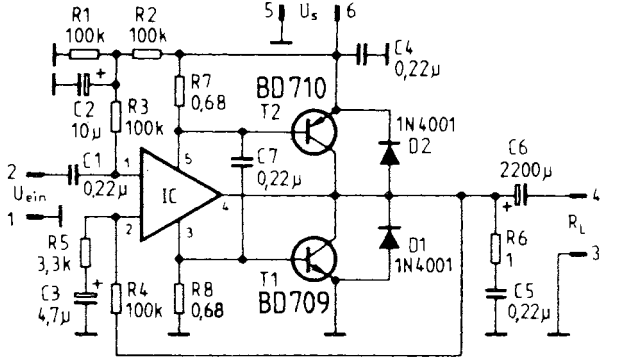
Şekil 6.2: İki kaynaktan simetrik beslenen 50 W'lık güç katı.

Çıkış gücünün 50 W'a (Şekil 6.1) çıkartılması için gerekli olduğu belirtilenler, TDA 2030'un standart devresine dışarıdan az sayıda devre elemanı eklenerek sağlanabilmektedir. Şekil 6.2'de çift kaynakla simetrik besleme durumunda bu yeni elemanların devreye nasıl eklendiği görülmektedir.

6.2 DEVRE NASIL ÇALIŞIYOR?

Tümdevrenin 1 numaralı giriş ucuna ses frekanslı bir işaret (U_{ein}) uygulandığında, bu işaretin alternansına bağlı olarak, + U_s veya - U_s besleme kaynağından, düşük değerli R7/R8 dirençleri içinden çıkış bacağı üzerinden R_L yüküne (hoparlöre) bir akım akar.

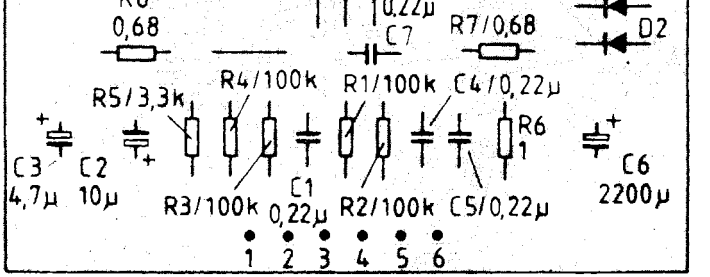
Tümdevre çıkışından akan bu I_4 akımı 1 A'in altında olduğu sürece, T1 ve T2 tranzistorlarının baz - emetör aralarına paralel gelen R7/R8 dirençlerindeki gerilim düşümleri, bu tranzistorları iletime sürmeye ve kolektör akımı akmasına yetmiyecektir. Böylece 4 Ω'luk yük üzerinde 4 V'luk bir gerilim tepe değerine (2 W'lık çıkış gücüne) kadar tümdevre yalnız olarak çalışmaktadır. I_{aus} yük akımı 1 A değerini aştığında, T1 ve T2 tranzistorları giriş özeğrilerinin dik olması nedeniyle hemen iletime geçerler ve kolektör akımı akıtırlar.



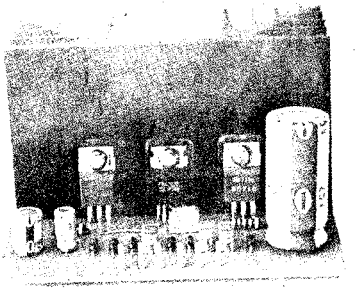
Şekil 6.3: Tek kaynaktan asimetrik beslenen 50 W'lık güç katı.

Bu şekilde, tranzistorların kolektörleri sadece (I_{aus} — I_a) farkı kadar akım akıttığından tümdevre, T1 ve T2 ile birlikte bir kontrol çevrimi oluşturmaktadır.

Tümdevre girişinde düşük seviyede işaret varken veya hiç işaret yokken, T1 ve T2 kesimde (tıkalı) olduklarından bunların içinden hiç akım (boşta bir doğru akım bile) akmamaktadır. TDA 2030, kendi içindeki çıkış katının boştaki doğru akım beslemesini sağladığından bir geçiş bozulması (distorsiyonu) meydana gelmemektedir.



Şekil 6.4: Şekil 6.3'deki devre için elemaların baskı devreye yerleştirilmesi. ELO-ELEKFİLM 12



Şekil 6.5: Soğutucusu da monte edilmiş çalışmaya hazır güç katı.

T1 ve T2 tranzistorları kolektör akımı akıtırlarken de, R_L yükünden akan I_{aus} yük akımının 1 A'lik kısmını tümdevre verdiğinden geçiş bozulmalarının ortaya çıkması güvenli bir şekilde önlenmiştir. Bu nedenle, bütün devrenin gerçeklenmesinde ve çalıştırılmasında bir zorlukla karşılaşılmamaktadır.

Buna rağmen, tümdevrenin kendi kısa devre koruması olduğu halde dışarıdan bağlanan güç tranzistorlarının kolektör akımları bu devrede sınırlanamadığından yükün kısa devre olmasına karşı bir koruma düzeni yoktur. Bu nedenle, çıkışın kısa devre edilmemesine büyük özen gösterilmelidir. TDA 2030'un ısıl koruma düzeni ise, bu devrede de etkinliğini sürdürmektedir.

6.3 DİKKAT EDİLECEKLER

Şekil 6.3'de, tek kaynaktan beslenen 50 W'lık kuvvetlendirici devresi görülmektedir. Bu devrenin gerçeklenebilmesini kolaylaştırmak için Şekil 6.4'de baskı devre için yerleştirme planı verilmiştir. Farklı potansiyellerde bulunduklarından hem tümdevre, hem de güç tranzistorları soğutucu üzerine mika parçası ile yalıtılmış olarak monte edilmelidir. Güvenli çalışma açısından, ısıl direnci 2 K/W'ın üstüne çıkmayacak şekilde soğutucunun boyutları küçük tutulmalıdır. Soğutucunun baskı devreye vidalandığı A ve B noktaları (Şekil 6.4) elektriksel olarak birbirine bağlı olmalıdır: vidalama şekline göre bu bağlantı soğutucu üzerinden olmuyorsa, ayrıca yapılmalıdır.

Elemanların baskı devreye yerleştirilmesinden ve soğutucunun monte edilmesinden sonra devrenin aldığı görünüm Şekil 6.5 de

verilmiştir. Regüle olmayan bir besleme devresinin kullanılması halinde, boştaki doğru gerilimin (besleme geriliminin alabileceği en büyük değerin) 44 V'u aşmaması gerekmektedir. Bu 50 W'lık kuvvetlendiricinin teknik verileri ve parça listesi Tablo 6.1 ve Tablo 6.2'de verilmiştir.

Tablo 6.1: Teknik Veriler

Besleme gerilimi	:	En fazla 44 V
Yük empedansı	:	En az 4 Ω
Çıkış gücü	:	Şekil 6.1'e bakınız.
Gerilim kazancı	:	30 dB (R4 ile değiştirilebilir)
Boşta çektiği akım	:	40 mA

Tablo 6.2: Parça listesi

IC	TDA 2030
T1	BD 709, BD 203 veya BDX 77
T2	BD 710, BD 204 veya BDX 78
R1	100 kΩ
R2	100 kΩ
R3	100 kΩ
R4	100 kΩ
R5	3,3 kΩ
R6	1 Ω
R7	0,68 Ω
R8	0,68 Ω
C1	0,22 uF
C2	10 uF/25 V Elko
C3	4,7 uF/25 V Elko
C4	0,22 uF
C5	0,22 uF
C6	2200 uF/25 V Elko
C7	0,22 uF
C8	0,22 uF (Sadece şekil 6.2'de)
D1	1N 4001
D2	1N 4001

7 70 W'LIK 3 YOLLU AKTİF KUTU

7.1 AKTİF KUTU'NUN ÖZELLİKLERİ

Bir aktif kutunun bir pasif kutuya göre şu avantajları vardır:

1. Her hoparlör (bas, orta sesler veya tiz) için ayrı bir güç katı kullanılmaktadır. Bu şekilde elektriksel zayıflatmalar en uygun (optimum) hale getirilerek, darbe cevabının da iyileşmesi sağlanmaktadır.

2. Frekans bölgelerinin ayırımı, güç kuvvetlendiricilerinden önce, en uygun şekle getirilebilen basit RC-filtreleriyle yapılmaktadır. Böylece pasif LC filtrelerinin bobin dirençlerindeki kaçınılmaz güç kayıplarından kurtulunmaktadır.

3. Pratik olarak, kutulara giden iletkenlerden akan işaret akımı ihmal edilecek mertebeden olduğundan bunlardan kayıp meydana gelmez ve toplam verim pasif kutulara göre daha iyi olur.

Aktif kutularda dezavantaj olarak, kutuya ayrıca enerji beslemesinin yapılması ve teknik açıdan külfeti sayılabilir, ama aşağıdaki örnekten de görüleceği gibi bu da savunulabilir.

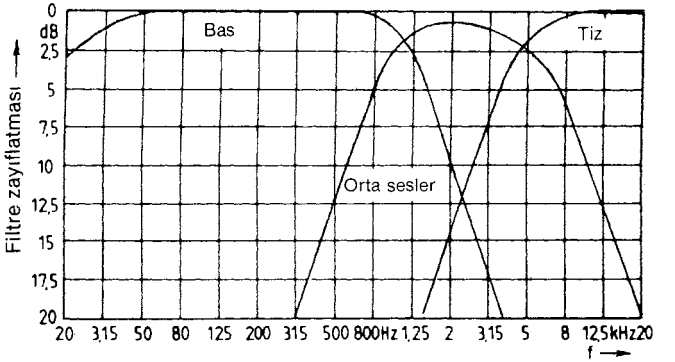
7.2 DEVRENİN TASARLANMASI

Devrenin tasarımında, çıkış gücünün büyük kısmının alçak (bas) sesler kanalında kullanıldığı göz önünde tutulmalıdır. Örneğimizde bu güç 40 W'dır. Geri kalan 30 W'lık güç, her birine 15 W olmak üzere orta ve yüksek (tiz) sesler bölgesine dağılmaktadır.

Bunu sağlamak üzere, bir yandan hoparlör empedansı uygun seçilmektedir: Bas bölgesi için 4 Ω, diğer bölgelerin her biri için 8 Ω. Diğer yandan, geçen sayıda yakından anlatılan çıkış katında yapılan değişiklikle doyma gerilimlerinin çok düşük olması sağlanmakta ve böylece bunlar teorik olarak elde edilebilecek en büyük çıkış gücüne erişilmesini engellememektedir.

Frekans bölgesi ayırıcıları olarak, her çıkış katında 12 dB/oktav kenar eğimli 2. dereceden filtreler (süzgeçler) kullanılmıştır, frekans karakteristikleri Şekil 7.1'de görülmektedir.

Ses basıncının ortaya çıkan toplam eğrisi, esas olarak kullanılan dönüştürücü sistemlerinin (hoparlörler) verimlerine bağlıdır. R 18 ve R 20 ayar dirençleri yardımıyla (Şekil 7.2) bu değişken büyüklük geniş sınırlar içinde dengelenebilir. Bu konuda, hoparlörlerin frekans eğrileri ve filtreler arası geçiş noktaları da etkilidir (Şekil 7.1). Filtre kondansatörleri aynı oranda değiştirildiğinde geçiş noktaları kaydırılabilir.



Şekil 7.1: Bas, orta sesler ve tiz kanalının frekans karakteristikleri.

Genel olarak söylemek gerekirse, ölçme yapmadan objektif olarak doyurucu bir sesin elde edilmesi zordur. Burada, aslında egalizörlerin ayarı için hazırlanmış, merkez frekansları sırayla 1:2 oranında değişen filtrelerden yararlanan LED göstergeli Oktav-Band-Analizleyici kullanılması kolaylık sağlar.

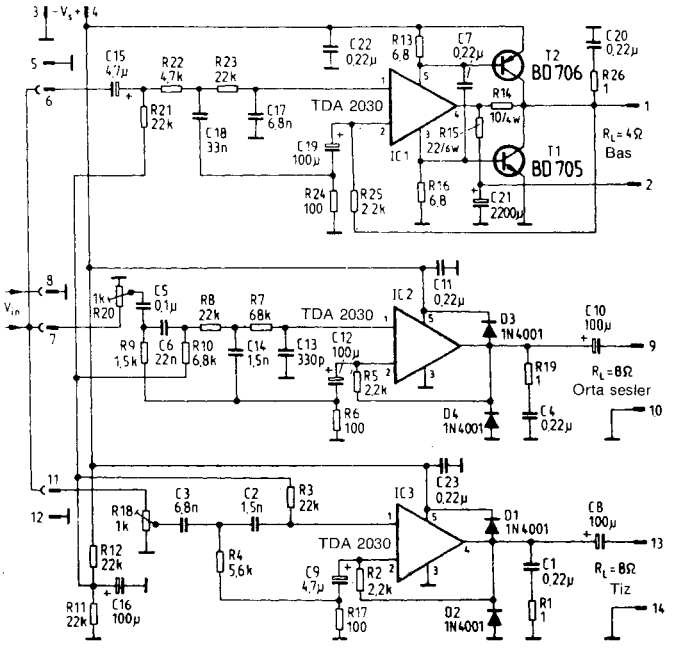
7.3 DEVRE NASIL ÇALIŞIYOR?

Devre tek kaynaktan asimetrik besleme için tasarlandığından, R 11 ve R 12 dirençleri ile bir gerilim bölücü oluşturularak, üç çıkış katı için de ortak olan bir kaynak ortası doğru gerilim elde edilmektedir. Bu gerilim C16 kondansatörü ile parazitik işaretlerden temizlenmekte ve R3, R10 ve R21 filtre dirençlerine iletilmektedir. Çıkış katlarının hepsinin kazançları eşittir ve geribesleme ile kazancı belirleyen R2, R5, R25 dirençleri 2,2k ve R17, R6, R24 dirençleri 100 Ω seçilerek:

$$1 + \frac{2k2}{100\Omega} = 23 \triangleq 27 \text{ dB}$$

olarak belirlenmiştir. Bağlanmış 6,7 ve 11 no.lu girişlere etkin değeri 1 V olan bir gerilimin uygulanması, bütün çıkış katlarının tam sürülmesi için yeterlidir.

Ses frekansı spektrumundaki işaretler, Tiz sesler kanalı için 11 no.lu bağlantı ucu üzerinden, 2. dereceden bir yüksek geçiren filtreye gelmektedir. Bu filtre C2, C3 kondansatörleri ile R3, R4 dirençlerin-



Şekil 7.2: "3 yollu aktif kutu" nun tam devresi

den oluşturulmuş ve tümdevrenin girişine bağlanmıştır. Bu filtre türünde, R4 üzerinden gerçekleştirilmesi gereken geribesleme için ayrıca bir empedans çevirici gerekli değildir. Tümdevrenin "–" girişinde bulunan işaret, seviye ve faz açısından 1. bacağındaki ile aynı olduğundan, bu amaçla kullanılabilir. Bu noktanın düşük dirençli olması koşulunu ise R17 direnci sağlamaktadır.

Şekil 7.2'den görüldüğü gibi, bu filtre geribesleme prensibi orta sesler ve bas kanalında da kullanılmıştır.

Karşılıklı etkilemeleri önlemek için empedansları özenle birbirine ayarlanmış bir yüksek geçiren ve bir alçak geçiren filtre ard arda bağlanarak, orta sesler bölgesi için gerekli "Band geçiren" karakteristiği elde edilmiştir. IC2 ve IC3 tümdevrelerinin çalışması hakkında daha fazla bilgi, TDA 2030'u tanıtan ilk yazıdan alınabilir.

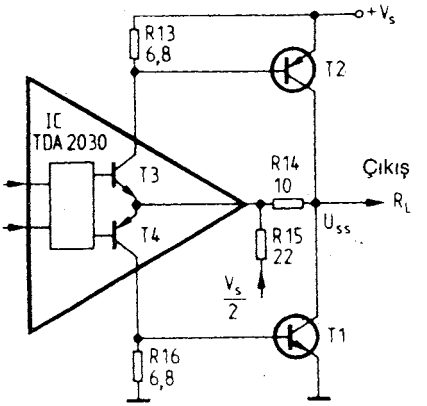
7.4 BAS KANALI KUVVETLENDİRİCİ

Bas kuvvetlendirici devresindeki tekniğin daha iyi anlaılabilmesi için, tümdevre ile birlikte T1 ve T2 tranzistorlarının fonksiyonlarının aydınlatıldığı geçen bölümdeki yazının iyi bilinmesi gerekmektedir. Şekil 7.3'den görüldüğü gibi, dışarıdan bağlanan T1 tranzistoru, tümdevre içindeki T4 ile bir Eşlenik (Komplementer) - Darlington devresi oluşturmaktadır, aynı durum T2 ve T3 için de geçerlidir. T3 ve T4'ün emetörleri T1 ve T2'nin kolektörleri ile, direkt olarak değil, düşük değerli R14, R15 dirençlerinin oluşturduğu gerilim bölücü üzerinden bağlıdır. Bu nedenle, tümdevre tranzistorlarının bazları ile çıkış arasında:

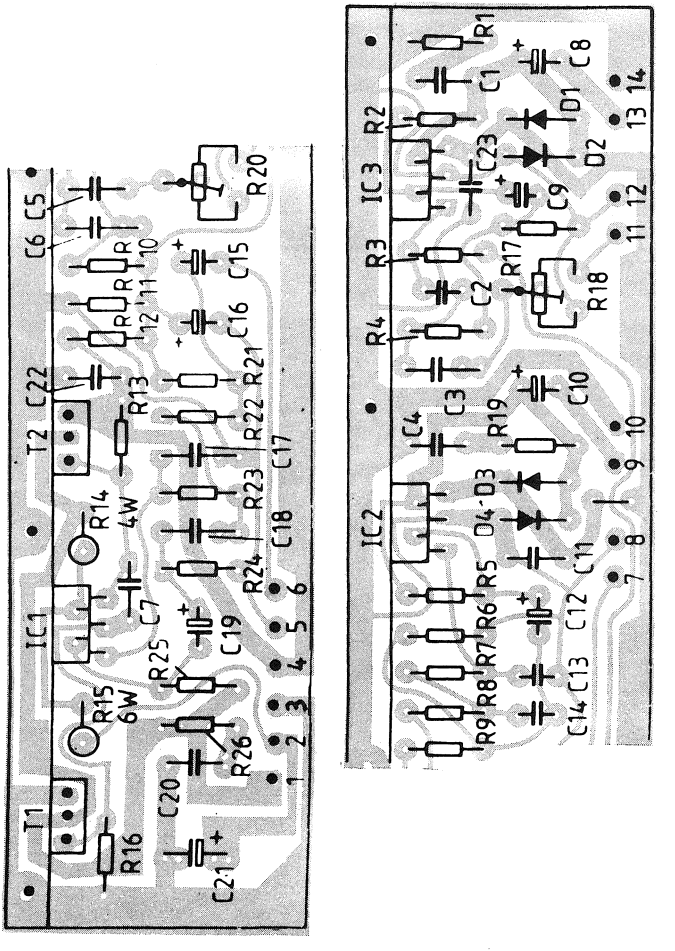
$$1 + \frac{R14}{R15} \simeq 1{,}5$$

değerinde bir işaret kuvvetlendirmesi olmaktadır. Bu, T3 ve T4'ün emetörlerinde tepeden tepeye $V_s/1{,}5$ değerinde bir gerilim olduğunda, çıkışta teorik açıdan elde edilebilecek sınır gerilim olan $U_{ss} = V_s$'nin bulunması demektir.

Bu şekilde, tümdevrenin doyma gerilimleri ortaya çıkmaz ve T1 ve T2 tranzistorları da sınır bölgelerde tam olarak sürülebilirler, verim oldukça artar.



Şekil 7.3: Bas kanalında çıkış katının prensip olarak devresi.

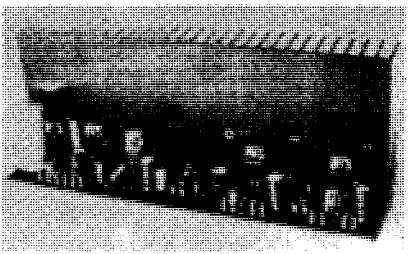


Şekil 7.4: Yerleştirme planı. ELO-ELEKFİLM 14

R14/R15 gerilim bölücüsü nedeniyle, yük direnci ile çıkıştaki elektrolitik kondansatörün alışılmış sırası değişmiş olduğundan, hoparlöre giden kabloda besleme geriliminin yarısı değerinde bir potansiyelin bulunduğuna dikkat edilmelidir. Diğer kanallarda tümdevrenin sağladığı kısa devre koruması, tranzistorların bağlanışı nedeniyle bas kanalında yoktur. Bu nedenle bas kanalının çıkışının kısa devre olmamasına özen gösterilmelidir. Tümdevrenin ısıl koruma düzeni ise, bütün çıkış katlarında görevdedir.

7.5 GERÇEKLEŞTİRMEDE DİKKAT EDİLECEKLER

Şekil 7.4'de, hazırlanan baskı devre için yerleştirme planı görülmektedir. Bas kanalanın tümdevresi ve T1, T2 tranzistorları soğutucuya mika ile yalıtılarak monte edilecektir. Soğutucunun ısıl direnci, $2^0K/W$ değerinin üstüne çıkmamalıdır. Devrenin tamamı plakete yerleştirilmiş olarak Şekil 7.5'de görülmektedir. Kuvvetlendiricinin teknik verileri ve parça listesi Tablo 7.1 ve 7.2'de verilmiştir.



Şekil 7.5: Soğutucusu da monte edilmiş hazır plaket

Tablo 7.1: Teknik Veriler

Besleme gerilimi: En fazla 36 V
36 V ile beslendiğinde
yük empedansı ve çıkış gücü:
Bas kanalı 4Ω, 40 W
Orta kanal 8Ω, 15 W (Toplam 70 W)
Tiz kanalı 8Ω, 15 W
Kazanç:
Bas kanalı 27 dB, R25 ile değiştirilebilir.
Orta kanal 27 dB, R5 ile değiştirilebilir.
Tiz kanalı 27 dB, R2 ile değiştirilebilir.
Boşta çektiği akım: Kanal başına 40 mA

Tablo 7.2: Parça listesi

Yarıiletkenler
3 TDA 2030
1 BD 705
1 BD 706
4 1N 4001

Dirençler
2 6,8 Ω
1 10 Ω/4 W
1 22 Ω/ 6 W
3 100 Ω
2 1 k, ayarlı
1 1,5 k
3 2,2 k
1 4.7 k
1 5,6 k
1 6,8 k
1 68 k

Kondansatörler
1 330 p
2 1,5 n
2 6,8 n
1 22 n
1 33 n
1 0,1 u

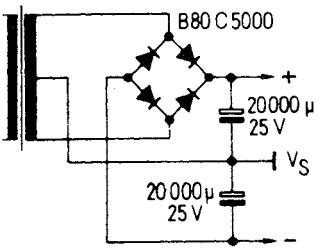
Elektrolitik
2 4,7 u/25 V
5 100 u/25 V
1 2200 u/25 V

8 200 W'LIK KÖPRÜ KUVVETLENDİRİCİ

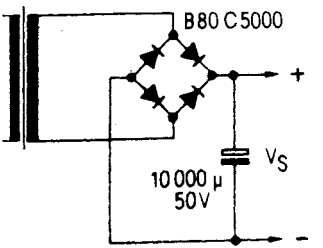
8.1 DEVRENİN TASARLANMASI

Bir çıkış katı ile 4 Ω'luk bir yüke 200 W'lık bir gücün aktarılabilmesi için, en az 80 V'luk bir besleme gerilimi ve 10 A'lik bir tepe akımı gereklidir. Daha önce anlatılan 50 W'lık çıkış katında görüldüğü gibi, sürücü olarak kullanıldığında tümdevre en fazla 44 V ile beslenebildiğinden böyle bir kuvvetlendirici ancak köprü devresinde gerçekleştirilebilir. Bilindiği gibi, köprü devresi kullanıldığında, bir çıkış katına göre yüke aktarılabilecek güç 4 kat arttığından, 50 W'lık çıkış katları kullanılarak yaklaşık 200 W çıkış gücüne ulaşılabilir.

Köprü devresinin önemli bir avantajı, her köprü yolu kendi parazit bastırma özelliğine sahip olduğundan, yük akımı devresinin besleme akımı devresinin olumsuz etkilerinden iyice yalıtılmış olmasıdır. Bir başka avantajı da aşağıda açıklanan düşünce sağlamaktadır:



Şekil 8.1: Simetrik gerilim veren besleme kaynağı. Bu amaçla, sekonderinde orta ucu olan veya iki eş sekonder sargısı bulunan bir trafo kullanılıyor.



Şekil 8.2: Bu yazıda verilen köprü devresinde kullanılmaya uygun, şasiden bağımsız çıkışı olan besleme kaynağı (trafo sekonderi tek sargılı!)

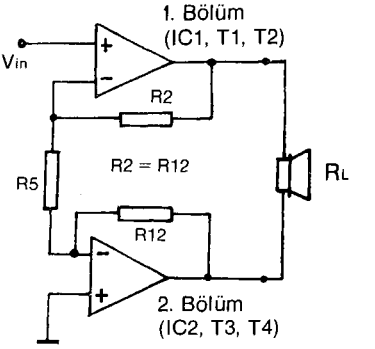
Basit bir çıkış katında bile, elektrolitik kondansatör kullanmadan doğru gerilimsiz çıkış elde edebilmek için Şekil 8.1'deki gibi bir simetrik besleme devresi kullanılır. Bu yazıda verilen devrede ise, şasi potansiyelinden bağımsız basit bir besleme devresi yeterli olmaktadır (Şekil 8.2), çünkü devrenin girişinde ve çıkışında toprağa göre simetrik bir işaret bulunmaktadır. Bu nedenle de hoparlörde doğru gerilim potansiyeli yoktur.

8.2 DEVRENİN ÇALIŞMASI

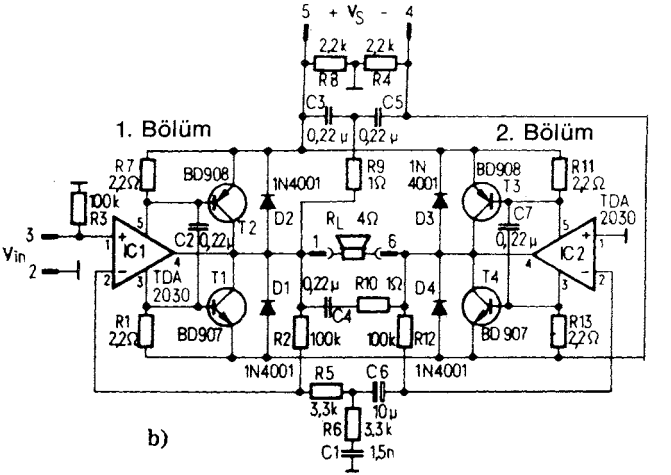
Şekil 8.3'de besleme gerilimi uçları arasında bulunan R4 ve R8 dirençleri, Şekil 8.1'deki gibi bir simetrik besleme kaynağı etkisini yaratan görünürde bir şasi meydana getirmektedir. Bu yapay (sunî) orta noktanın empedansı gerçi yüksektir ama köprü devresinde R_L yükünden akan çıkış akımı bu şasi noktasından geçmediğinden bunun sakıncası yoktur.

Devrenin kusursuz çalışması için gerekli koşul, besleme kaynağının bir tarafından bu şasiye göre fazladan akım çekilmemesidir. Örneğin bir ön kuvvetlendiricinin de aynı kaynaktan beslenmesinin zorunlu olması gibi çeşitli nedenlerle buna olanak yoksa, Şekil 8.1'deki gibi simetrik bir besleme kaynağı da kullanılabilir, ama bu kaynağın orta (şasi) noktası, köprü devresinin girişindeki şasi noktasına (2 no.lu uca) bağlanmalıdır.

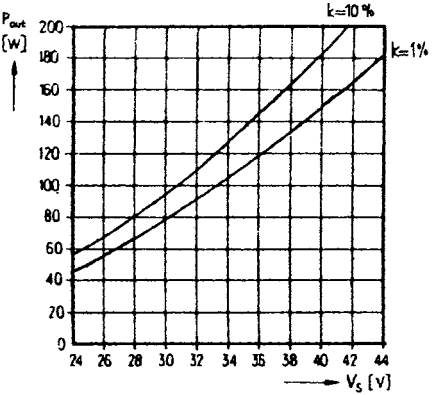
Tümdevrenin çıkış tranzistorları ile birlikte kullanılması



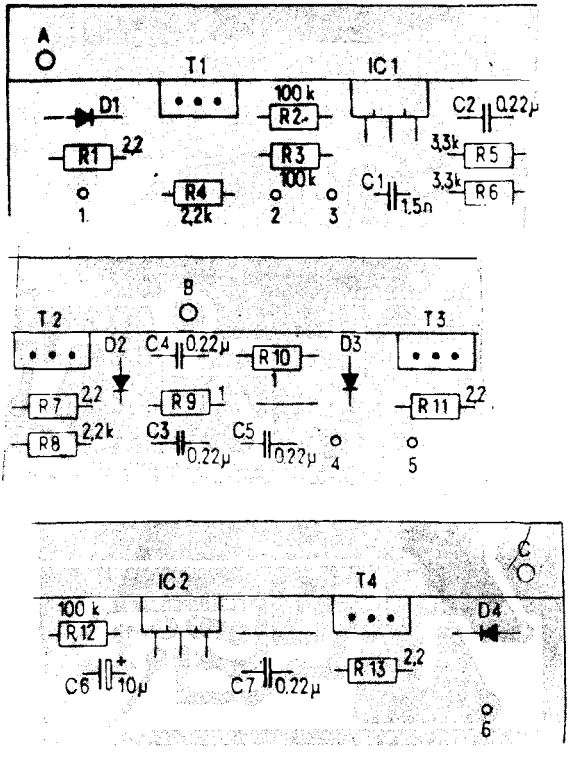
Şekil 8.3a: 200 W'lık köprü kuvvetlendiricinin prensip şeması.



Şekil 8.3b: 200 W'lık köprü kuvvetlendiricinin tam şeması.



Şekil 8.4: Besleme gerilimine bağlı olarak çıkış gücünün değişimi. 44 V'luk üst sınır hiçbir zaman aşılmamalıdır.



Şekil 8.5: Baskı devreye yerleştirme planı. A noktasından vidalanarak soğutucunun, girişin 2 no.lu şasi ucuna bağlanması sağlanacaktır. ELO-ELEKFİLM 23

burada bir daha anlatılmayacaktır. Köprü devresi içinse aşağıdaki kurallar geçerlidir:

İşaret IC1'in + girişine uygulandığında ve ses frekansları açısından kısa devre olan C6 kondansatörü yardımıyla R5'in bir ucu IC2'nin 2 no.lu girişi üzerinden şasi potansiyelinde bulunduğundan, 1. bölümdeki kuvvetlendiricinin kazancı:

$$V1 = 1 + \frac{R2}{R5}$$

olur. Ters fazlı çıkış işareti ilde etmek için faz çeviren (-) girişinden sürülen 2. bölümdeki kuvvetlendiricinin kazancı da:

$$V2 = - \frac{R12}{R5}$$

olduğundan köprü devresinin toplam gerilim kazancı için, bu kazançların farkı alınarak:

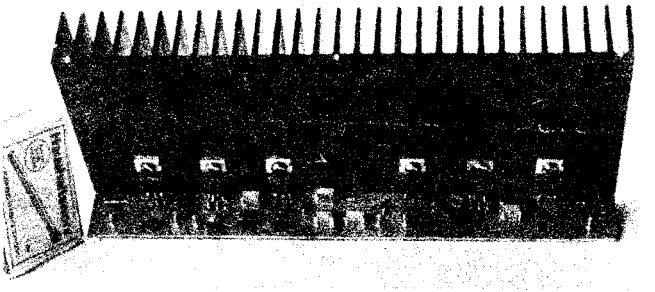
$$V = 1 + \frac{R2}{R5} + \frac{R12}{R5} = 61{,}6$$

$\cong$ 36 dB
elde edilir.

C3, C5 ve R9 köprünün 1. bölümü, C4 ve R10 ise 2. bölümü için Boucherot (Zobel) elemanlarını oluştururlar. Benzer şekilde C1/R6 elemanları da devrenin salınım (osilasyon) yapmasını önlerler. Çıkışlarda dışarıdan bağlanmış tranzistorlar kullanıldığından bu köprü devresinde de tümdevrenin kısa devre koruması etkili değildir ama ısıl koruma düzeni çalışmaktadır. Şekil 8.4'de % 1 ve % 10 distorsiyon değerleri için besleme gerilimine bağlı olarak, elde edilmesi beklenen çıkış gücünün değişimi görülmektedir.

8.3 GERÇEKLEŞTİRMEDE DİKKAT EDİLECEKLER

Şekil 8.5'de 200 W'lık çıkış katının, yapımını kolaylaştıran baskı devreye yerleştirilmesi verilmiştir. İki tümdevreye ve dört tranzistor soğutucuya mika ile yalıtılarak monte edilecektir. Soğutucu, A noktasından girişin şasi ucuna vidalanarak bağlanacaktır ve —özellikle köprü çıkış katı sürekli kullanılacaksa— ısıl direnci 1^0K/W'ı aşmayacak şekilde boyutları büyük tutulmalıdır. Şekil 8.6'da tamamen monte edilmiş 200 W'lık çıkış katı görülmektedir. Devrenin çalışmasını güven altına almak açısından, boşta (girişte işaret yokken) bile besleme geriliminin 44 V'un üstüne çıkmasına büyük özen gösterilmelidir. Teknik veriler ve Parça listesi Tablo 8.1 ve Tablo 8.2'de verilmiştir.



Şekil 8.6: Soğutucu da monte edilerek tamamlanmış bir çıkış katı. (Karşılaştırma için yanına kibrit kutusu konulmuştur).

Tablo 8.1: Teknik veriler

Besleme gerilimi	: En fazla 44 V (topraktan bağımsız)
Yük empedansı	: En az 4 Ω
Çıkış gücü	: Şekil 8.4'e bakınız.
Kazanç	: 36 dB (R5 ile değiştirilebilir)
Boşta çektiği akım	: Vs = 36 için 90 mA

Tablo 8.2: Parça listesi

Yarıiletkenler:

IC1, IC2, TDA 2030
T1, T4 BD 907 veya BD 709
T2, T3 BD 908 veya BD 710
D1...D4 1N 4001

Dirençler:

R9, R10	1 Ω
R1, R7	2,2 Ω
R11, R13	2,2 Ω
R4, R8	2,2 kΩ
R5, R6	3,3 kΩ
R3, R3	100 kmΩ
R12	100 kΩ
R12	100 kΩ

Kondansatörler:

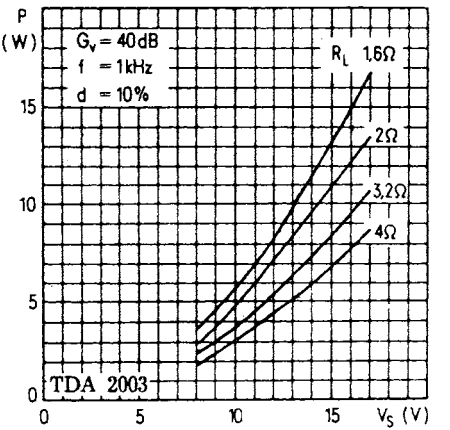
C1	1,5 uF
C2, C3	0,22 uF
C4, C5	0,22 uF
C7	0,22 uF
C6	10 uF/16 V, Elko

9 TDA 2003 İLE OTOLARDA 12 W ÇIKIŞ GÜCÜ

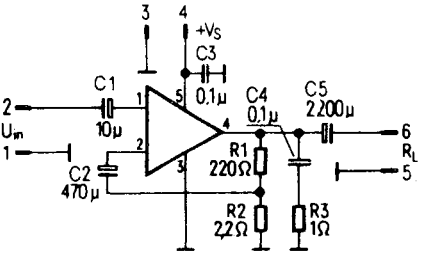
9.1 TÜMDEVRENİN HAZIRLANIŞI

Avrupa'dan sonra Amerikan ve Japon firmaları tarafından da satış programına alınan TDA 2002 tümdevresinin geliştirilmişi olarak piyasaya sunulan TDA 2003 tümdevre güç kuvvetlendiricisi, onun gibi özellikle oto radyolarında kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Kılıfları ve bacak dizilişleri aynı olan TDA 2002 ve TDA 2003 birbirlerinin yerine kullanılabilir ama TDA 2003 daha büyük güç verebilmektedir.

Modern oto radyolarını geliştirenler, belli (standart) ölçülerde ama nispeten küçük bir kutuya çok sayıda fonksiyonu sığdırmak problemiyle karşı karşıya bulunmaktadırlar. Sonuç olarak elektronik,—günümüzde istenen yüksek çıkış güçlerine rağmen— en az sayıda dış eleman kullanan ses frekansı çıkış katlarına izin verebilmektedir. Bunun için özel olarak geliştirilmiş olan **Pentawatt** kılıfı, fazla yer tutmayan yapısına rağmen tümdevrede harcanan güç nedeniyle meydana gelen ısıyı yeteri kadar iyi bir şekilde

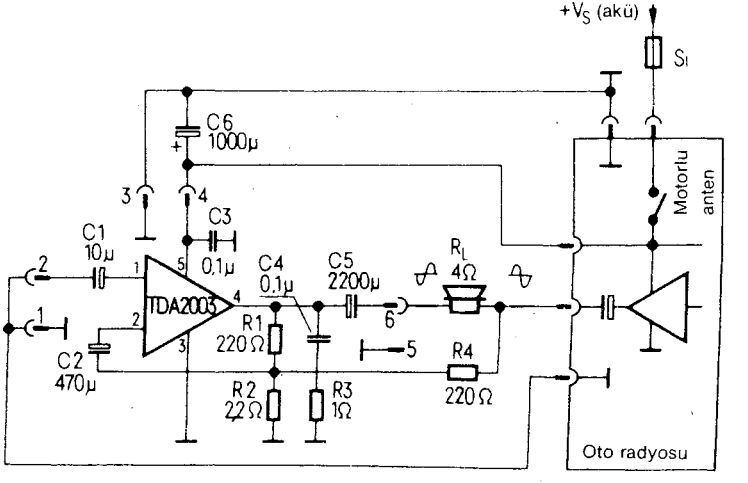


Şekil 9.1: Besleme gerilimine ve yük empedansına bağlı olarak çıkış gücünün değişimi.

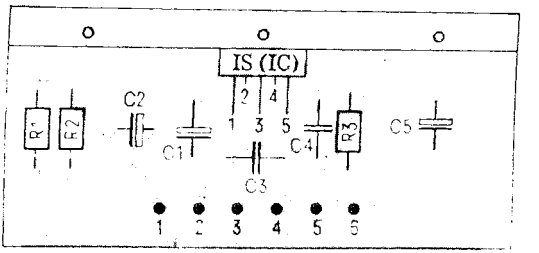


Şekil 9.2: TDA 2003 (veya TDA 2002) için standart uygulama devresi.

soğutucuya aktarmaktadır. Arabalarda besleme geriliminin yaklaşık **14 V** gibi bir değerde sınırlı olmasından dolayı, yüksek çıkış gücüne ancak hoparlör gruplarının paralel bağlanmasıyla erişilebileceğinden, **2 Ω** veya daha küçük değerde yük empedanslarıyla çalışmak söz konusu olmaktadır. Bu da TDA 2003'ün çıkış tranzis-



Şekil 9.3: Hazır bir oto radyosu çıkış katının TDA 2003 (veya TDA 2002) eklenerek "köprü" devresi haline getirilmesi. Bu şekilde çıkış gücü yaklaşık üç katına çıkar. R1 ile R4'ün değerlerinin aynı olduğuna dikkat ediniz.



Şekil 9.4:Şekil 9.2'deki standart devre için baskı devre: Şekil 9.3 için kullanıldığında R4 ve C6 dışarıdan bağlanacaktır. (Bu baskı devre aynen TDA 2002 için de kullanılabilir. ELO-ELEKFİLM 50

torlarının büyük akımlara dayanıklı olmasını zorunlu kılmaktadır. Tümdevre köprü devresinde veya en büyük çıkış gücünün beklendiği 1,6 Ω'luk minimum yük empedansı (Şekil 9.1) ile çalıştırıldığında, akımın tepe değeri 4 A'e kadar çıkmaktadır.

Tümdevrenin bazıları aşağıda verilen fonksiyonları, kullanımını kolaylaştırmakta ve onu dış etkenlerin verebileceği zararlara karşı korumaktadır:

- Aşırı gerilim koruması (dump-protection) . TDA 2003 süresinin **50 ms**'yi aşmaması ve hemen tekrarlanmaması koşuluyla— tepe değeri **40 V**'a kadar olan gerilim darbelerine dayanabilmektedir. Bu özellik, TDA 2002'de de vardır ama TDA 2002 A'da yoktur.
- Çıkış alternatif ve doğru gerilimlerinin kısa devrelere karşı korunmuş olması. Özellikle doğru gerilim koruması, çıkış kondansatörü kullanılmayan köprü devreleri açısından önemlidir.
- Isıl koruma (thermal shutdown) . Bir nedenle aşırı ısınma olduğunda, son katın akımı kesilerek kırmık (chip) korunur.
- İç kompanzasyon. Tümdevrede bulunan (tümleştirilmiş) kondansatörler yüksek frekanslarda kazancı düşürerek osilasyon tehlikesini önlerler.
- Çıkış tranzistorlarının düşük doyma (saturasyon) gerilimi verimi artırmaktadır.
- Düşük gürültü. Tümdevrenin özellikle giriş katlarının düşük gürültülü olmasına özen gösterilmiştir.

9.2 STANDART UYGULAMA

Şekil 9.2'de, TDA 2003 için verilen ve yapıldığında sorun çıkarmadan çalışan standart devre görülmektedir. Çalışma noktalarının ayarını ve çıkış sükunet doğru geriliminin besleme geriliminin yarısı değerinde olmasını sağlayan elemanlar ve bütün katlar tümdevre içinde bulunduğundan, sadece, girişte doğru gerilimi ayırmak için **C1** ve alternatif gerilim bakımından geribesleme olması için **C2** elektrolitik kondansatörlerine gereksinme duyulur. **R1** ve **R2** gerilim bölücü dirençlerinin oranı değiştirilerek

$$\frac{u_{çıkış}}{u_{giriş}} = 1 + \frac{R1}{R2}$$

ifadesine göre istenilen kazanç değeri sağlanabilir ama en fazla **52 dB**'lik kazanç elde edilebilir. Şekil 9.2'deki R1, R2 değerleri için kazanç 100, yani **40 dB**'dir.

Başka devrelerde bir süzme kondansatörü eklenerek yapılan besleme gerilimi üzerindeki parazitik işaretlerin zayıflatılması görevini burada —ikinci görev olarak— C2 elektrolitik kondansatörü ile birlikte R2 direnci üstlenmektedir. Tümdevrenin 2 no.lu negatif geribesleme bacağından bakıldığında, her iki eleman seri olarak toprağa (şasiye) bağlıdır. Bu R-C kolunun empedansı, tümdevre içindeki bir katın empedansı ile birlikte bir gerilim bölücü oluşturur ve bölünme oranı, erişilen parazitik işaret (vınıltı,...) zayıflatmanın mertebesine karşı düşer.

Yükü (hoparlörü) yüksek frekanslarda 1 Ω'la kapatarak hoparlörün endüktansını etkisiz kılan Boucherot elemanları (R3, C4) ve besleme gerilimine paralel bağlı C3 kondansatörü, her zaman olduğu gibi osilasyon (salınım) tehlikesini önlerler.

9.3 DEĞİŞİK BİR UYGULAMA

Şekil 9.3, standart devrenin değişik bir uygulamasını göstermektedir. Böylece hazır bir oto radyosunun ses frekansı çıkış gücünü yaklaşık üç katına çıkarmak olanağı doğmaktadır. Hazır oto radyosunun çıkış katı **R4** direnci üzerinden TDA 2003'ün 2 no.lu faz çeviren («–») girişini sürmekte ve bu şekilde TDA 2003, 4 no.lu bacağından oto radyosu çıkış katınınkine göre ters fazlı bir çıkış işareti vermektedir. Her iki çıkış gerilimi de, şasiye (0 V'a) bağlı olmayan hoparlörün birer ucuna uygulandığından, ortaya bir köprü devresi çıkmaktadır.

Görüldüğü gibi, eğer oto radyosunun daha önceki hoparlörü bu amaçla kullanılacaksa, önce hoparlörün şasiye bağlı olan ucu sökülmelidir. Oto radyosunun aşırı yüklenmesini önlemek için, bunun normal şartlarda en az **2** Ω'la çalıştırılabilen bir çıkış katına sahip olması gerekir. Bu yazıda verilen baskı devre ile hazırlanacak plaket, hem Şekil 9.2'de hem de uygun bağlantılarla Şekil 9.3'teki söz konusu köprü devresinde kullanılabilmektedir. Oto radyosuyla birlikte kullanılırken (Şekil 9.3), plaketin hemen yakınına konulması gereken 1000 uF'lık bir elektrolitik kondansatörle **(C6)** kapatılması gereken besleme gerilimi, örneğin —eğer varsa— radyonun motorlu anten kumanda çıkışından alınabilir. Ek devre nedeniyle çekilecek akım arttığından (yükleme fazlalaştığından), sigortanın değerinin büyültülmesi de gerekebilir.

9.4 GERÇEKLEŞTİRME

Şekil 9.4'te TDA 2003'lü çıkış katı için hazırlanmış baskı devre görülmektedir ve daha önce de belirtildiği gibi, bundan hem Şekil 9.2'de hem de Şekil 9.3'de yararlanılmaktadır. TDA 2003 için kullanılacak soğutucunun ölçüleri, ısıl direnci 6 K/W'ın üzerine çıkmayacak kadar büyük seçilmelidir. Tablo 9.1'de teknik veriler, Tablo 9.2'de de parça listesi görülmektedir.

Burada verilen baskı devre ve eleman değerleri (Şekil 9.2 ve 9.3) aynen TDA 2002 için de kullanılabilir. TDA 2002 ile TDA 2003 arasındaki önemli fark, aynı koşullarda (şartlarda) TDA 2002'nin biraz daha düşük güç vermesidir: Örneğin **14,4 V** (tam dolu akü gerilimi) için % 10 distorsiyon ile 2 Ω'luk yüke TDA 2003 **10 W** verirken TDA 2002 **8 W** verebilmektedir (tipik değerler). Buna bağlı olarak, TDA 2003 için izin verilen en düşük yük empedansı 1,6 Ω, ama TDA 2002 için 2 Ω'dur ve TDA 2002 üzerinde harcanabilecek maksimum güç de daha düşüktür (15 W, TDA 2003'te ise 20 W; tabiî soğutucu varken).

Aslında, TDA 2030'un da kılıf yapısı ve bacak dizilişi TDA 2003 ile aynıdır ama içyapı farklılıkları nedeniyle TDA 2030, TDA 2003 yerine doğrudan kullanılamaz, değişiklikler yapmak gerekir.

Tablo 9.1: Teknik veriler (TDA 2003)

Besleme gerilimi: 8...18 V
Yük empedansı: min 1,6 Ω
Çıkış gücü: Bak. Şekil 9.1
Gerilim kazancı:
40 dB (R1 ile değiştirilebilir)
Sükûnet akımı:
42 mA (14 V ile beslemede)

Tablo 9.2: Parça listesi

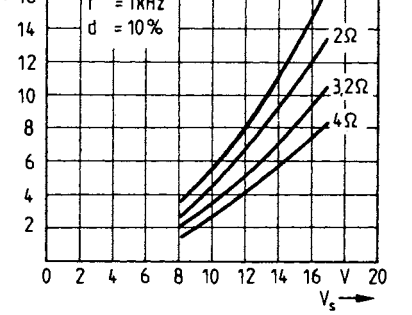
IS	TDA 2003 (TDA 2002)
R1	220 Ω
R2	2,2 Ω
R3	1 Ω
R4	220 Ω (Sadece Şekil 3)
C1	10 uF/3 V
C3	0,1 uF
C4	0,1 uF
C5	2200 uF/16 V...25 V
C6	1000 uF/16 V (Sadece Şekil 9.3)

10 TDA 2004 İLE 2x12 W'LIK STEREO ÇIKIŞ KATI

TDA 2002 ve TDA 2003 gibi yine öncelikle oto radyoları için geliştirilmiş olan TDA 2004'ün içinde birbirinden bağımsız iki adet çıkış katı bulunmaktadır. Böylece, bir adet TDA 2004 ile ya 2x12 W'lık stereo çıkış katı, ya da köprü bağlama ile 25 W'lık mono çıkış katı yapılabilmektedir. Yazının sonunda bir uygulama örneği olarak oto radyoları için güç yükseltici ("Booster") yapımı anlatılmıştır.

10.1 TÜMDEVRENİN HAZIRLANIŞI

TDA 2003 ile ilgili önceki yazıda da belirtildiği gibi, oto radyoları için hazırlanan güç kuvvetlendirici tümdevrelerinden olabildiğince büyük güç verebilmelerinin yanı sıra, dışarıdan bağlanacak eleman sayısının da az olması istenmektedir. Stereo oto radyolarının sayısının artması TDA 2004 tümdevresinin hazırlanmasında etkili olmuştur. Bu stereo tümdevre için geliştirilen 11 bacaklı SIL-kılıfı içinde bir tek yarıiletken kırmık üzerinde birbirinden tamamen ayrı iki adet güç kuvvetlendiricisi bulunmaktadır. Bunların sadece 0 V (şasi) ve + besleme gerilimi uçları ile parazit giderme devreleri ortaktır. Şekil 10.1'de stereo çalıştırmada kanal başına elde edilen çıkış gücü görülmektedir. TDA 2004 içindeki iki güç katının **köprü** bağlanması halinde elde edilecek çıkış gücünün



Şekil 10.1: Stereo çalıştırmada 1 kHz ve % 10 distorsiyon için besleme gerilimine ve yüke bağlı olarak kanal başına çıkış gücünün değişimi.

besleme gerilimine göre değişimi de Şekil 10.2'de verilmiştir. TDA 2003'te de bulunan çeşitli koruma fonksiyonları TDA 2004'ün kritik çalışma durumlarında zarar görmesini önlemektedir. Bunların yanı sıra tabii, frekans kompanzasyonu, düşük gürültü ve düşük doyma (saturasyon) gerilimi gibi özellikler de bu tip tümdevreler için artık standart hale gelmiştir.

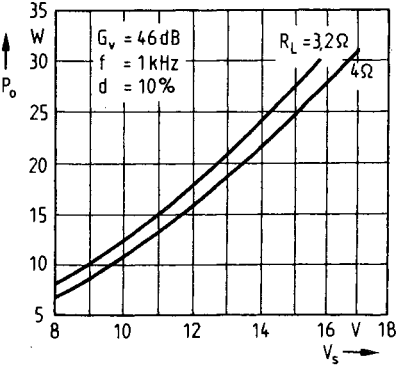
10.2 DIŞTAN BAĞLANAN ELEMANLAR

Önce Şekil 10.3'teki stereo kullanım için standart devreyi ve sonra da daha büyük çıkış gücü için köprü bağlamayı inceleyelim. TDA 2004 içindeki her iki kuvvetlendirici eş olduğundan, sadece birini (örneğin A'yı) anlatmak yetecektir. TDA 2003 ile ilgili yazıyı okuyanlar için TDA 2004'te de çıkış doğru gerilimini besleme geriliminin yarısı yapmak ve diğer doğru gerilimler için negatif geribeslemenin bulunduğunu söylememiz yeni bir şey olmayacaktır. Bu nedenle, yine sadece ses frekansı girişini doğru gerilim açısından ayırmak için bir **C2** (C14) kondansatörü ve değişken (alternatif) gerilimler bakımından negatif geribesleme için bir **C6** (C9) kondansatörü yeterlidir.

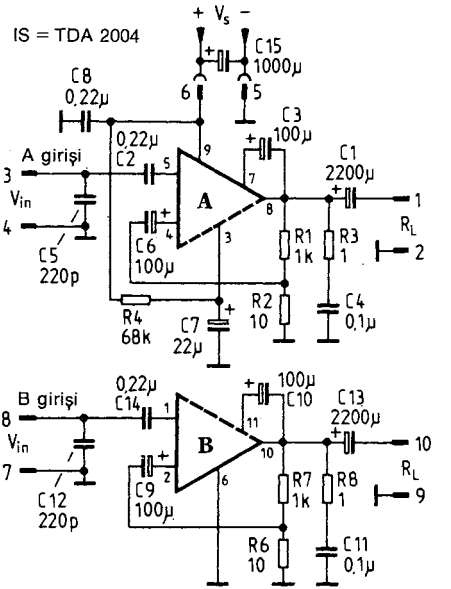
En fazla **52 dB** olması gereken gerilim kazancını **R1 ve R2** (B'de R7 ve R6) dirençleri belirlenmektedir:

$$V = 1 + (R1/R2)$$

C3 (C10) elektrolitik kondansatörü «bootstrap» kondansatörüdür ve + ucu 7 no.lu bacak üzerinden tümdevre içindeki sürücü kata bağlıdır. Değeri yeteri kadar büyük seçilerek uçlarındaki doğru



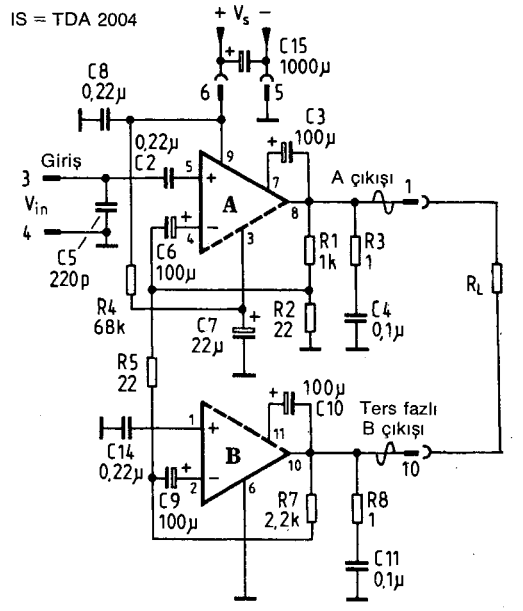
Şekil 10.2: Köprü devresinde 1 kHz ve % 10 distorsiyon için besleme gerilimine ve yüke bağlı olarak çıkış gücünün değişimi.



Şekil 10.3: Stereo kuvvetlendiricinin standart devresi.

gerilimin sabit kalması sağlanmıştır. Böylece 8 no.lu bacaktaki çıkış değişken gerilimi, + besleme gerilimine doğru yükseldiğinde 7 no.lu bacaktaki gerilim de bunu C3'ün uçlarındaki doğru gerilim kadar yukarıdan izler ve sürücü kat daima çıkışa göre yeteri kadar büyük doğru gerilimle beslendiğinden çıkış değişken gerilimi pozitif yönde alabileceği en büyük değere kadar yükselir. Negatif yönde de en büyük değişimin elde edilebilmesi için tümdevre içinde —kondansatörden faydalanmayan— ayrı bir düzen vardır. Pille çalıştırılmak için hazırlanan tümdevrelerde de çok kullanılan bu iki düzen sayesinde çıkış katı daha verimli çalışmakta, faydalı çıkış gücü artmaktadır.

Devre basitleştirilmek istenirse C3 ve C10 bootstrap kondansatörleri kullanılmayabilir, bu durumda 7 ve 11 no.lu bacaklar doğrudan + V_S'ye bağlanmalıdır. Tümdevre de bootstrap uygulan-

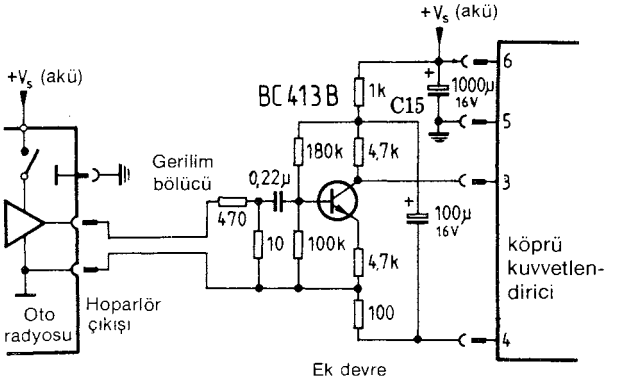


Şekil 10.4: Köprü kuvvetlendiricinin standart devresi.

mamışken 8 ve 10 no.lu çıkışlardaki sükûnet doğru gerilimleri besleme geriliminin yarısı (ortası) olacak şekilde hazırlanmıştır. Bu nedenle, C3 ve C10 varken çıkış doğru gerilimlerinin düzeltilmesi için **R4** direncinin konması zorunlu olmaktadır. Bu doğru gerilimleri sağlayan devrenin besleme geriliminden gelebilecek parazitlerden temizlenmesi görevini —hem A hem de B için— 3 no.lu bacağa bağlı **C7** kondansatörü üstlenmiştir. Osilasyona başlama eğilimini (devrenin kendiliğinden istenmiyen osilasyonlar yapmasını) önlemek için **C5** (C12) ve **C8** kondansatörleri konulmuştur. **R3 ve C4** (R8 ve C11) ise her zamanki gibi «Boucherot» elemanlarıdır.

10.3 KÖPRÜ DEVRESİ

Şekil 10.4'teki köprü devresinde, iki tane birbirine göre ters fazlı (180^0 faz farklı) çıkış işaretinin elde edilebilmesi için B kuvvet-



Şekil 10.5: Güç yükseltici ("booster") olarak köprü devresinin, oto radyosundan uzağa konulması durumunda şasiye farklı yerlerden bağlantı yapılması nedeniyle ortaya çıkacak parazitik işaretlerin bastırılması için ek devre.

lendiricisi faz çeviren girişinden (2. bacak) sürülmüştür. Faz çevirmeyen girişi (1. bacak) ise C14 üzerinden şasiye bağlıdır; bu giriş ses frekanslı işaretler bakımından şasi potansiyelinde olduğundan, pratik açıdan 2 no.lu bacakta da değişken gerilim yoktur. Buna göre, A kuvvetlendiricisinden bakıldığında **R5** ara bağlantı direnci R2'ye paralel gelir ve A'nın kazancı:

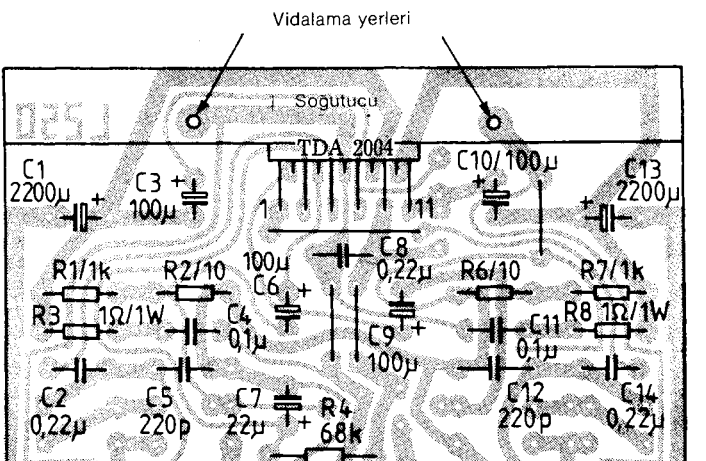
$$V_A = 1 + R1/(R2//R5)$$
$$= 92 \triangleq 39 \text{ dB}$$

olur. Negatif geribesleme nedeniyle A'nın faz çeviren girişindeki ses frekanslı işaret, empedansı yaklaşık olarak sıfır olan bir noktadadır ve böylece B kuvvetlendiricisi R5 üzerinden, oldukça düşük empedanslı bir işaret kaynağından sürülmüş olur. Bu durumda B'nın kazancı olarak da:

$$-V_B = R7/R5 = 100 \triangleq 40 \text{ dB}$$

elde edilir. Bu şekilde tümdevrenin 8 ve 10 no.lu çıkış bacaklarında (plaketin 1 ve 10 no.lu çıkışlarında) yaklaşık aynı genlikli ama ters fazlı işaretler olur ve bunlar R_l yükünün (hoparlörün) birer ucuna uygulandığından toplam kazanç için:

$V_{Rl} = V_A - V_B = 192 \triangleq 46$ dB bulunur. Köprü bağlamada yük



Şekil 10.6: Stereo kuvvetlendirici için yerleştirme planı.

empedasının minimum **3,2** Ω olması gerekmektedir (Bak. Tablo 10.1). Şekil 10.1 ve Şekil 10.2 karşılaştırıldığında aynı besleme gerilimi ve yük değeri için köprü devresinin bir tek kuvvetlendiriciye (sadece A veya B'ye) göre dört defa daha büyük çıkış gücü verdiği açıkça görülmektedir. Buna karşılık, köprü bağlanmadıklarında güç katları minimum **1,6** Ω'luk yükle çalıştırılabilmektedir.

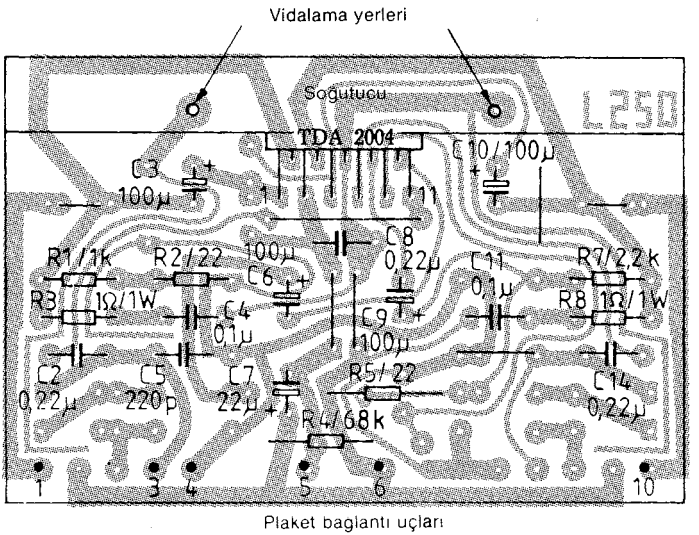
10.4 UYGULAMA ÖRNEĞİ

Hazır oto radyosu(veya radyo - teybi) olup köprü devresini bunun gücünü yükseltmede (yani «**booster**» olarak) kullanmak isteyenler, önce hazır oto radyolarının çıkış gerilimini bölerek düşürmelidirler. Köprü devresinin kazancı **46 dB** olduğundan, hazır oto radyosunun hoparlör çıkışındaki ses frekanslı çıkış gerilimi yaklaşık **50 : 1** oranında zayıflatılmalıdır. Köprü devresinin plaketi oto radyosunun hemen yanına konur ve şasi bağlantısı (besleme — ucu) doğrudan alıcının şasisi üzerinden yapılırsa araya ses frekanslı gerilim bölücüyü (470 Ω/10 Ω) koymak yeterlidir.

Pozitif besleme gerilimi de, olabildiğince kısa ve kalın bir kablo ile doğrudan oto radyosunun açma/kapama anahtarından sonra veya varsa —ve oto radyosundan kumanda ediliyorsa— motorlu anten kontağından alınabilir. Tabiî sigortanın da büyütülmesi gerekecektir.

Yer darlığı nedeniyle plaketin alıcıdan uzağa, örneğin bir kutu içinde arabanın arkasına (bagaja) konulması gerektiğinde Şekil 10.5'te gösterilen ek önlemlerin alınması zorunludur. Bu ek devre ile, oto radyosuna göre farklı yerden şasiye bağlanan plakete çeşitli karoseri bölümlerinden gelebilecek parazitik işaretlerin etkisiz kılınması amaçlanmaktadır.

Oto radyosu stereo olanlar gerilim bölme oranını daha az yaparak **2x12** W'lık stereo kuvvetlendiriciyi veya her kanal için bir tane hazırlayarak köprü devresini kullanabilirler. Ayrıca, güç yükseltici çıkışına bağlanacak hoparlörün, hazır oto radyosununkine göre daha büyük güçlü olması gerektiği de unutulmamalıdır.



Şekil 10.7: Aynı baskı devreye köprü kuvvetlendiricinin yerleştirilmesi. ELO-ELEKFİLM 59

10.5 GERÇEKLEŞTİRME

TDA 2004 için verilen baskı devre hem stereo çalıştırmada hem de köprü devresinde kullanılabilmektedir, ama iki durum için elemanların yerleştirilmesinde ve tel köprülerde farklılıklar vardır. Stereo kuvvetlendirici için yerleştirme planı Şekil 6'da ve köprü devresi için yerleştirme planı Şekil 7'de gösterilmiştir. Tümdevrenin aşırı ısınmasını önlemek için, kullanılacak soğutucu, ısıl direnci 4^0K/W'ı aşmayacak kadar büyük olmalıdır. Şekil 10.6 ve 10.7'de gösterilen soğutucu vidalama yerlerinin, soğutucunun farklı yerleştirilişi gibi bir nedenle soğutucu üzerinden birbirine kısa devre olması sağlanamazsa, bunlar plaketin bakır tarafından biririne kısa devre edilmelidir (bir tel ile v.b.). Plaket dışında bulunan **C15** elektrolitik süzme kondansatörü plaketin besleme gerilimi uçlarına olabildiğince yakın bağlanmalıdır. Tablo 10.1'de önemli teknik veriler ve Tablo 10.2'de de parça listesi verilmiştir.

Tablo 10.1: Teknik veriler

	Stereo	**Köprü**
Besleme gerilimi	6... 18 V	6...18 V
Yük empedansı (min.)	1,6 Ω	3,2 Ω
Çıkış gücü: Bak.	Şekil 10.1	Şekil 10.2
Gerilim kazancı	40 dB	46 dB
Sükûnet akımı	65 mA	60 mA

Not: Stereo kuvvetlendiricinin kazancı R2/R6 ile değiştirilebilir.

Tablo 10.2: Parça listeleri

Stereo kuvvetlendirici:

IS(IC)	TDA 2004
R1/7	1 kΩ
R2/6	10 Ω
R3/8	1 Ω/1 W
R4	68 kΩ
C1/13	2200 uF/16 V, Elko
C2/14	0,22 uF

C3/10	100 uF/16 V, Elko
C4/11	0,1 uF
C5/12	220 pF
C6/9	100 uF/6 V, Elko
C7	22 uF/16 V, Elko
C8	0,22 uF
C15	1000 uF/16 V, Elko

Köprü kuvvetlendirici

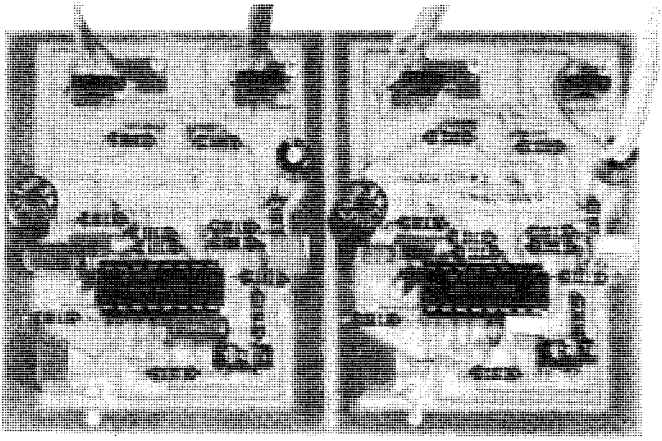
IS (IC)	TDA 2004
R1	1 kΩ
R2/5	22 Ω
R3/8	1 Ω/1 W
R4	68 Ω
R7	2,2 kΩ
C2/14	0,22 uF
C3/10	100 uF/16 V, Elko
C4/11	0,1 uF
C5	220 pF
C6/9	100 uF/6 V, Elko
C7	22 uF/16 V, Elko
C8	0,22 uF
C15	1000 uF/16 V, Elko

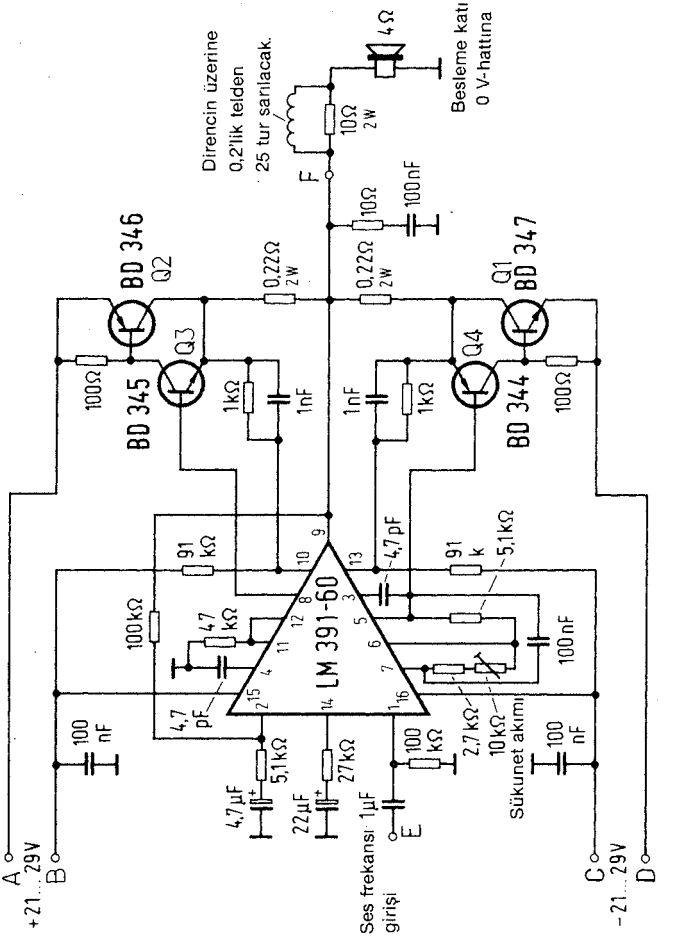
11 2 x 30 W ÇIKIŞ GÜÇLÜ STEREO KUVVETLENDİRİCİ

Bu yazıda az sayıda elemanla gerçekleştirilen ve hiçbir sorun çıkarmadan çalışarak 2 x 30 Watt çıkış gücü veren bir stereo güç kuvvetlendiricisi anlatılacaktır. Kuvvetlendiricinin önemli özelliklerinden olan kısa devre korumasını ve tam güçte sadece % 0,05 olan toplam harmonik distorsiyonunu hemen belirtmek gerekir.

Kuvvetlendirici National Semiconductors firması tarafından üretilen LM 391-60 tümdevresinin etrafında kurulmuştur. Tümdevrenin içinde ondört adet tranzistor vardır ama bunlardan sadece dört tanesi kazanç sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Diğer on tranzistor akımları ayarlamak, sabit akım kaynakları şeklindeki yük dirençlerini oluşturmak ve iki adet diyotla birlikte aşırı yük korumasını sağlamakla görevlidirler.

Böylece bir güç kuvvetlendiricisi için gerekli olan tüm sürücü elemanlar bir kılıf içerisinde toplanmış olmaktadırlar; tümdevre dışında kullanılması gereken az sayıdaki elemandan çoğu da kuvvetlendiricinin kendi kendine titreşmesini önlemek amacıyla devreye konurlar.





Şekil 11.1 Bir tümdevrenin kullanılmasıyla güç kuvvetlendiricisinin yapısı oldukça basit bir görünüm kazanmıştır.

11.1 GİRİŞ DEVRESİ

Kuvvetlendiricinin giriş devresi bir "uzun kuyruklu devre" yapısına sahiptir. Geribesleme yolu -Şekil 11.1'den görülebileceği gibi- kuvvetlendirici çıkışından (9 numaralı bacak) faz çeviren girişe (2 numaralı bacak) gelmektedir. Kazanç 100 kΩ'luk ve 5,1 kΩ'luk dirençlerle belirlenmektedir. O halde bu kuvvetlendiricinin kazancı, diğer kuvvetlendiricilerde de görmüş olduğumuz gibi,

$$V = 1 + 100\ k\Omega / 5{,}1\ k\Omega \cong 20$$

olarak hesaplanır. Buradaki 4,7 uF'lık kondansatörün görevi sadece doğru akım yolunu açmaktır. Alternatifler için bu elemanın gösterdiği empedans diğerlerinin yanında ihmal edilebilir.

Devredeki diğer dirençler tümdevrenin iç akımlarını belirlerler, bunlardan 10 kΩ'luk ayarlı direnç çıkış tranzistorlarının sükunet akımlarının belirlenmesi için kullanılmaktadır. Picofarad mertebesindeki kondansatörler ise faz dönmelerini kompanze ederek ses frekansı kuvvetlendiricisinin bir YF-vericisine dönüşmesine engel olurlar. Geriye anlatmadığımız koruma girişleri, yani tümdevrenin 10. ve 13. bacakları kaldı. Bunların ne işe yaradıkları isimlerinden de anlaşılmaktadır. LM 391'in 5. ve 8. bacakları güç tranzistoru sürücülerinin bağlanması içindir. 14. bacağa bağlı olan devre bölümü ise çok önemli bir görev üstlenmiştir: Bu görev, kuvvetlendiricinin ilk çalıştırma sırasında pek sevimsiz olan "plop" sesinin önlenmesi için açma geciktirmesidir.

11.2 "GÜRÜLTÜ" İÇİN GÜÇ TRANZİSTORLARI

Tümdevrenin kılıfı üzerine basılmış olan LM 391 tip kodundan sonra bir tire ile ayrılmış olarak yazılmış olan sayı tümdevrenin dayanma gerilimini gösterir. LM 391 tek başına 2 W'tan fazla güç sağlayamadığından güç tranzistorlarına gereksinim duyarız. Bu tranzistorlar da Şekil 11.1'de yer almışlardır. Bunlardan BD 344 ve BD 345 yine güç sürücüleri, BD 346 ve BD 347 de çıkış tranzistorları olarak hizmet etmektedirler. Çıkış gücü 30 W civarında olduğundan bu sonuncular soğutuculara bağlanmalıdırlar. Stereo kuvvetlendiricinin dört adet çıkış tranzistorunun birden bağlanabileceği uygun bir soğutucu olarak 100 mm X 200 mm boyutlarına sahip SK 47 kanatlı soğutucu tipini gösterebiliriz.

Şimdi biraz ayrıntılara inelim. Önce 0,22 Ω'luk dirençlere bir

göz atalım; bunlar sıcaklıkla sürüklenmeyi azaltmakta, yani çıkış katı sükunet akımının sıcaklıkla artmasını önlemeye çalışmaktadırlar. Ancak bu elemanların üzerinde ses frekanslı gerilim de düşmektedir. Bu gerilim önceden belirlenmiş bir eşik değerini (yaklaşık olarak 0,7 V) aştığı zaman giriş kuvvetlendiricileri kesime götürülür. Arada bulunan 1 kΩ'luk dirençler akım sınırlayıcılardır. Bu sınırlayıcılara paralel olarak bağlanmış 1 nF'lık kondansatörler koruma devresinin yüksek frekanslı işaretlerde daha çabuk yanıt vermesini sağlarlar, çünkü güç tranzistorlarının yüksek frekanslardaki davranışları daha kritiktir.

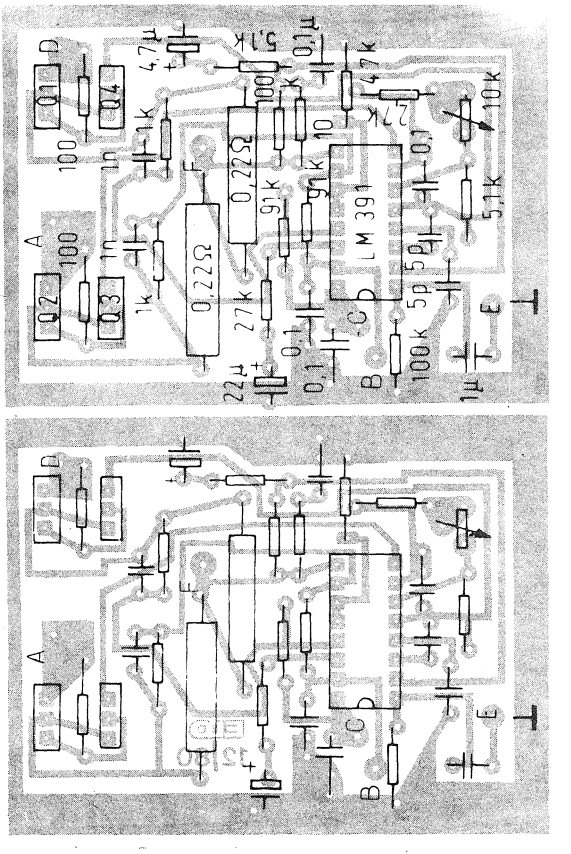
Devrede bunların dışında 10 Ω ve 100 nF ile yapılmış ve frekans yükseldikçe büyüyen hoparlör empedansını kompanze eden Zobel (Boucherot) hücresi ile hem kuvvetlendiricinin titreşme eğilimini bastıran, hem de hoparlör kabloları üzerinden alınan yüksek frekanslı işaretlerin kuvvetlerindiriciye gitmesini engelleyen bir UKW-boğucu bobini vardır; bu boğucu bobine 10 Ω'luk bir amortisman direnci paralel bağlanmıştır.

Buradaki çıkış katları tam güçlerini 4 Ω'luk hoparlörlere verebilirler. Bu durumda daha 21 V'luk besleme geriliminde 30 W'lık tam güce erişilir, bunun için girişte 600 mVeff'lik işaret gerilimi gereklidir. Kuvvetlendiricinin giriş direnci 100 kΩ civarındadır. Frekans bandı ise 20 Hz...40 kHz ± 0,5 dB olarak ölçülmüştür. Devrenin teknik özellikleri Tablo 11.1'de toplu halde tekrar verilmişlerdir.

11.3 YAPIMA GEÇELİM

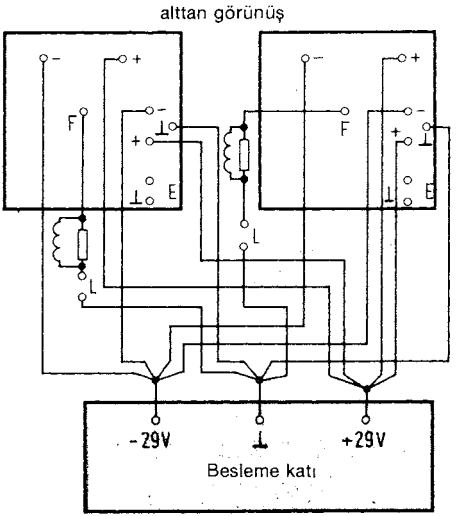
Şekil 11.2'deki baskı devre yerleştirme planı ve devrenin bitmiş durumunun fotoğrafı yapımı son derece kolaylaştıracaktır. İlk başta tümdevrenin 7 numaralı bacağına bağlı olan 2,7 kΩ'luk direnç yerine bir tel köprü kullanılmalı ve bir önlem olmak üzere ayarlı direnç en küçük değerine getirilmelidir. Bu durumu bir Ohmmetre ile kontrol etmek, yanlış düşünmekten daha emin bir yol olacaktır. İlk çalıştırma sırasında sükunet akımının çok büyük (ve tehlikeli) değerler almasını ancak böyle engelleyebiliriz.

Her iki çıkış katı için de elemanlar yerleştirildikten sonra kablo bağlantılarına geçilebilir. Bu sırada Şekil 11.3'deki şemaya aynen uyulmalıdır. Her çıkış katı için ikişer adet besleme gerilimi girişi ile üçer adet şasi bağlantı noktasının öngörülmüş olması boşuna değildir. Bu şemaya uymakla titreşim, vınıltı ve diyafoni tehlikeleri



Şekil 11.2 Bu yerleştirme planına uyarsanız ve fotoğrafı da dikkate alırsanız kuvvetlendiriciniz hiçbir sorun çıkarmadan çalışacaktır.

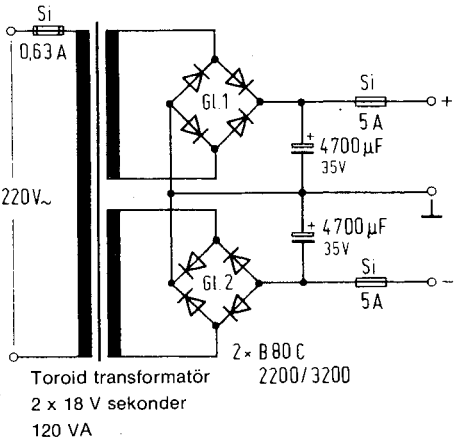
azaltılır. 65 dB'lik yabancı gerilim aralığı hiçbir ek önlem alınmadan elde edilebilir; 1 kHz'deki diyafoni zayıflaması da yine 65 dB kadardır. 10 kHz'de ise bu zayıflama hala 55 dB'dir ve normların üzerindedir.



Şekil 11.3 Bağlantıları bu şekilde görüldüğü gibi yapmanız çok önemlidir, titreşimi, vınıltıyı ve diyafoniyi ancak böyle engelleyebilirsiniz.

11.4 BESLEME KAYNAĞI DA GEREKİR

Ayarlara ve pratik kullanıma geçmeden önce simetrik bir besleme kaynağına gereksinimimiz vardır. Şekil 11.4 bize böyle bir besleme devresinin basit şemasını, kaynağın bitmiş durumunun fotoğrafını göstermektedir. Büyük akımların sözkonusu olması nedeniyle besleme katı elemanlarının kendi aralarındaki bağlantılar da kablo parçaları ile yapılmıştır. Kaynakta toroid transformatörlerin kullanılması tavsiye edilir. Bunlar sadece "modern" değildirler, aynı zamanda kaçak magnetik alanları da düşüktür. O halde bu olanaktan yararlanmak gerekir. Kullanılacak transformatörün pri-

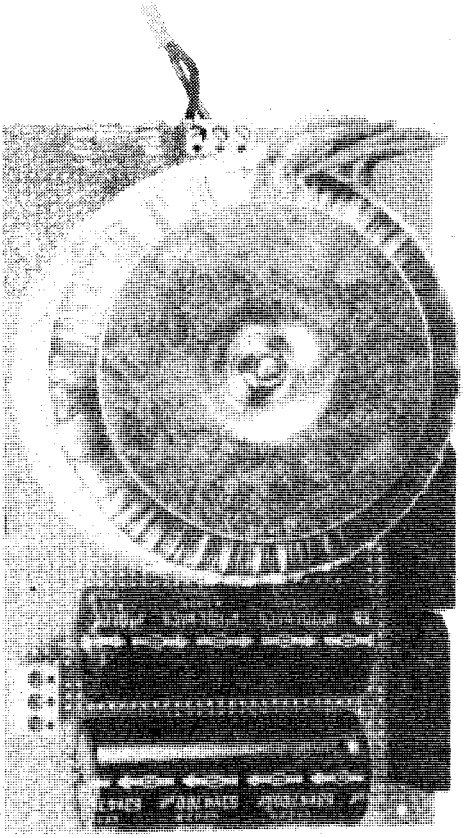


Şekil 11.4 Kuvvetlendirici iki besleme gerilimi ile çalıştığından böyle simetrik bir kaynağın kullanılması gerekli olur. Devre elemanları doğru seçilirse yapısı bu kadar basit olur.

mer gerilimi 220 V, sekonder gerilimi ise 2 x 18 V olmalı ve 120 VA güçte çalışabilmelidir. Köprü doğrultucu olarak iki adet B 80 C 2200 / 3200 kullanılabilir, ancak 40 V'luk tipler de tamamen yeterlidir. Transformatörün primerinde bulunan sigorta güvenlik açısından mutlaka gereklidir. Kötümser kişiler sekondere de sigorta koyabilirler ama bunun bazı durumlarda kuvvetlendiricinin distorsiyonunu artıracağını göze almalıdırlar. Büyük kapasiteli kondansatörler alışılagelmiş elemanlardır ve bunlar hakkında uzun açıklamalara gerek yoktur.

11.5 İLK ÇALIŞTIRMA

Devre Şekil 11.3'e göre yapılıp defalarca kontrol edildikten sonra büyük an gelir; kuvvetlendiriciye ilk kez besleme gerilimi uygulanacaktır. Ama daha önce çıkışa bir yük direnci bağlanmış olmalıdır. Önce hiçbir ses duymazsanız herşey yolundadır, çünkü daha sükunet akımı akmamaktadır. Sükunet akımı ayarı için iç direnci büyük bir dijital voltmetreyi 0,22 Ω'luk dirençlerden birinin



Şekil 11.5 Elemanlararası bağlantıların kablo parçalarıyla gerçekleştirilmiş olduğu besleme katının fotoğrafı

uçlarına bağlayıp düşen gerilimi ölçmek yeterli olur. Bu gerilim önce sıfır olmalı ve ayarlı dirençle çok dikkatli bir şekilde 5 mV'a çıkartılmalıdır. Bu gerilim değeri yaklaşık olarak 20 mA'lik bir sükunet akımına karşı düşer, tabii bu akımın doğruluğu 0,22 Ω'luk dirençlerin doğruluğuna bağlıdır. Ayrıca sıcaklığın da büyük bir etkisi vardır. Eğer ayarlı direnci tam açmış olmanıza karşın hala 5 mV'u elde edemiyorsanız tümdevreniz tolerans sınırında bulunu-

yor demektir. Böyle bir durumda tel köprüyü çıkartıp bunun yerine 2,7 kΩ'luk direnci takmalıyız. Artık istediğimiz sükunet akımı değerini ayarlamak kesin olarak mümkündür. İlk başta direnç yerine tel köprü takmamızın nedeni, sükunet akımının çok büyük değerlere çıkarılabilmesi ve çıkış tranzistorlarının tehlikeye atılmasının söz konusu olabilmesidir. Tabii daha ilk başta çıkış tranzistorlarını hurdaya çıkarmanın bir alemi yoktur.

Eğer elinizde böyle küçük gerilimleri ölçen bir dijital voltmetre yoksa, bu durumda bir ampermetreyi çıkış tranzistorlarının besleme yollarından birine sokup, doğrudan akımı ölçmeniz yerinde olur.

Tablo 11.1 Teknik Özellikler

R_L = 4 Ω için çıkış gücü	30 W
f = 1 kHz ve anma gücünde toplam harmonik distorsiyon	0,05 %
Tam güç için besleme gerilimi	2 x 21 V
P_o = 30 W için giriş gerilimi	600 mV_{eff}
Giriş empedansı	100 kΩ
İşaret gürültü aralığı	≧ 65 dB
Frekans bandı	20 Hz...40 kHz ± 0,5 dB
Diyafoni zayıflaması	
f = 1 kHz	≧ 65 dB
f = 10 kHz	≧ 55 dB
Sükunet akımı	yakl. 20 mA

Parça Listesi

Yarıiletkenler

2 LM 391-60
2 BD 344, BD 140, v.b.*)
2 BD 345, BD 139, v.b.*)
2 BD 346, BD 246 A, v.b.*)
2 BD 347, BD 245 A, v.b.*)

Dirençler (0,125 W)

4 0,22Ω (2 W)
4 10Ω
4 100 Ω
4 1kΩ

*) Çeşitli karşılıklar için YÜCE YAYINLARI tarafından çıkartılmış olan tvt A...Z '85, ULUSLARARASI TRANZİSTORLAR v.b. veri ve karşılık kitaplarına bakabilirsiniz.

2	2,7 kΩ (metne bakınız)
4	5,1 kΩ
2	27 kΩ
2	47 kΩ
2	47 kΩ
4	91 kΩ
4	100 kΩ
2	10 kΩ, ayarlı direnç

Kondansatörler

2	4,7 uF/35 V Elko
2	22 uF/35 V Elko
2	1 uF
8	0,1 uF
4	1 nF
4	4,7 pF

Diğer

1	Baskı devre
1	Soğutucu SK 47 100 X 200 mm^2

Besleme Katı Parça Listesi

1 Transformatör
2 x 18 V, 120 VA, tercihan toroid
2 Köprü doğrultucu
B 40 C 2200 / 3200 veya
B 80 C 2200/3200
2 4700 uF/35 V Elko
1 Sigorta 0,63 A-yavaş
2 Sigorta 5 A-hızlı (metne bakınız).

12 EŞLENİK DARLİNGTON GÜÇ TRANZİSTORLARIYLA YAPILAN 15...60 W'LIK ÇIKIŞ KATLARI

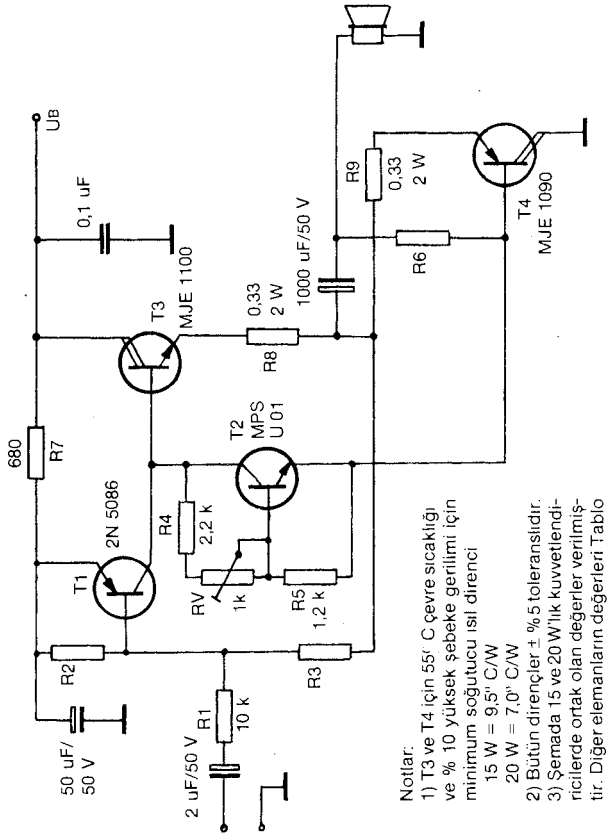
Artık iyice yaygınlaşan ve her büyük yarıiletken firması tarafından üretilen Darlington güç tranzistorları ses frekansı güç kuvvetlendiricilerinin yapısını basitleştirmişlerdir. Burada anlatılacak olan devrede eşlenik Darlington güç tranzistorları kullanılmış ve eski yöntemlerin gerektirdiği iki sürücü tranzistordan kurtulunmuştur. Artık gerekmeyen bu iki tranzistorla birlikte bunların soğutucuları ve kutuplama dirençleri de ortadan kalkmıştır. Eleman sayısının azalmasıyla baskı devrenin tasarımı da basit bir işe dönüşmektedir.

Birazdan üç farklı devre tanıtılacaktır: Bunlar, 15-20 W'lık orta kaliteli güç kuvvetlendiricileri, 15...60 W'lık kondansatörle bağlamalı yüksek kaliteli güç kuvvetlendiricileri ve 15...60 W'lık doğrudan bağlamalı güç kuvvetlendiricileridir.

12.1 15...20 W'LIK ORTA KALİTELİ KUVVETLENDİRİCİLER

Şekil 12.1'de bu kuvvetlendiricilerin devre şeması görülmektedir. Tepeden tepeye maksimum kırpılmasız dalga şeklinin elde edilebilmesi için orta nokta gerilimi (R8 ile R9'un ortak uçlarındaki gerilim) besleme gerilimi U_B'nin yarısı kadar olmalıdır. Bu koşul kuvvetlendirici çıkışından T1'e R3 üzerinden yapılan geribesleme ile sağlanmaya çalışılmaktadır. R3 ve R2 aynı zamanda T1'in bazını kutuplayan gerilim bölücüyü oluşturmaktadır. Bu bölücü T1'in baz akımı ile de yüklendiğinden, kuvvetlendiricinin orta nokta gerilimi T1 tranzistorunun akım kazancına (h_{FE}) bağımlı olacaktır. Bu bağımlılığı azaltmak için R2 ve R3'den akan akım T1'in baz akımından en az on kere büyük seçilmelidir.

T2 tranzistoru çıkış tranzistorlarını iletim yönünde kutuplayan gerilim kaynağı olarak çalışmaktadır. R4, R5 ve RV gerilim bölücü dirençleri ile bu tranzistorun kolektör-emetör gerilimi yaklaşık 2,4 V'a getirilir. Bu dirençlerden birisi ayarlı yapılarak (RV) çıkış tranzistorlarının sükunet akımının ayarlanabilmesi ve böylece geçiş distorsiyonunun en aza indirilmesi amaçlanmıştır. 20 mA'lık



Şekil 12.1 15...20 W'lık çıkış güçleri için kullanılabilecek sadece dört tranzistorla yapılmış ses frekansı güç kuvvetlendiricisi.

sükunet akımı bu distorsiyonu yok etmek için yeterlidir.

T2 tranzistorunun kolektör-emetör geriliminin (U_{CE}) sıcaklık karakteristiği T3 ve T4 tranzistorlarının baz-emetör gerilimlerinin (U_{BE}) sıcaklık karakteristiğine uyar. O halde, eğer T2 çıkış tranzistorları ile aynı soğutucu üzerine bağlanırsa, sükunet akımı kuvvetlendiricinin kulanılacağı bütün sıcaklık bölgesinde pratik sınırlar içinde kalır.

Çıkış işaretinin negatif alternansında en büyük kırpılmasız genliğin elde edilebilmesi için R6 direncinin bir ucu 0 V hattına değil, çıkış bağlama kondansatörü ile hoparlörün ortak uçlarına bağlanmıştır. Böylece T4 tranzistorunun bazının sürülmesinde bu kondansatörün yükünden de yararlanılmaktadır (bootstrap).

Tablo 12.1'de kuvvetlendiricinin tipik teknik özellikleri ile çeşitli çıkış güçleri için farklı ve bu nedenle devre şemasında (Şekil 12.1) verilmemiş olan devre elemanlarının değerleri bulunmaktadır.

Tablo 12.1

Güç	15 W		20 W	
Yük direnci	4Ω	8Ω	4Ω	8Ω
U_B	32 V	40 V	36 V	46 V
R2 [Ω]	4,3 k	5,6 k	4,3 k	5,1 k
R3 [Ω]	82 k	120k	100k	130k
R6 [Ω]	3,3 k	3,9 k	3,3 k	4,7 k

Tipik Teknik Özellikleri:

Sükunet akımı (RV ile ayarlanacak)	20 mA
Tam güç için giriş gerilimi	1 V_{eff}
Toplam harmonik distorsiyonu P_0 = 15 veya 20 W, 50 Hz-20 kHz	% 0,5
Toplam harmonik distorsiyonu P_0 = 1 W, f= 1 kHz	% 0,2
Giriş direnci	10 kΩ

12.2 15...60 W'LIK KONDANSATÖR BAĞLAMALI KUVVETLENDİRİCİ

15...60 W'lık güçler için kullanılabilecek kondansatör bağlamalı devrenin şeması Şekil 12.1'de görülmektedir. Önceki devrede olduğu gibi burada da orta nokta gerilimi besleme geriliminin yarısı kadar olmalıdır. R1, R2 ve R3 tranzistorları bir gerilim bölücü oluştururlar ve bu bölücü T1 tranzistorunun bazını 1/2 U_B'den 2... 2,5 V kadar daha yüksek bir gerilimle kutuplar. Bu kutuplama orta nokta gerilimini 1/2 U_B'ye getirir, çünkü T1 tranzistoruun bazından orta noktaya kadar 2...2,5 V'luk sabit bir gerilim düşümü vardır. Bu gerilim düşümü T1'in baz-emetör gerilimi ile T1'in emetör akımının R6'da düşürdüğü gerilimin toplamıdır. R4'ün uçlarındaki gerilim T2'nin baz-emetör gerilimi kadardır. Buna göre T1'in emetör akımı ve dolayısıyla R6'dan akan akım şu şekilde hesaplanır:

$$U_{BET2}/R4 = 0{,}6\ V/1{,}8\ k = 0{,}33\ mA$$

Kuvvetlendiricinin kapalı çevrim kazancı

$$V = 1 + R6 / R5$$

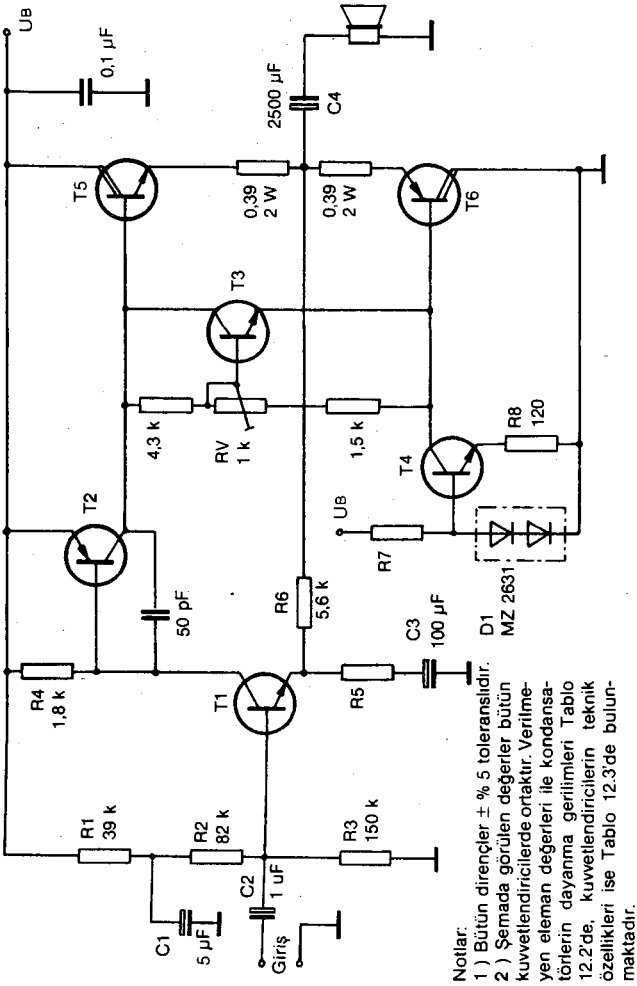
ifadesi yardımıyla bulunur. Devrenin giriş direnci ise yaklaşık olarak R2 ve R3'ün paralel eşdeğerine eşittir, yani 50 kΩ civarındadır.

T2 tranzistorunun sağladığı gerilim kazancı 60 dB kadardır ve bu hücre kuvvetlendiricideki baskın kutbu oluşturur. Bu katta kullanılan 50 pF'lık kondansatör kuvvetlendiricinin kompanze edilmesi ve yüksek frekanslı titreşimlerin oluşumunun engellenmesi içindir.

T3 tranzistoru ise aynen önceki devrede olduğu gibi çıkış tranzistorlarını iletim yönünde kutuplamak ve böylece geçiş distorsiyonunu önlemek için kullanılmaktadır.

Burada T6'nın bazında bootstrap yöntemi uygulanmamış, bunun yerine T4 ile yapılmış bir sabit akım kaynağından yararlanılmıştır; böylece hem bootstrap kondansatöründen, hem de bunun alçak frekanslarda yaratacağı distorsiyon artışlarından kurtulunmuştur.

T3'ün kolektör-emetör gerilimi bunun kolektör akımına da bağlı olduğundan, besleme geriliminin sabit olmaması durumunda ortaya çıkabilecek geçiş distorsiyonuna engel olabilmek için akım kaynağının (T4) besleme gerilimlerinden bağımsız olması gerekir.



Notlar:
1) Bütün dirençler ± % 5 toleranslıdır.
2) Şemada görülen değerler bütün kuvvetlendiricilerde ortaktır. Verilmeyen eleman değerleri ile kondansatörlerin dayanma gerilimleri Tablo 12.2'de, kuvvetlendiricilerin teknik özellikleri ise Tablo 12.3'de bulunmaktadır.

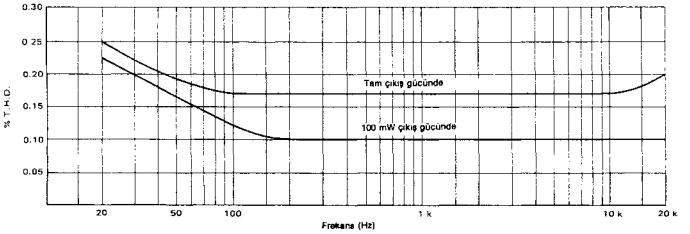
Şekil 12.2 Çıkış yükü kondansatör bağlamalı 15...60 W gücündeki ses frekansı güç kuvvetlendiricisi.

Tablo 12.2 Şekil 12.2'deki kuvvetlendiriciye ilişkin parça listesi

Güç [Watt]	15		20		25		35		50		60	
Yük direnci [Ω]	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8
U_B	32 V	38 V	36 V	46 V	38 V	48 V	44 V	56 V	50 V	65 V	56 V	72 V
R5 [Ω]	620	510	560	470	560	390	470	330	390	270	330	220
R7 [Ω]	33 k	39 k	39 k	47 k	39 k	47 k	47 k	56 k	47 k	68 k	56 k	68 k
T1	MPS A05	MPS A05	MPS A05	MPS A05	MPS A05	MPS A05	MPS A05	MPS A06	MPS A05	MPS A06	MPS A06	MPS A06
T2	MPS A55	MPS A55	MPS A55	MPS A55	MPS A55	MPS A55	MPS A55	MPS A56	MPS A55	MPS A56	MPS A56	MPS A56
T3	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05
T4	MPS A05	MPS A05	MPS A05	MPS A05	MPS A05	MPS A05	MPS A05	MPS A06	MPS A05	MPS A06	MPS A06	MPS A06
T5	MJE 1100	MJE 1100	MJE 1100	MJE 1100	MJE 1102	MJE 1100	MJ 3000	MJ 1001	MJ 3000	MJ 3001	MJ 3001	MJ 3001
T6	MJE 1090	MJE 1090	MJE 1090	MJE 1090	MJE 1092	MJE 1090	MJ 2500	MJ 901	MJ 2500	MJ 2501	MJ 2501	MJ 2501
C1'in dayanma gerilimi	35 V	40 V	40 V	50 V	40 V	50 V	45 V	60 V	50 V	65 V	60 V	75 V
C2, C3'ün dayanma gerilimi	20 V	25 V	25 V	30 V	25 V	30 V	25 V	35 V	30 V	35 V	35 V	40 V
C4'ün dayanma gerilimi	40 V	45 V	45 V	55 V	45 V	55 V	50 V	65 V	60 V	75 V	65 V	80 V
55 C çevre sıcaklığı ve %+ 10 yüksek şebeke gerilimi için en küçük soğutucu ısıl direnci	9.5°C/W		7.0°C/W		5.0°C/W		6.0°C/W	5.5°C/W	4.0°C/W		3.0°C/W	

Bu iş için devrede D1 diyodu kullanılmıştır... Bu diyot bulunamazsa yerine 1N 4148 v.b. iki adet diyot seri bağlanarak kullanılabilir. Bu diyotların iletim yönündeki gerilimleri ve dolayısıyla R8'in üzerindeki gerilim diyotlardan akan akımla pek az değişir. Besleme kaynağından kuvvetlendirici girişine sızabilecek gürültü ise R1 ve C1 den oluşan alçak geçiren hücre ile bastırılmaktadır.

Tablo 12.2'de 15...60 W'lık kuvvetlendiriciler için parça listesi yer almaktadır. Bulamadığınız elemanların kaşılıkları için çeşitli trazistor karşılık kitaplarına başvurabilirsiniz.*).



Şekil 12.3 Şekil 12.2'deki kuvvetlendiricinin toplam harmonik distorsiyonunun frekansla değişimi.

Tablo 12.3 Şekil 12.2'deki devrenin tipik teknik özellikleri

Sükunet akımı (RV ile ayarlanacak)	20 mA
Giriş direnci	50 kΩ
Tam güç için giriş gerilimi	1 V_{eff}
Toplam harmonik distorsiyonu f = 1 kHz ve tam güçte (Şekil 12.3)	% 0,2
İntermodülasyon distorsiyonu 60 Hz ile 2 kHz ve 7 kHz karıştırılmış 4:1 oranında ve tam gücün yarısında	% 0,2
Güç bandı üst sınır frekansı	
20 W'lık kuvvetlendirici	20 kHz
60 W'lık kuvvetlendirici	30 kHz

*) Yayınevimiz tarafından çıkarılmış olan tvt A...Z' 85,tvt 2N..∞'85. ULUSLARARASI TRANZİSTORLAR v.b. veri ve karşılık tablolarının çok yararlı olacağını sanıyoruz.

12.3 15...60 W'LIK DOĞRUDAN BAĞLAMALI KUVVETLENDİRİCİ

Şekil 12.4, 15...60 W gücündeki doğrudan bağlamalı kuvvetlendiricinin devre şemasını göstermektedir. Bu devrenin orta nokta gerilimi sıfır Volt olmalıdır. Bu sadece maksimum kırpılmasız çıkış geriliminin elde edilmesi için gerekli değildir, aynı zamanda hoparlörün uçları arasında doğru gerilim bulunması büyük sakıncalar yaratır. Simetrik besleme gerilimi ve giriş katındaki fark kuvvetlendiricisi yardımıyla orta nokta geriliminin sıfır olması sağlanmaktadır. Fark kuvvetlendiricisinin faz çevirmeyen girişi, yani T1'in bazı R1 direnci üzerinden 0 V'a bağlanmıştır. R6 direnci üzerinden ise % 100 doğru akım geribeslemesi sağlanmaktadır. Bu geribesleme kuvvetlendirici çıkışından alınarak T2'nin bazına uygulanmaktadır. Kuvvetlendirici baştan sona doğrudan bağlamalı olduğundan çıkışta oluşacak herhangi bir dengesizlik gerilimi farksal olarak çalışan T1 ve T2 ile yokedilir. Bu bakımdan T1 ve T2 tranzistorlarının eş olmaları önemlidir. Çünkü bunların baz akımları ve baz-emetör gerilimleri arasındaki herhangi bir fark çıkışa bir dengesizlik gerilimi şeklinde yansıyacaktır. T1 ve T2 tranzistorları herbirinden 1 mA kolektör akımı akacak şekilde kutuplanmışlardır. 10 V'luk bir Z-diyotu ile R3 direnci bu akımı belirlemek için kullanılmışlardır. Z-diyot ayrıca - küçük dinamik direnci sayesinde - negatif besleme kaynağından kuvvetlendirici girişine gürültü gitmesini de önlemektedir. R4 direncinin değeri içinden 4 mA akacak şekilde seçilmiştir; bu akımın 2 mA'i Z-diyotunun kutuplanması için, 2 mA'i de fark kuvvetlendiricisi içindir:

$$R4 = (V_{CC} - 10\ V) / 4\ mA$$

Bu kuvvetlendiricinin kapalı çevrim kazancı ise şu ifade yardımıyla hesaplanır:

$$V = 1 + R6 / R5$$

Devrenin geriye kalan bölümlerinin çalışması Şekil 12.2'de verilmiş olan kondansatör bağlamalı kuvvetlendirici ile aynıdır.

Bu kuvvetlendiricinin çıkışında kullanılan boğucu bobin, kapasitif yüklenmede, oluşabilecek yüksek frekanslı titreşimlerin bastırılması içindir.

Tablo 12.4'de doğrudan bağlamalı güç kuvvetlendiricileri için parça listeleri, Tablo 12.5 ve Şekil 12.5'de ise bu kuvvetlendiricilerin

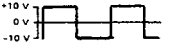
tipik teknik özellikleri görülmektedir.

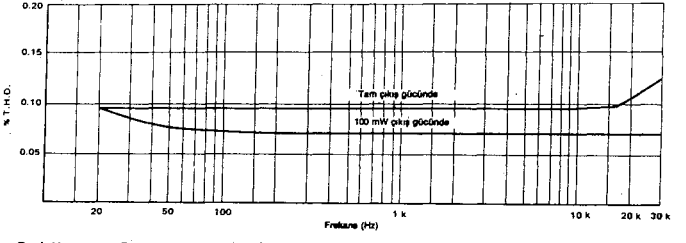
Parça listesinde T1 ve T2 tranzistorları için verilmiş olan tranzistor çifti yerine ölçerek bulacağınız iki eş BC 550 B tranzistoru kullanabilirsiniz. Bunun için tranzistor kılıflarını birbirine yapıştırınız.

Tablo 12.5 Şekil 12.4'deki devrenin tipik teknik özellikleri

Sükunet akımı (RV ile ayarlanacak)	20 mA
Giriş direnci	10 kΩ
Tam güç için giriş gerilimi	1 V_{eff}
Toplam harmonik distorsiyon 20 Hz ile 20 kHz arasındaki herhangi bir frekansta ve 100 mW ile tam güç arasındaki herhangi bir güçte (Şekil 12.5)	% 0,15
İntermodülasyon distorsiyonu 60 Hz ile 2 kHz ve 7 kHz karıştırılmış 4:1 oranında ve tam gücün yarısında	% 0,1
Frekans bandı (-1 dB noktaları)	10 Hz - 50 kHz
Güç bandı üst sınır frekansı	
20 W'lık kuvvetlendirici	50 kHz
60 W'lık kuvvetlendirici	30 kHz
Karedalga cevabı:	







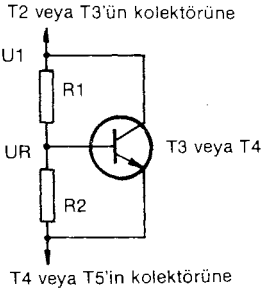
Şekil 12.5 Şekil 12.4'deki kuvvetlendiricinin toplam harmonik distorsiyonunun frekansla değişimi.

12.4 ÇIKIŞ KATININ KUTUPLANMASI

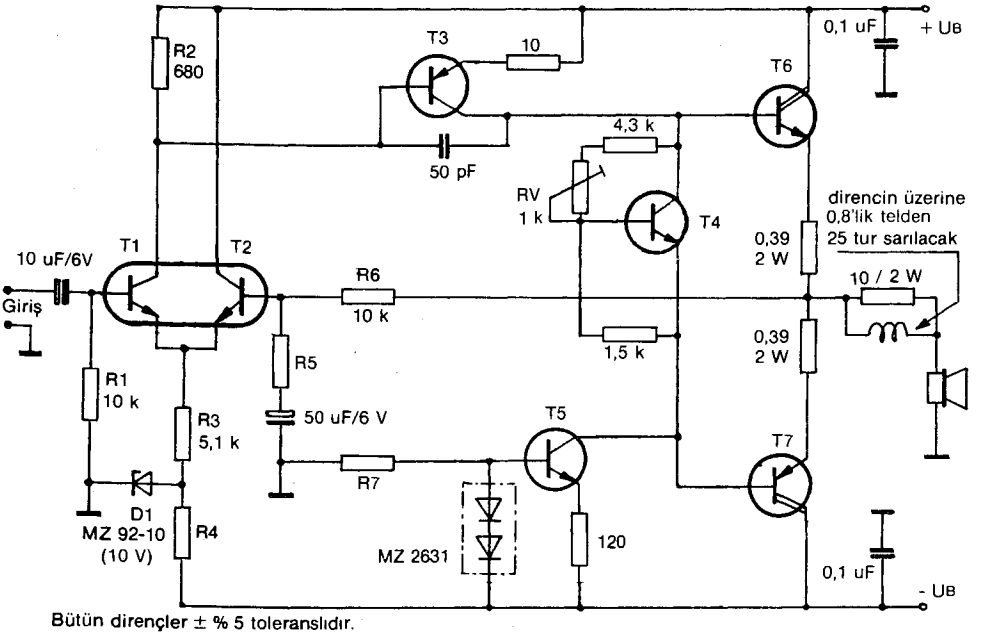
Çıkış katlarının kutuplanması Şekil 12.2'de T3 ile, Şekil 12.4'de ise T4 ile yapılmaktadır. T3 veya T4 tranzistorunun akım kazancı (h_{FE}) en az 100 olmalıdır. Böylece R1 ve R2 dirençlerinden (Şekil 12.6'ya bakınız) akan akım kolektör akımının onda birinden daha küçük yapılabilir. Bu koşul sağlandığında T3 veya T4'ün baz-emetör gerilimi bir referans gerilimi olarak alınabilir ve R1 ve R2'nin değerleri şu ifadeden hesaplanır:

$U1/UR = 1 + R1 / R2$ (Şekil 12.6)

Örnek: Devrelerde T3 ve T4 olarak MPS A 05 tranzistoru önerilmiştir. Bu elemanın tipik baz-emetör gerilimi 0,55 V kadardır. Bu gerilim Şekil 12.6'daki UR gerilimidir. Çıkış tranzistorlarını iletim geçirmek için gerekli U1 geriliminin tipik değeri de 2,4 V'tur. R1 + R2 toplam direnci, tranzistordan akan akımın (burada yaklaşık olarak 5 mA) onda birinden az olacak şekilde seçilmelidir. R2 direnci 1,5 kΩ olarak seçilirse bu koşul sağlanır. Bu direncin değeri seçilmiş olan bu değerden çok büyük olursa tranzistordan istenen h_{FE} değeri de büyür. Bilinen ifadeler kullanılırsa R1 direncinin değeri 5040 Ω olarak bulunur. Tranzistorun U_{BE} ve h_{FE} toleransları da dikkate alınarak bulunan bu R1 değerinin aşağıya ve yukarıya doğru bir miktar değiştirilebilmesi arzu edilir; bunun için eleman biri sabit, diğeri değiştirilebilen iki dirençle oluşturulur, o halde R1 olarak 4,3 kΩ'luk sabit bir direnç ile 1 kΩ'luk ayarlı bir direncin seri olarak kullanılması uygundur.



Şekil 12.6 Çıkış tranzistorlarının kutuplama devresi.



Bütün dirençler ± % 5 toleranslıdır.

Şekil 12.4 Çıkış yükü doğrudan bağlamalı 15...60 W gücündeki ses frekansı güç kuvvetlendiricisi.

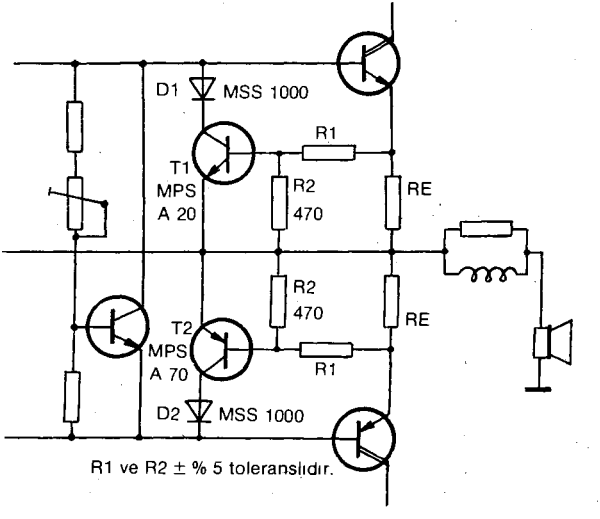
Tablo 12.4 Şekil 12.4'deki kuvvetlendiriciye ilişkin parça listesi

Güç [Watt]	15		20		25		35		50		60	
Yük direnci [Ω]	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8
UB	± 16 V	±19 V	±18 V	±23 V	±19 V	±24 V	±22 V	±28 V	±25 V	±33 V	±28 V	±36 V
R4 [Ω]	1.5 k	2.2 k	2.0 k	3.3 k	2.2 k	3.3 k	3.0 k	3.9 k	3.6 k	5.6 k	3.9 k	6.2 k
R5 [Ω]	1.2 k	820	1.0 k	750	1.0 k	680	820	560	680	470	620	430
R7 [Ω]	15 k	18 k	18 k	22 k	18 k	22 k	22 k	27 k	22 k	33 k	27 k	33 k
T1 T2 tranzistor çifti	MD 8001	MD 8001	MD 8001	MD 8001	MD 8001	MD 8001	MD 8001	MD 8001	MD 8001	MD 8002	MD 8001	MD 8002
T3	MPS A55	MPS A55	MPS A55	MPS A55	MPS A55	MPS A55	MPS A55	MPS A56	MPS A55	MPS A56	MPS A56	MPS A56
T4	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05	MPS A 05
T5	MPS A05	MPS A05	MPS A05	MPS A05	MPS A05	MPS A05	MPS A05	MPS A06	MPS A05	MPS A06	MPS A06	MPS A06
T6	MJE 1100	MJE 1100	MJE 1100	MJE 1100	MJE 1102	MJE 1100	MJ 3000	MJ 1001	MJ 3000	MJ 3001	MJ 3001	MJ 3001
T7	MJE 1090	MJE 1090	MJE 1090	MJE 1090	MJE 1092	MJE 1090	MJ 2500	MJ 901	MJ 2500	MJ 2501	MJ 2501	MJ 2501
55° çevre sıcaklığı ve % 10 yüksek şebeke gerilimi için en küçük soğutucu ısıl direnci	9.5°C/W		7.0°C/W		5.0°C/W		6.0°C/W	5.5°C/W	4.0°C/W		3.0°C/W	

12.5 AŞIRI YÜK KORUMASI

Bu bölümde anlatılan bütün kuvvetlendiricilere uygulanabilecek bir aşırı yük koruması devresi Şekil 12.7'de görülmektedir. Bu devre güç tranzistorlarını çıkış aniden kısadevre edilse dahi güvenli çalışma alanı (safe operating area-SOA) içerisinde tutar.

R1 ve R2 dirençleri çıkış tranzistorlarından ve tabii R_E dirençlerinden akan tepe akımını sezen bir gerilim bölücü oluştururlar. Bu gerilim bölücüdeki eleman değerleri,çıkış akımı normal çalışma değerlerini aştığında T1 veya T2 tranzistorları iletime sürülecek şekilde seçilirler. T1 ve T2 tranzistorları iletime girince bunlar çıkış tranzistorlarının baz akımlarını ve dolayısıyla çıkış akımını sınırlarlar. T1 tranzistoru ve çevresindeki devre çıkış akımının pozitif alternansında, T2 tranzistoru ve çevresindeki devre de çıkış akımının negatif alternansında etkili olmaktadırlar. D1 ve D2 diyotları sırasıyla T1 ve T2 tranzistorlarının kolektör baz jonksiyonlarının normal işletme koşullarında iletime girmelerini engellerler ve bu yüzden distorsiyon oluşmasının önüne geçerler.



Şekil 12.7 Şekil 12.1, 12.2 ve 12.4'deki kuvvetlendiricilerde kullanılabilecek aşırı yük koruma devresi.

Çıkış kısadevre iken güç tranzistorlarında harcanan gücün ortalama değeri normal çalışmadaki değerin dört katı civarına yükselir. O halde çıkışın kısadevre kalabilme süresi soğutucuların büyüklüğüne ve kapasitesine yakından bağımlıdır. Tablo 12.1, 12.2 ve 12.4'de verilen minimum soğutucularla ve 25°C çevre sıcaklığında çalışılırsa, kuvvetlendirici çıkışları herhangi bir arıza oluşmadan birkaç dakika süreyle kısadevre olarak kalabilirler. Uzun süreli aşırı yüklemeler için "yük doğrusu" koruma devreleri kullanılmaktadır; örneğin Bölüm 11'de anlatılan kuvvetlendirici bu yöntemle korunmaktadır.

Tablo 12.6'da bu bölümde anlatılan bütün kuvvetlendirici tipleri için kullanılabilecek olan ve devre şeması Şekil 12.7'de görülen koruma devresindeki R1 direncinin değerini vermektedir.

Tablo 12.6 Koruma devresindeki R1 direncinin değerleri

Güç [W]	Yük direnci [Ω]	R1'in değeri [Ω]
15	4	330
	8	150
20	4	470
	8	180
25	4	510
	8	220
35	4	750
	8	390
50	4	910
	8	560
60	4	1.0 k
	8	620

13 STK-xxx KALIN FİLM TÜMDEVRELERLE YAPILMIŞ GÜÇ KUVVETLENDİRİCİSİ ÖRNEKLERİ

Sanyo firmasının ürettiği kalın film karma tümdevre güç kuvvetlendiricileri yurdumuzda da büyük ilgi görmüştür. Özellikle büyük güçlü kuvvetlendiricilerin yapımında tümdevre tekniğinin getirdiği avantajlardan yararlanmak ancak bu tür kalın film elemanlarla (şimdilik) mümkün olmaktadır. O bakımdan ilginin büyük olması da normaldir.

Bu bölümde daha önce de ELO Elektronik-Katalog Eki'nde özellikleri verilmiş olan tümdevrelere ilişkin uygulama örnekleri sıralanacaktır.

Örneklerle birlikte devrelerin çalışması hakkında ayrıca bir açıklama verilmemiştir. Bu elemanlar alışılagelmiş AB—sınıfı güç kuvvetlendiricisi yapısına sahiptirler ve daha önceki bölümlerde yapılmış olan açıklamalar bunlar için de geçerlidir.

Tekkırmık yarıiletken tümdevrelerde artık standart bir özellik olan kısa devre ve aşırı yük koruması burada kullanım örnekleri verilecek olan tümdevrelerde genellikle yoktur. Bu bakımdan ilk uyarı olarak bu elemanlarla çalışırken daha dikkatli davranmak gerektiğini söyleyebiliriz. Sadece STK-050 ve STK-070'de kısa devre ve aşırı yük koruması özellikleri bulunmaktadır.

İkinci uyarı olarak, bu tümdevrelerin mutlaka yeterli büyüklükte bir soğutucu üzerine monte edildikten sonra çalıştırılabileceklerini belirtmeliyiz. Çünkü STK-xxx serisi elemanlarda aşırı sıcaklık koruması da bulunmamaktadır.

13.1 STK-050 VE STK-070 İÇİN UYGULAMA ÖRNEĞİ

MUTLAK SINIR DEĞERLER ($T_a = 25^0$ C)

	STK-050	STK-070	
Besleme gerilimi	± 45	± 55	V
Kılıf sıcaklığı	85	85	°C

TAVSİYE EDİLEN ÇALIŞMA DEĞERLERİ ($T_a = 25^0$C)

Besleme gerilimi	± 35	± 42	V
Yük direnci	8	8	Ω

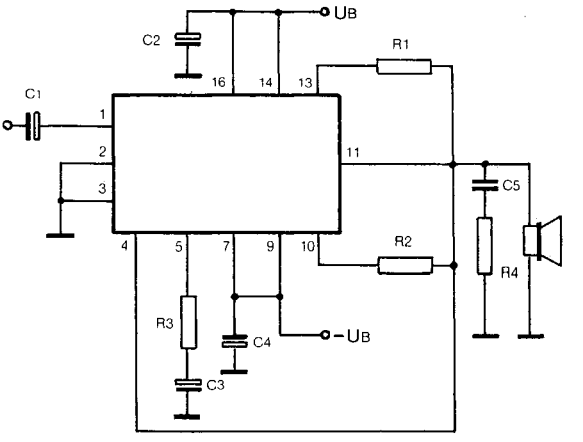
ÇALIŞMA KARAKTERİSTİKLERİ ($T_a = 25^0$C, Şekil 13.1)

(Tavsiye edilen besleme gerilimi ve yük direnci ile)

Sükunet akımı	60	60	mA
Çıkış gücü			
THD = % 0,2; f = 20 Hz-20 kHz	50	70	W
Distorsiyon			
Distorsiyon (THD)			
Po = 0,1 W; f= 20 Hz-20 kHz	0,2	0,2	%
Frekans bandı			
Po= 0,1 W; 0,-1 dB	10...100 k	10...100 k	Hz
Giriş direnci			
f=1 kHz	30	30	kΩ
Tam güç için giriş gerilimi			
f= 1 kHz	0,6	0,7	Veff

ELEMAN DEĞERLERİ (Şekil 13.1)

R1	0,22 Ω/2 W	0,22 Ω/2 W
R2	0,22 Ω/2 W	0,22 Ω/2 W
R3	910 Ω	910 Ω
R4	4,7 Ω	4,7 Ω
C1	2,2 u/6V	2,2 u/6 V
C2	10 u/50 V	10 u/63 V
C3	47 u/16 V	47 u/16 V
C4	10 u/50 V	10 u/63 V
C5	47 n/100 V	47 n/100 V



Şekil 13.1: STK-050 ve STK-070 için uygulama örneği.

13.2 STK-058, 075, 077, 078 İÇİN UYGULAMA ÖRNEĞİ

MUTLAK SINIR DEĞERLER (T_a = 25°C)

	STK-075	STK-077	STK-058	STK-078	
Besleme gerilimi	± 28	± 32	± 35	± 35	V
Kılıf sıcaklığı	85	85	85	85	°C

TAVSİYE EDİLEN ÇALIŞMA DEĞERLERİ (T_a = 25°C)

Besleme gerilimi	± 20	± 22	± 25	± 25	V
Yük direnci	8	8	8	8	Ω

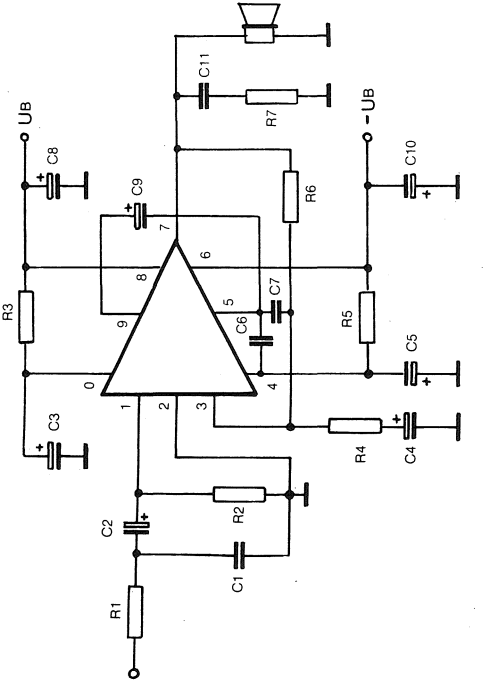
ÇALIŞMA KARAKTERİSTİKLERİ (T_a=25° C, Şekil 13.2)

(Tavsiye edilen besleme gerilimi ve yük direnci ile)

Sükunet akımı	100	100	100	100	mA
Çıkış gücü					
THD= % 0,2; f= 20 Hz-20 kHz	—	—	24	24	W
THD= % 0,3; f= 20 Hz-20 kHz	15	20	—	—	
Distorsiyon (THD)					
Anma gücünde, f = 20 Hz-20 kHz	0,3	0,3	0,2	0,2	%
Frekans bandı					
P_0=1 W; 0,-1 dB	10-100 k	10-100 k	10-100 k	10-100 k	Hz
Giriş direnci					
f = 1 kHz	52	52	52	52	kΩ
Tam güç için giriş gerilimi					
f= 1 kHz	0,53	0,6	0,675	0,675	V_{eff}

ELEMAN DEĞERLERİ (Şekil 13.2)

	Bütün tipler için
R1	1 kΩ
R2	56 kΩ
R3	100 Ω
R4	2,7 kΩ
R5	100 Ω
R6	56 kΩ
R7	4,7 Ω
C1	470 pF
C2	1 u/6,3 V
C3	220 u/35 V
C4	47 u/ 16 V
C5	220 u/35 V
C6	—
C7	2 pF
C8	10 u/ 35 V
C9	—
C10	10 u/ 35 V
C11	47 n



Şekil 13.2: STK-xxx serisi tümdevrelerin büyük bir bölümü için geçerli olan standart devre.

13.3 STK 080, 082, 083 İÇİN UYGULAMA ÖRNEĞİ

MUTLAK SINIR DEĞERLER (T_a = 25°C)

	STK-080	STK-082	STK-083	
Besleme gerilimi	± 39	± 43	± 46	V
Kılıf sıcaklığı	85	85	90	°C

TAVSİYE EDİLEN ÇALIŞMA DEĞERLERİ (T_a = 25° C)

Besleme gerilimi	± 27	± 30	± 32	V
Yük direnci	8	8	8	Ω

ÇALIŞMA KARAKTERİSTİKLERİ (T_a = 25°C, Şekil 13.2)

(Tavsiye edilen besleme gerilimi ve yük direnci ile)

Sükunet akımı	100	100	100	mA
Çıkış gücü				
THD= % 0,2; f=20 Hz-20 kHz	30	35	40	W
Distorsiyon (THD)				
Anma gücünde, f= 20 Hz-20 kHz	0,2	0,2	0,2	%
Frekans bandı				
P0=1 W; 0, -1 dB	10-100 k	10-100 k	10-100 k	Hz
Giriş direnci				
f= 1 kHz	52	52	52	kΩ
Tam güç için giriş gerilimi				
f= 1 kHz	0,75	0,8	0,87	Veff

ELEMAN DEĞERLERİ (Şekil 13.2)

	Bütün tipler için:
R1	1 kΩ
R2	56 kΩ
R3	100 Ω
R4	2,7 kΩ
R5	100 Ω
R6	56 kΩ
R7	4,7 Ω
C1	470 p
C2	1 u/6,3 V
C3	220 u/50 V
C4	47 u/16 V
C5	220 u/50 V
C6	—
C7	2p
C8	10 u/50 V
C9	—
C10	10 u/50 V
C11	47 n

13.4 STK-075 G...STK-083 G SERİSİ İÇİN UYGULAMA ÖRNEĞİ

MUTLAK SINIR DEĞERLER (T_a = 25°C)

	STK-075 G	STK-077 G	STK-078 G	STK-080 G	STK-082 G	STK-083 G	
Besleme gerilimi	± 28	± 33	± 35	± 40	± 43	± 46	V
Kılıf sıcaklığı	105	105	105	105	105	105	°C

TAVSİYE EDİLEN ÇALIŞMA DEĞERLERİ (T_a = 25°C)

Besleme gerilimi	± 20	± 23	± 25	± 27,5	± 30	± 32	V
Yük direnci	8	8	8	8	8	8	Ω

ÇALIŞMA KARAKTERİSTİKLERİ (T_a=25° C, Şekil 13.2)

(Tavsiye edilen besleme gerilimi ve yük direnci ile)

Sükunet akımı	100	100	100	100	100	100	mA
Çıkış gücü THD=%0,03;f= 20 Hz-20 kHz	15	20	24	30	35	40	W
Distorsiyon (THD) Anma gücünde, f= 20 Hz-20 kHz	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	%
Frekans bandı P_O = 1 W; 0,-1 dB	10-100 k	10-100 k	10-100 k	10-100 k	10-100 k	10-100 k	Hz
Giriş direnci f= 1 kHz	52	52	52	52	52	52	kΩ
Tam güç için giriş gerilimi f= 1 kHz	0,24	0,27	0,300	0,33	0,35	0,40	Veff

ELEMAN DEĞERLERİ (Şekil 13.2)

	STK-0 75G, 077 G, 078 G	STK-080G, 082 G, 083 G
R1	1 kΩ	1 kΩ
R2	56 kΩ	56 kΩ
R3	100 Ω	100 Ω
R4	1,2 kΩ	1,2 kΩ
R5	100 Ω	100 Ω
R6	56 kΩ	56 kΩ
R7	4,7 Ω	4,7 Ω
C1	470 p	470 p
C2	4,7 u/63 V	4,7 u/63 V
C3	220 u/35 V	220 u/50 V
C4	47 u/16 V	47 u/16 V
C5	220 u/35 V	220 u/50 V
C6	180 p	180 p
C7	2 p	2 p
C8	10 u/35 V	10 u/50 V
C9	1 u/10 V	1 u/10 V
C10	10 u/35 V	10 u/35 V
C11	47 n	47 n

13.5 STK-084, 085, 086 İÇİN UYGULAMA ÖRNEĞİ

MUTLAK SINIR DEĞERLER (T_a= 25°C)

	STK-084	STK-085	STK-086	
Besleme gerilimi	± 50	± 55	± 55	V
Çıkış akımı	7	7	7	A
Kılıf sıcaklığı	85	105	85	°C

TAVSİYE EDİLEN ÇALIŞMA DEĞERLERİ (T_a = 25°C)

Besleme gerilimi	± 35	± 38	± 42 V	
Yük direnci	8	8	8	Ω

ÇALIŞMA KARAKTERİSTİKLERİ (T_a = 25°C, Şekil 13.2)

(Tavsiye edilen besleme gerilimi ve yük direnci ile)

Sükunet akımı	100	100	100	mA
Çıkış gücü				
THD= % 0,2; f= 20 Hz-20 kHz	50	60	70	W
Distorsiyon (THD)				
Anma gücünde, f = 20 Hz-20 kHz	0,2	0,2	0,2	%
Frekans bandı				
Po=1 W; 0,-1 dB	10-100 k	10-100 k	10-100 k	Hz
Giriş direnci				
f = 1 kHz	52	52	52	Ω
Tam güç için giriş gerilimi f = 1 kHz	0,96	1,06	1,16	Veff

ELEMAN DEĞERLERİ (Şekil 13.2)

	STK-084	STK-085 STK-086
R1	1 kΩ	1 kΩ
R2	56 kΩ	56 kΩ
R3	100 Ω	100 Ω
R4	2,7 kΩ	2,7 kΩ
R5	100 Ω	100 Ω
R6	56 kΩ	56 kΩ
R7	4,7 Ω	4.7 Ω
C1	470 p	470 p
C2	1 u/6,3 V	1 u/6,3 V
C3	220 u/35 V	220 u/50 V
C4	47 u/16 V	47 u/16 V
C5	220 u/35 V	220 u/50 V
C6	—	—
C7	2p	2p
C8	10 u/35 V	10 u/50 V
C9	—	—
C10	10 u/35 V	10 u/50 V
C11	47 n	47 n

13.6 STK-084 G, 086 G İÇİN UYGULAMA ÖRNEĞİ

MUTLAK SINIR DEĞERLER (T_a = 25°C)

	STK-084 G	STK-086 G	
Besleme gerilimi	± 50	± 55	V
Çıkış akımı	7	7	A
Kılıf sıcaklığı	90	90	°C

TAVSİYE EDİLEN ÇALIŞMA DEĞERLERİ (T_a = 25°C)

Besleme gerilimi	± 35	± 42	V
Yük direnci	8	8	Ω

ÇALIŞMA KARAKTERİSTİKLERİ (T_a = 25° C, Şekil 13.2)

(Tavsiye edilen besleme gerilimi ve yük direnci ile)

Sükunet akımı	100	100	mA
Çıkış gücü			
THD =%0,03; f= 20 Hz-20 kHz	50	70	W
Distorsiyon (THD)			
Anma gücünde, f= 20 Hz-20 kHz	0,05	0,05	%
Frekans bandı			
Po=1 W; 0, -1 dB	10-100 k	10-100 k	Hz
Giriş direnci			
f= 1 kHz	52	52	kΩ
Tam güç için giriş gerilimi f= 1 kHz	0,43	0,5	Veff

ELEMAN DEĞERLERİ (Şekil 13.2)

	STK-084 G	STK-086 G
R1	1 kΩ	1 kΩ
R2	56 kΩ	56 kΩ
R3	100 Ω	100 Ω
R4	1,2 kΩ	1,2 kΩ
R5	100 Ω	100 Ω
R6	56 kΩ	56 kΩ
R7	4,7 Ω	4,7 Ω
C1	470 p	470 p
C2	4,7 u/6,3 V	4,7 u/6,3 V
C3	220 u/50 V	220 u/63 V
C4	47 u/16 V	47 u/16 V
C5	220 u/50 V	220 u/63 V
C6	180 p	180 p
C7	2 p	2 p
C8	10 u/50 V	10 u/63 V
C9	1 u/10 V	1 u/10 V
C10	10 u/50 V	10 u/63 V
C11	47 n	47 n

13.7 STK-433..STK-443 SERİSİ STEREO KUVVETLENDİRİCİ UYGULAMALARI

MUTLAK SINIR DEĞERLER (T_a = 25°C)

	STK-433	STK-435	STK-436	STK-437	STK-439	STK-441	STK-443	
Besleme gerilimi	32	39	50	50	56	63	70	V
Kılıf sıcaklığı	90	90	90	90	90	90	90	°C

TAVSİYE EDİLEN ÇALIŞMA DEĞERLERİ (T_a= 25°C)

Besleme gerilimi	23	27	32	33	39	44	49	V
Yük direnci	8	8	8	8	8	8	8	Ω

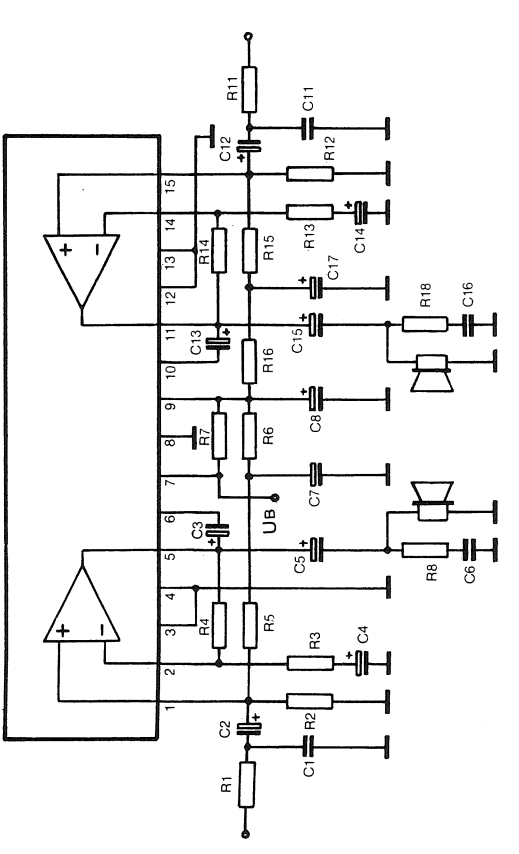
ÇALIŞMA KARAKTERİSTİKLERİ (T_a = 25°C)

(Tavsiye edilen besleme gerilimi ve yük direnci ile)

Sükunet akımı	120	120	120	120	120	120	120	mA
Çıkış gücü (Bir kanalda) THD=% 1; f= 1 kHz	5	7	10	10	15	20	25	W
Distorsiyon (THD) Anma gücünde, f= 20 Hz-20 kHz	0,5	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	%
Giriş direnci f=1 kHz	110	110	120	110	110	110	110	kΩ
Tam güç için giriş gerilimi f=1 kHz	65	75	90	90	110	130	145	mV

ELEMAN DEĞERLERİ (Şekil 13.3)

R1, R11	1 kΩ	1 kΩ	1 kΩ	1 kΩ	1 kΩ	1 kΩ	1 kΩ
R2, R12, R6, R16	220 kΩ	220 kΩ	220 kΩ	220 kΩ	220 kΩ	220 kΩ	220 kΩ
R3, R13	120 Ω	120 Ω	120 Ω	120 Ω	120 Ω	120 Ω	120 Ω
R4, R14	12 kΩ	12 kΩ	12 kΩ	12 kΩ	12 kΩ	12 kΩ	12 kΩ
R5, R15	390 kΩ	390 kΩ	390 kΩ	390 kΩ	390 kΩ	390 kΩ	390 kΩ
R7	100 Ω	100 Ω	100 Ω	100 Ω	100 Ω	100 Ω	100 Ω
R8, R18	4,7 Ω	4,7 Ω	4,7 Ω	4,7 Ω	4,7 Ω	4,7 Ω	4,7 Ω
C1, C11	470 p	470 p	470 p	470 p	470 p	470 p	470 p
C2, C12	1u/16V	1u/16V	1u/25V	1u/25V	1u/35V	1u/35	1u/35V
C3, C13	4/u/35V	47u/35V	47u/50V	47u/50	47u/50V	47u/63V	47u/63V
C4, C14	220u/25V	220u/25V	220u/35V	220u/50V	220u/50V	220u/50V	220u/50V
C5, C15	1000u/16V	1000u/25V	1000u/35V	1000u/35V	1000u/35V	1000u/50V	1000u/50V
C6, C16	100 n	100 n	100 n	100 n	100 n	100 n	100 n
C7, C17	100u/25V	100u/25V	100u/35V	100u/35V	100u/35V	100u/50V	100u/50V
C8	100u/25V	100u/25V	100u/50V	100u/50V	100u/50V	100u/63V	100u/80V



Şekil 13.3: STK—433 ... STK-443 serisi stereo kuvvetlendiricilerin uygulama devresi.

13.8 STK-457...STK-465 SERİSİ STEREO KUVVETLENDİRİCİ UYGULAMALARI

MUTLAK SINIR DEĞERLER (T_a 25°C)

	STK-457	STK-459	STK-460	STK-461	STK-463	STK-465	
Besleme gerilimi	± 26	± 31	± 32	± 33	± 38	± 41	V
Kılıf sıcaklığı	105	105	105	105	105	105	°C

TAVSİYE EDİLEN ÇALIŞMA DEĞERLERİ (T_a = 25°C)

Besleme gerilimi	± 18	± 21	± 23	± 23	± 26	± 28	V
Yük direnci	8	8	8	8	8	8	Ω

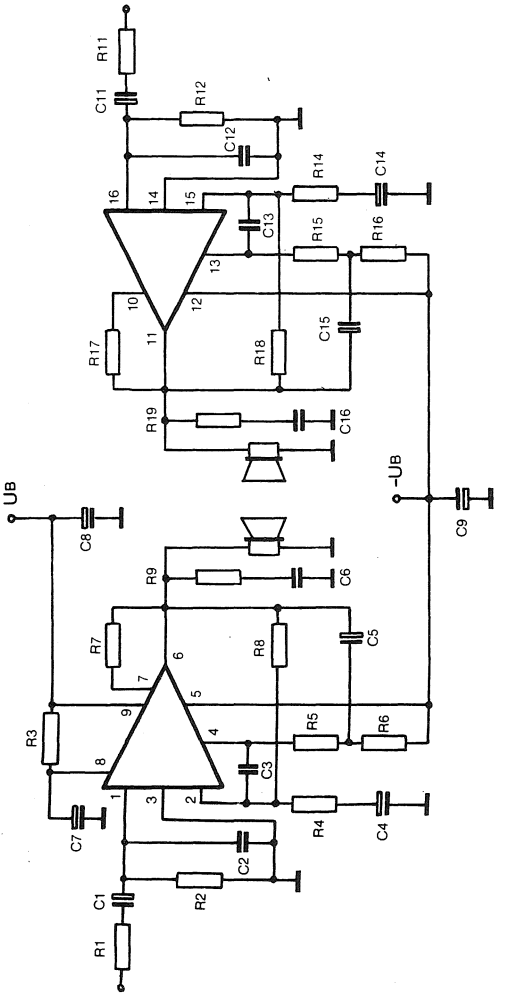
ÇALIŞMA KARAKTERİSTİKLERİ (T_a = 25°C)

(Tavsiye edilen besleme gerilimi ve yük direnci ile)

Sükunet akımı	120	120	120	120	120	120	mA
Çıkış gücü (bir kanal için) THD=% 0,08; f= 20 Hz-20 kHz	10	15	20	20	25	30	W
Distorsiyon (THD) P_o = 1 W; f= 20 Hz-20 kHz	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	%
Frekans bandı P_o = 1 W; 0, -1 dB	10-100 k	10-100 k	10-100 k	10-100 k	10-100 k	10-100 k	Hz
Giriş direnci f= 1 kHz	32	32	32	32	32	32	kΩ
Tam güç için giriş gerilimi f= 1 kHz	90	110	130	130	145	155	mV

ELEMAN DEĞERLERİ (Şekil 13.4)

R1,R11,R6,R16	1 kΩ	1 kΩ	1 kΩ	1 kΩ	1 kΩ	1 kΩ
R2,R12,R8,R18	33 kΩ	33 kΩ	33 kΩ	33 kΩ	33 kΩ	33 kΩ
R3	100 Ω	100 Ω	100 Ω	100 Ω	100 Ω	100 Ω
R4,R14	330 Ω	330 Ω	330 Ω	330 Ω	330 Ω	330 Ω
R5,R15	3,3 kΩ	3,3 kΩ	3,3 kΩ	3,3 kΩ	3,3 kΩ	3,3 kΩ
R7,R17	0,33 Ω	0,33 Ω	0,33 Ω	0,33 Ω	0,33 Ω	0,33 Ω
R9,R19	4,7 Ω	4,7 Ω	4,7 Ω	4,7 Ω	4,7 Ω	4,7 Ω
C1,C11	1 u/6 V	1 u/6 V	1 u/6 V	1 u/6V	1 u/6 V	1 u/6 V
C2,C12	470 p	470 p	470 p	470 p	470 p	470 p
C3,C13	8 p	8 p	8 p	8 p	8 p	8 p
C4,C14	100u/16V	100u/16V	100u/16V	100u/16V	100u/16V	100u/16V
C5,C15	47u/35V	47u/50V	47u/50V	47u/50V	47u/50V	47u/63V
C6,C16	100 n	100 n	100 n	100 n	100 n	100 n
C7	100u/35V	100u/50V	100u/50V	100u/50V	100u/50V	100u/63V
C8,C9	10u/35V	10u/50V	10u/50V	10u/50V	10u/50V	10u/63V



Şekil 13.4: STK-457...STK-465 serisi için uygulama örneği.

14 MOS ÇIKIŞ TRANZİSTORLU GÜÇ KUVVETLENDİRİCİSİ

MOSFET çıkış tranzistorlu güç kuvvetlendiricileri gittikçe daha fazla ilgi görüyorlar. Büyük güç bandı genişliği, çok küçük distorsiyon ve kolayca elde edilen büyük çıkış güçleri kuvvetlendirici tekniğine yeni kıstaslar getiriyor.

Şekil 14.1'de SIPMOS*) çıkış tranzistorlarıyla donatılmış ve 60...160 W'lık çıkış güçleri için gerçekleştirilebilecek güç kuvvetlendiricisinin devre şeması görülmektedir. Devrenin temelini özellikle SIPMOS tranzistorlarının sürülmesi için geliştirilmiş bir sürücü devre oluşturmaktadır. Bu devre güç, band genişliği, distorsiyonlar bakımından farklı isteklere kolayca uydurulabilir. Devre işlemsel güç kuvvetlendiricisi olarak da kullanılabilir; bu tür devre blokları kumanda ve otomatik kontrol elektroniğinde gittikçe daha fazla kullanılmaktadır.

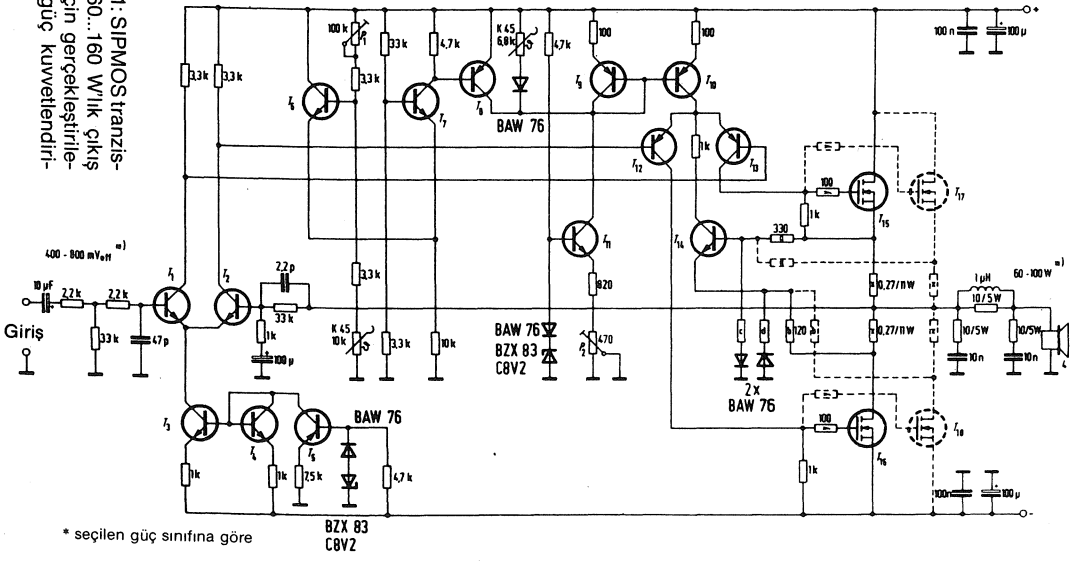
Burada verilecek olan çıkış katları DIN 45500 HiFi-normunun belirlediği değerleri büyük bir rahatlıkla sağladıkları gibi, yüksek kaliteli bipolar güç kuvvetlendiricileri ve diğer MOSFET HiFi-Kuvvetlendiricilere göre de daha iyi özelliklere sahiptirler.

Çıkış katları kısa devre ve aşırı yük ile aşırı sıcaklığa karşı korunmuşlardır.

14.1 STANDART SÜRÜCÜ YAPILARI KULLANILAMAZ

SIPMOS tranzistorları gerilimle sürülürler. Giriş empedansları 1 GΩ (1000 MΩ) ve buna paralel 0,1 ... 1,2 nF kadardır. Bu nedenle ses frekansları bölgesinde bu tranzistorları sürmek için gerekli olan güç pek küçüktür. Sürücü katların tasarımında bipolar kuvvetlendirici tekniğinden bilinen devre yapılarının kullanılması mümkün olmamıştır; çünkü sadece n-kanal SIPMOS tranzistorlar üretilmektedir ve bipolar ve SIPMOS tranzistorlarla yapılabilecek sözde Darlington devreleri de büyük simetrisizlikler nedeniyle düşük distorsiyonlu kuvvetlendiricilerin yapımında uygun görülmemiştir. Çünkü istenen yüksek kalite devrenin simetrik olmasını şart koşmaktadır. İşte bu nedenlerle yeni devre biçimleri aranmıştır.

*) SIPMOS (= Siemens Power MOS). Siemens firmasının tescilli ürünüdür.



Şekil 14.1: SIPMOS tranzistorlarla 60...160 W'lık çıkış güçleri için gerçekleştirilebilecek güç kuvvetlendiricisi.

14.2 DEVRENİN YAPISI VE ÇALIŞMASI

Seri olarak bağlanmış iki SIPMOS tranzistoru iki çıkışlı bir fark kuvvetlendiricisi tarafından sürülmektedir. Fark kuvvetlendiricisinin çıkış akımları 180^0 faz farklıdır ve bu akımlar tranzistorların geçitleriyle (gate) kaynakları (source) arasına bağlanmış olan dirençler üzerinde U_{GS} gerilimlerini düşürürler. Güç kuvvetlendiricisine, çıkış ile faz çeviren giriş arasına bağlanmış 33 kΩ luk bir direnç üzerinden doğru gerilim geribeslemesi ve hem bu direnç, hem de 1 kΩ/100 uF çifti ile alternatif gerilim geribeslemesi uygulanmıştır. Devrenin çok büyük olan açık çevrim kazancı ve uygulanan tam doğru gerilim geribeslemesi, çıkış orta nokta gerilimini sabit tutar. Değişken işaret geribeslemesi de devrenin doğrusal olmasını sağlayarak distorsiyonları azaltır. AB-sınıfı çalışmada lineer (doğrusal) olmadığı bilinen $I_D = f(U_{GS})$ geçiş karakteristiği kuvvetlendirici özelliklerini pratik olarak etkilemez.

Başka SIPMOS tranzistorların basitçe paralel olarak bağlanması ve besleme geriliminin büyütülmesi ile çıkış katının gücü hiçbir zorlukla karşılaşılmadan yükseltilebilir. Burada anlatılan kuvvetlendirici ile 60...160 W arasındaki çıkış güçleri elde edilebilir, ancak bu değerler bir üst sınır oluşturmazlar. Kuvvetlendirici iki adet simetrik gerilim kaynağından beslenmektedir; besleme gerilimlerinin stabilize olmalarına gerek yoktur.

Sürücü devre ardarda bağlanmış iki fark kuvvetlendiricisinden

Tablo 14.1 Çıkış katlarının yapısı ve erişilen teknik özellikler

Çıkış katı tranzistorları		2× BUZ 20	2× BUZ 23	4× BUZ 20	4× BUZ 23	
Besleme gerilimi ($P_A = P_{AN}$)	$U_S \geq$	± 33	± 36	± 40	± 46	(V)
Besleme gerilimi ($p_A = 0$)	$U_{Smax} \leq$	± 38	± 42	± 50	± 55	(V)
Sükunet akımı ($P_A = 0$)	$I_s \geq$	0,1	0,1	0,2	0.2	(A)
Kaynak akımı ($P_A = P_{AN}$)	$I_s =$	1,7	2	2,3	3	(A)
(çıkış kısa devre)	$i_s \leq$	1	1	1,8	1,5	(A)
Çıkış gücü anma değeri ($P_A = P_{AN}$) ($f = 1$ kHz, $R_L = 4$)	$P_{AN} =$	60	80	120	160	(W)
Müzik çıkış gücü ($u_s \leq U_{s\,max}, R_L = 4\Omega$)	$P_A \leq$	100	120	200	240	(W)
Yük direnci	$R_L =$	4	4	4	4	(Ω)
Gerilim kazancı	$V_U =$	31	31	31	31	(dB)

ibarettir, bunlardan birincisi T1/T2, ikincisi de T12/T13 ile oluşturulmuştur. Daha önce de belirtildiği gibi kuvvetlendirici çıkışından birinci fark kuvvetlendiricisinin faz çeviren girişine doğru- ve alternatif gerilim geribeslemeleri uygulanmıştır.

Birinci fark kuvvetlendiricisinin çalışma noktası akım kaynağı olarak çalışan T3 tranzistorunun kolektör akımı tarafından belirlenir. T5 tranzistorunun kolektör akımı da akım aynasının referans akımını belirler. Referans akımını besleme gerilimi değişimlerinden bağımsız kılmak için T5 tranzistorunun baz gerilimi sabit tutulmaktadır. T1 ve T2 tranzistorlarının çıkış işaretleri T12 ve T13 tranzistorlarıyla yapılmış olan ikinci fark kuvvetlendiricisini sürerler. Bu ikinci katın kolektör akımları da SIPMOS tranzistorlarının geçit gerilimlerini oluştururlar. Bu geçit geriliminin büyüklüğü T12 ve T13 tranzistorlarının çalışma noktalarıyla belirlenir. Bu tranzistorların akımları da -birinci fark kuvvetlendiricisinde olduğu gibi- akım aynası ile üretilmektedir ve besleme gerilimi dalgalanmalarına karşı stabilize edilmişlerdir. Referans akımının büyüklüğü T10 tranzistorunun kolektör akımını bağlıdır ve T11 tranzistorunun emetöründe bulunan P2 ile ayarlanabilir. Bu referans akımı ayarı ile çıkış tranzistorlarının sükunet akımı (U_o = 0 V) belirlenir.

14.3 GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Çıkış tranzistorlarındaki kayıp güçten ve çevre sıcaklığından bağımsız, sabit bir sükunet akımı ancak ek bir kompanzasyon ile elde edilebilir. Bunun için T9 ve T10 ile yapılmış akım aynasına paralel olarak bir NTC-direnç konmuştur. Bu eleman çıkış tranzistorlarının soğutucusu üzerine yalıtılarak monte edilmelidir. NTC-direnç ısınma sonucunda T9 tranzistorundan geçen akımın bir bölümünü "çalar". Bu yüzden azalan T10 kolektör akımı geçit-kaynak geriliminin azalmasına neden olur ve SIPMOS geçiş karakteristiğinin pozitif sıcaklık katsayısını kompanze eder.

SIPMOS tranzistorları aşırı sıcaklığa karşı korumak için, sürücü devreye bir de elektronik sıcaklık sigortası eklenmiştir. T6 ve T7 tranzistorlarıyla yapılmış bir fark kuvvetlendiricisinin T6 tranzistorunun baz bölücüsünde yer alan bir NTC-direnç (bu da çıkış tranzistorlarının soğutucusuna bağlanmalıdır) P1 direnci ile ayarlanan sıcaklık eşiği aşıldığında T7 tranzistorunu iletime sokar. Bu durumda T8 tranzistoru T9/T11'in referans akımının büyük bölümünü kendi üzerinden akıtarak SIPMOS tranzistorlarının çıkış

akımlarının sınırlanmasına neden olur.

Girişte işaret varken çıkış katı kısa devre edilirse, Rx = 0,27 Ω'luk dirençler üzerinde düşen gerilimler T14 tranzistorunun her iki alternansta da iletime girmesine neden olurlar. T14 iletime girdiğinde akım kaynağından gelen akımın bir bölümünü üstlenir ve T12/T13 tranzistorlarının kolektör akımları simetrik olarak sınırlanır.

Böylece MOS tranzistorlar daha az sürülürler ve aşırı akım ve aşırı yük sınırlaması başlamış olur.

(Siemens Uygulama Notları'ndan).

Tablo 14.2 Şekil 14.1'deki devreye ilişkin çeşitli çıkış güçleri için eleman değerleri

Tranzistorlar	60 W	80 W	120 W	160 W
T_1, T_2	BC 414 C	BC 414 C	BC 546 B	BC 546 B
T_3, T_4	BC 237 B	BC 237 B	BC 546 B	BC 546 B
T_5	BC 307 B	BC 307 B	BC 556 B	BC 556 B
T_6, T_7	BC 237 B	BC 237 B	BC 546 B	BC 546 B
T_8, T_9, T_{10}	BC 307 B	BC 307 B	BC 307 B	BC 307 B
T_{11}	BC 237 B	BC 237 B	BC 546 B	BC 546 B
T_{12}, T_{13}	BC 556 B	BC 556 B	BF 870	BF 870
T_{14}	BC 546 B	BC 546 B	BF 869	BF 869
T_{15}, T_{16}	BUZ 20	BUZ 23	BUZ 20	BUZ 23
T_{17}, T_{18}			BUZ 20	BUZ 23

Kısa devre koruması dirençleri	a	b	c	d	x	y
60/80 W	330	120	4,7 K+)	1,8 K+)	0,27	100 Ω
120/160 W	330	220	2,7 K+)	1 K+)	0,27	100 Ω

+) Kısa devre korumasının çalışma eşiği bu dirençlerin değerine bağlıdır ve gerçekleştirilen devrenin koşullarına göre seçilmelidir!

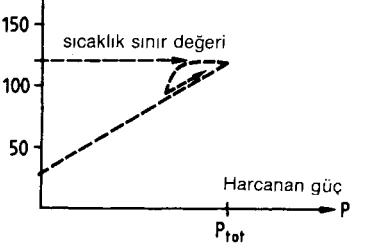
TÜMDEVRE GÜÇ KUVVETLENDİRİCİLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Bu yazıda, kullanıcının piyasada satılan çeşitli güç tümdevreleri arasında doğru seçim yapmasını kolaylaştırmak amacıyla, bunların özellikleri hakkında temel bilgiler verilecektir.

MODERN GÜÇ TÜMDEVRELERİNİN HEDEFLERİ

Ses frekansı güç tümdevrelerinin bugünkü istekleri karşılaması isteniyorsa, sunulan çıkış gücü tek kriter değildir; bunun yanında başka koşullar daha vardır. Bir teknolojinin veya devre tasarımının gelişmişliği, çoğu İngilizce olarak tanınmış bulunan aşağıda açıklanacak özelliklerin yerine getirilip getirilmediğine bağlıdır.

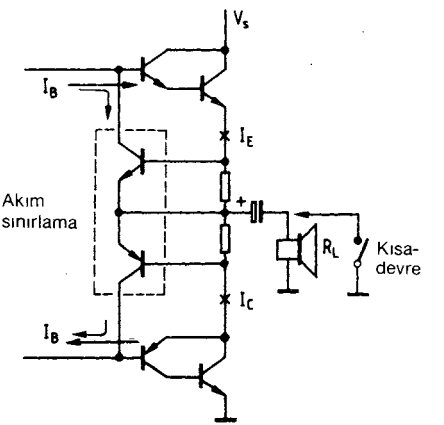
● **Isıl koruma ("Thermal Shutdown"):** Düşük empedanslı yük, yükün kısa devre olması veya yetersiz soğutma yüzeyi gibi nedenlerle ortaya çıkacak aşırı ısınmanın kırmığı ("chip") hasara uğratmasına karşı çıkış katının akımını kesme şeklinde bir korumadır. Bu, üzerindeki sıcaklığa bağlı gerilim bir karşılaştırıcı kat tarafından ölçülen bir diyot yolu yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu gerilimin kırmık için sıcaklık sınırına karşı düşen bir değere ulaşması halinde karşılaştırma devresi çıkış katının akımını keser (Şekil 1).



Şekil 1: Isıl koruma devresinin sıcaklık karakteristiği.

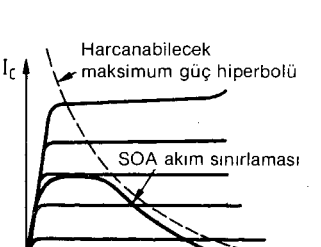
● **Alternatif (ses frekanslı) akım kısa devre koruması ("AC Short Circuit Protection"):** Bu, yük kısa devre olduğunda çok büyük akım akması durumuna karşı çıkış katının korunmasıdır. Bu amaçla her çıkış tranzistorunun çıkış akımı, bu akımın geçtiği bir direnç üzerindeki gerilim düşümü yardımıyla ölçülür ve bu gerilim belirli bir değeri aştığında doymaya giren akım sınırlama tranzistorları (Şekil 2) hem çıkış tranzistorlarının baz-emetör aralarını kısa devre ederler, hem de onların baz akımlarını çekerler.

● **Çıkış bacağı doğru gerilimi kısa devre koruması ("DC Short Circuit Protection"):** Bu koruma özellikle, devre simetrik olmayan besleme gerilimi ile beslendiğinde (yani tümdevre çıkış bacağında besleme geriliminin yarısı değerde bir doğru gerilim buunduğunda) çıkış bacağının yanlışlıkla doğrudan toprağa şasiye) kısa devre edilmesi durumu için gerekli olmaktadır. Bu durumla, öncelikle yük empedansının (hoparlörün) sükûnet durumunda iki ucunda da besleme geriliminin yarısı değerde gerilim olduğu, köprü ("bridge") şeklinde bağlı devrelerde çok karşılaşılır. Burada yapılan korumanın prensibi daha önce anlatılan AC koruma ile yaklaşık olarak aynıdır ama kısa devre akımını akıtmak zorunda kalan çıkış tranzistorunun aynı zamanda kolektör-emetör gerilimi de tam besleme gerilimine eşit olduğundan, burada koruma düzeni daha zor koşullarla karşı karşıyadır.



Şekil 2: Akım sınırlamanın basitleştirilmiş devresi.

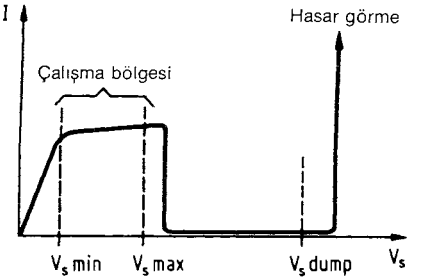
● **Güvenli çalışma bölgesi koruması ("SOA —veya SOAR— Protection"):** Bu koruma çıkış özeğrisinde güvenli bölgede çalışmayı sağlamaktadır. Akımı sabit bir değerde sınırlama, kısa devrenin uzun sürmesi halinde çıkış katının fazla ısınmasını ve harcanan güç sınırının aşılması, dolayısıyla ikinci belverme ("second breakdown") tehlikesinin artmasını önliyemediğinden, geliştirilmiş olan bu SOA ("Safe Operating Area") korumasında akım sınırlama eşiği kolektör-emetör gerilimine bağlı tutularak çıkış tranzistorlarında harcanan güç sınırlanır (Şekil 3). Böylece, gerilime bağlı maksimum akım, çıkış tranzistorlarının çıkış (akım-gerilim) özeğrilerindeki harcanabilecek maksimum güç hiperbolünü izler.



Şekil 3: Çıkış katı tranzistorunun özeğrisi üzerinde SOA korumasının akımı sınırlaması.

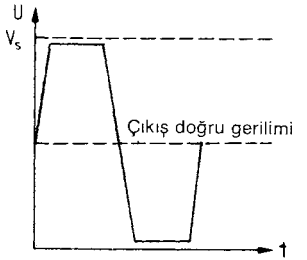
● **Aşırı gerilim koruması ("Dump Protection"):** Sürekli uygulanmasına izin verilen maksimum besleme geriliminin (V_{Smax}) aşılması durumunda, belirli bir gerilim üst değerine (V_{Sdump}) kadar elemanın hasar görmesini önleyen bir korumadır. Sadece bir koruma fonksiyonu gerçekleştirildiğinden, devrenin bu iki gerilim değeri arasında normal çalışmasının istenmesi söz konusu değildir (Şekil 4). Bu koruma özellikle —arabalarda aküden besleme yapılırken, karşılaşıldığı gibi— üzerinde darbe şeklinde gerilim sıçramaları, gerilim tepeleri bulunan bütün besleme gerilimlerinde önem kazanmaktadır.

Devrenin normal sınır olan V_{Smax}'tan büyük gerilime dayanabilmesi, alta (toprak, şasi tarafında) bulunan çıkış tranzistorunu baz-emetör arasının, besleme gerilimine bağlı bir anahtarlama katı tarafından kısa devre edilerek tranzistorun daha büyük gerilime (V_{CES}) dayanabilir hale getirilmesiyle sağlanmaktadır.

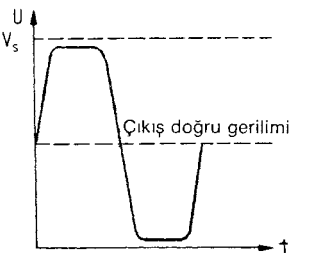


Şekil 4: Aşırı gerilim koruma fonksiyonunun diyagramı.

● **Yumuşak (az harmonikli) kırpma ("Soft Clipping"):** Bu tanım, ortaya çıkacak harmonikleri azaltmak amacıyla devre tekniği açısından alınan önlemlerle çıkış katının ses frekanslı işaretle aşırı sürülmesi halinde çıkış işaretinin üstten ve alttan yumuşakça sınırlandırılmasıdır. Bilindiği gibi, açık çevrim ("open loop") kazançları yüksek olan güç kuvvetlendiricilere büyük negatif geribesleme uygulandığında, bunlar sınırlama (kırpma) halinde spektrumu Orta Dalga yayın bandına kadar uzanan harmonik bileşenleri üretirler. Bu durum, ses şiddeti çok açıkken zayıf AM istasyonların dinlenmesinde istenmiyen geribesleme efektleri yaratır. Güç katının radyo yayın frekanslarına karşı düşen frekans spetrumunun azaltılması için, keskin darbe kenarları yumuşak geçişli doyma eğrileri yardımıyla yuvarlatılır. Böylece doymada güç katının davranışı Şekil 5 yerine Şekil 6'daki gibi olur.



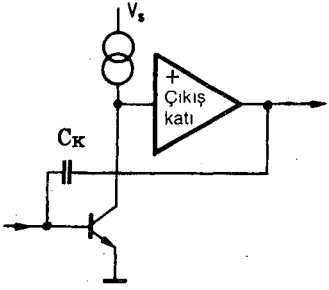
Şekil 5: Yumuşak sınırlama olmaksızın işaretin kırpılması.



Şekil 6: Yumuşak sınırlama ile işaretin kırpılması.

● **Yumuşak açılış ve kapanış ("Soft Switch ON-OFF"):** Bu tanım, tümdevrenin besleme geriliminin açılma ve kapatılmasının çıkış gürültüsü olmaksızın yapılabilmesidir. Bunun sağlanabilmesi için gerekli koşul, besleme geriliminin 0 V'tan tam değerini almasına kadar geçen süre içinde çıkış katının toprak potansiyelinde tutulmasıdır. Buna bağlı olarak, devreye giren doğru gerilim negatif geribeslemesi de gerilim sıçraması yaratmamalıdır. Benzer şekilde, bu durumla besleme gerilimi kapatıldığında çalışma bölgesi altına inilmeye başlanmasıyla da karşılaşılmamalıdır. Her bir katın doğru tasarımı ve tümdevre içinde alınacak ek önlemler ile dışarıdan bağlanan elemanlarda çıkış doğru gerilimi ve negatif geribesleme zaman sabitesinin doğru seçimiyle bu amaca ulaşılabilir.

● **İç frekans kompanzasyonu ("Internal Compensation"):** Bu, tümleştirilmiş iç kondansatörler yardımıyla frekans arttıkça buna bağlı olarak açık çevrim kazancının (geribeslemesiz kazanç!) düşürülmesidir. Bu kompanzasyon yapılmasa idi, önkuvvetlendirici katı tümdevre içindeki parazitik geribeslemeler veya dışarıdan bağlanan negatif geribesleme nedeniyle kontrolsuzca yüksek frekanslarda titreşecekti. Kompanzasyon kondansatörleri, kırmık üzerinde geniş yüzeyli jonksiyonlar şeklinde oluşturulmaktadır. Bunlar genellikle bir kuvvetlendirici katının çıkışı ile faz çeviren önkuvvetlendirici tranzistorunun bazı arasına bağlıdır (Şekil 7). Kapasite değerleri devre türüne göre en uygun değere getirilmiştir. Böylece bir yandan devrenin osilasyon yapması büyük ölçüde önlenirken, diğer yandan frekans eğrisinin ve distorsiyonun kötüleşmemesi de sağlanmıştır.



Şekil 7: İç frekans kompanzasyonunun devre prensibi.

● **Düşük gürültü ("Low Noise"):** Bu, tümdevre önkatlarının kendi gürültülerinin düşük olduğunu belirtir. Önkat gürültüsünün azaltılması açısından en önemli üç koşul, uygun bir fiziksel üretim sürecinin ("process") kullanılması; önkat devrelerinin strüktürlerinin büyütülmesi ve devre tekniği açısından önlemler alınmasıdır (bir Darlington katı veya fark kuvvetlendirici yerine önkatta tek bir tranzistorun kullanılması gibi).

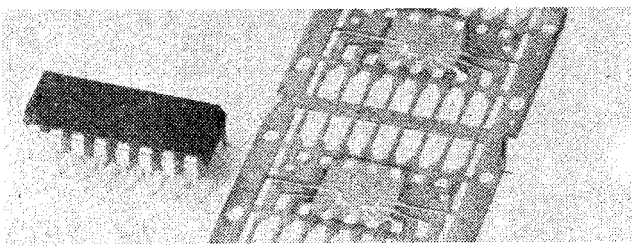
● **Düşük doyma gerilimi ("Low Saturation Voltage"):** Bu tanım, çıkış katının doymaya girmesi durumunda tranzistor uçlarında kalan gerilimin olabildiğince düşük, dolayısıyla tümdevrenin veriminin daha yüksek olmasını belirtir. Buna, düşük gürültü için giriş tranzistorlarında sağlanması istenen koşulların çıkış tranzistorlarına uygulanmasıyla erişilebilir.

KILIF TEKNOLOJİSİ

Modern bir tümdevre için önemli bir diğer nokta kılıfıdır. Bir kılıfın yapısı, harcanan güç sonucu ortaya çıkan ısının ne kadar etkili ve basit bir şekilde dışarıya aktarılabileceğini belirler ve toplam maliyet üzerinde küçümsenemiyecek bir etkisi vardır. Bu nedenle yeni ses frekansı güç tümdevrelerinin geliştirilmesinde, yarıiletken teknoloji ve devre tekniğinin yanı sıra kılıf teknolojisine de büyük önem verilmiştir.

Bu geliştirmenin sonucu olarak, her biri öngörülen uygulama alanı için en uygun çözümü oluşturan dört kılıf biçimi ortaya çıkmıştır:

☐ **"Mini-DIP":** Bu, 8 bacaklı bir DIL ("Dual-In-Line") kılıfıdır. 0,4 mm'lik bacak kalınlığı ile 100°C/W'lık ısıl dirençte (R_{th}) kılıf ve toprak bacağı üzerinden ısı aktarma halinde harcanan güç 1 W değerine kadar çıkabilmektedir. Mekanik boyutlarının küçüklüğü

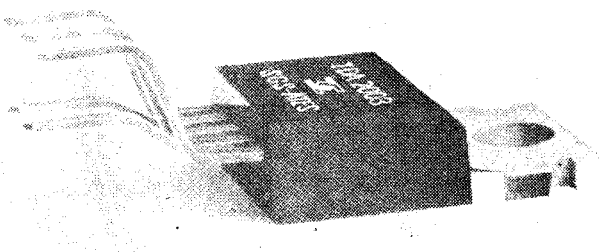


Şekil 8: Power-DIP kılıfı.

bu kılıfı özellikle yer probleminin olduğu sıkışık devreler için uygun kılmaktadır. (Örnek: TBA 820M)

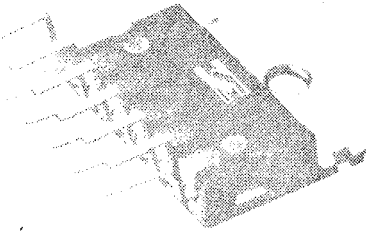
☐ **"Power-DIP":** 0,4 mm bacak kalınlığı olan 16-bacaklı bir DIL kılıfıdır. Yalnız, bir taraftaki 8 bacağın tümü toprağa bağlanmaktadır. Bunlar 15°C/W lık bir ısıl dirençle ısıyı baskı devre plaketine aktarmaktadır. Plaketin bakır yüzeyinin yeteri kadar geniş tutulmasıyla maksimum 6 W güce kadar çıkılabilir. Bu kılıfın önemli bir üstünlüğü, elektriksel bağlantı yapılacak bacakların hepsinin bir tarafta bulunmasıdır (Şekil 8). Bu, baskı devre çizimini kolaylaştırır. Bunların yanısıra, Power-DIP (ve Mini-DIP) kılıfın otomatik parça yerleştirmeye uygun olduğunu belirtmekte de yarar vardır. Power-DIP için uygulama alanları taşınabilir büyük radyo alıcıları, ev tipi ve saatli radyolar, taşınabilir TV alıcılarıdır. (Örnek: TDA 1905).

☐ **"Pentawatt":** TO-220 tranzistor kılıfını andıran bir kılıftır ama 5 bacağı vardır. 3 no.lu toprak potansiyeli bacağı, ortasında geçen bir vida ile soğutucuya monte edilebilen kılıfa bağlıdır. Isıl direnç 3°C/W'tır ve harcanan güç 30 W'a kadar çıkabilir. Bu kılıfın özelliği kolaylığı monte edilebilmesi, hatta bunu daha da basitleştirmek için biri dik (Vertikal), diğeri yatık (Horizontal) monte etmeye uygun iki ayrı kılıfta sunulmasıdır (Şekil 9). Önerilen uygulama alanları, oto radyolarında, Hi-Fi cihazlarda ve büyük ekranlı TV alıcılarında 10 W ve üzerinde güç katlarıdır. (Örnek: TDA 2003).



Şekil 9: Pentawatt kılıfı, sadece dik montaja uygun olanı gosterilmiştir.

☐ **"Multiwatt":** Bu, daha sonra, geliştirilmiş bir kılıftır. 2,5°C/W gibi düşük ısıl direnci ve 11. bacağı (Şekil 10) tümdevre geliştiricilerin güç ve yepyeni fonksiyon olanakları açısından şimdiye kadar



Şekil 10: Multiwatt kılıfı

kullanılmamış teknik alanlara el atmalarına izin vermektedir. Tek vida ile tutturulduğundan montajı kolaydır.

Kırmığın ve üzerini kaplayan malzemenin oturduğu kalın bakır taşıyıcı tümdevreye, kötü vidalama veya soğutucu yüzeyinin düzgün olmaması nedeniyle elemanın zarar görmesini önleyen sertliği sağlamaktadır. Bacak aralarının fazla açık olması, aralardan iletken yol geçirilebilmesini, böylece baskı devre çizimini kolaylaştırmaktadır. Bu kılıf için önerilen uygulama alanları çok fonksiyonu olan, 10 W'ın üzerinde güç tümdevreleri ile stereo veya köprü bağlamayı kolaylaştırmak için aynı kılıf içinde çift (dual) güç katıdır. (Örnek: TDA 2004).

SONUÇ

Modern ses frekansı güç tümdevreleri için sıralanan özelliklerin yanlış fikir vermemesi açısından, bu yeni nesil tümdevrelerin her birinin bunların hepsine sahip olmasının gerekmediğini belirtelim. Örneğin, pille beslenen portatif radyo çıkış katları için hazırlanan bir tümdevrede aşırı gerilim ve SOA korumasının bulunmasına gerek yoktur Ama genel olarak, uygulama alanlarını, güvenilirliği ve böylece kaliteyi artırdığı için, sayılan özelliklerin güç tümdevrelerinin gelişmişliğini ortaya koyduğu söylenebilir.

GÜÇ TRANZİSTORLARINDA GÜVENLİ ÇALIŞMA BÖLGESİ (SOA)

Elemanın bozulmasına kadar varabilecek aşırı yüklenmeleri önlemek için güç tranzistorlarının çalıştırılmasında bir dizi sınırları göz önünde tutmak gerekir. Güvenli çalışma bölgesi (Safe Operating Area-SOA) bu sınırlarla belirlenir. Bu sınırlar sadece ısıl olarak kararlı çalıştırılan güç tranzistorlarında belirli bir kılıf sıcaklığı için geçerlidir. Darbeli çalışmada verilmiş olan bu sınırlar kısa bir süre için aşılabilir, şekildeki kesikli çizgilerle gösterilmiş olan sınırlar darbeli çalışma içindir.

Şekilde, her iki ekseni de logaritmik olarak bölümlenmiş eksen takımında verilmiş olan $I_C = f(U_{CE})$ eğrisi bir tranzistorun güvenli çalışması için bütün sınırları içermektedir.

I- Sürekli kolektör akımının en yüksek değeri: Bu değer aşıldığında tranzistorun iç bağlantıları erir ve eleman bozulur.

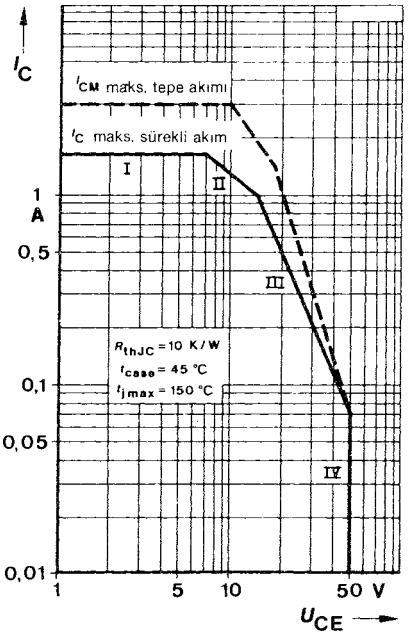
II- R_{thJC} ve t_{Jmaks} nedenleriyle yük sınırlaması: Bu bölgede izin verilen en yüksek kayıp güç işletme geriliminden bağımsızdır, yani (U_{CE} . I_C) çarpımı sabittir. Kayıp güç hiperbolü çift-logaritmik eksen takımında eğimi 135^0 olan bir doğru şeklinde gözükür.

III- İkinci belvermenin önlenmesi için yük sınırlaması: Yüksek çalışma gerilimlerinde yarıiletken kristalinde yer yer yüksek akım yoğunlukları ortaya çıkar ve bu bölgelerin aşırı derecede ısınmasına yol açarlar. Eğer enerji belirli bir değeri aşarsa aşırı ısınma nedeni ile iletken kanallar oluşarak elemanın bozulmasına neden olurlar. Akım yoğunlaşmaları baz-emetör diyodunun iletim veya tıkama yönünde çalıştırılmasına bağlı olarak emetör kenarında veya etkin baz bölgesinin ortasında meydana gelirler.

İkinci belvermeye yolaçabilecek enerji baz-emetör diyotunun tıkama yönünde kutuplanması durumunda, bu diyotun iletim yönünde olması durumundakine göre oldukça küçüktür, çünkü ilk belirtilen durumda akım çok küçük bir kesitte yoğunlaşmaktadır. Bu bölgede izin verilen en yüksek kayıp güç emetör-kolektör geriliminin artmasıyla düşer, yani sınır eğrisinin eğimi II. bölgedeki eğimden büyük olur.

IV- Belverme gerilimi nedeniyle sınırlama: Bu sınır değerin aşılması durumunda çığ olayının başlamasıyla elemanın akımı yükselir ve tranzistor bozulur.

Darbeli çalışmada burada anlatılan güvenli çalışma bölgesi belirli koşullar altında ve kısa süreli olarak aşılabilir (kesikli eğriler). Ancak elemanın kataloğunda verilmiş olan ve izin verilen en yüksek enerji ile belirlenen mutlak sınır değerleri hiçbir zaman aşılmamalıdır.



I Kolektör akımı
II Isıl nedenler
III Akım yoğunluğu
IV Belverme nedeniyle sınırlama

YARIİLETKENLERİN SOĞUTULMASI

Yarıiletken elemanların jonksiyonlarında ısıya çevrilen elektriksel kayıp güç, ısıl dengenin korunması için, çevreye atılmalıdır.

Çok küçük kayıp güçlerle çalıştırılan elemanlarda kılıf ile çevredeki hava arasındaki doğal ısı alışverişi genellikle yeterli olur.

Daha büyük kayıp güçlerle çalışan elemanlarda ise ısı iletimini kolaylaştırmak için etkin yüzeyi büyüten yıldız soğutucular veya soğutma kanatçıkları kullanılır.

Büyük güçlü elemanlarda ise soğutucu saclar veya özel yapılmış soğutucular kullanmak gerekli olur. Bazı durumlarda özel soğutma maddeleri veya cebri havalandırma ile bu soğutucuların desteklenmesi zorunluluğu da doğabilir.

Yarıiletken kristalinde açığa çıkan ısı temel olarak sadece iletim yoluyla elemanın kılıfına veya kılıf tabanına ulaştırılır. Jonksiyon ile kılıf arasındaki ısıl direnç, R_{thJC}, bu iletimin bir ölçüsüdür ve elemanın yapısı ile belirlenmiştir.

Kılıf ile çevredeki hava arasındaki ısı alışverişi ışıma, konveksiyon ve iletim ile olur. Bunun ölçüsü ise dış ısıl direnç, yani kılıf ile çevre arasındaki ısıl direnç R_{thCA}'dır. O halde yarıiletken kristali ile çevre arasındaki toplam ısıl direnç

$$R_{thJA} = R_{thJC} + R_{thCA}$$

olarak hesaplanır.

Bir yarıiletken eleman üzerinde harcanabilecek en büyük güç ($P_{tot\ maks}$) şu ifade ile bulunur:

$$P_{tot\ maks} = \frac{t_{Jmaks} - t_{Amb}}{R_{thJA}} = \frac{t_{Jmaks} - t_{Amb}}{R_{thJC} + R_{thCA}}$$

Bu ifadedeki sembollerin anlamlarını şöyle sıralayabiliriz:

t_{Jmaks} : Yarıiletken kristalinin izin verilen en yüksek sıcaklığı

t_{Amb}: Çevre sıcaklığının en kötü koşullarda ulaştığı en yüksek değer

R_{thJC}: Yarıiletken kristali ile kılıf arasındaki ısıl direnç

R_{thJA}: Yarıiletken kristali ile çevre arasındaki ısıl direnç

R_{thCA}: Kılıf ve çevre arasındaki ısıl direnç. Bu direncin değeri soğutma koşullarına bağlıdır.

Soğutma sacı veya masif soğutucu kullanılması durumunda R_{thCA} eleman kılıfı ile soğutucu arasındaki ısıl kontakta, soğutucu içerisin-

deki ısı yayılımına ve soğutucunun çevreye ısı aktarma yeteneğine bağlıdır.

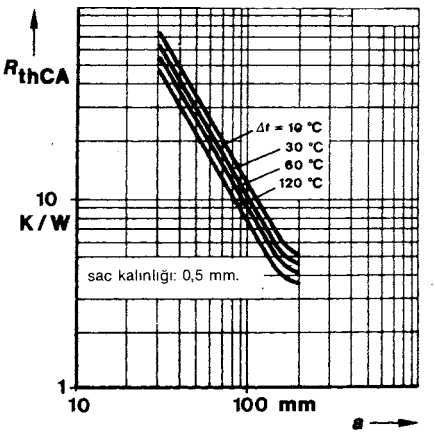
O halde belirli bir yarıiletken elemanda harcanabilecek en büyük güçe sadece t_{Amb} ve R_{thCA}'nın değiştirilmesiyle etki edilebilir. R_{thCA} direncinin değeri soğutucu üreticilerinin verilerinden alınmalı veya ölçme yoluyla belirlenmelidir.

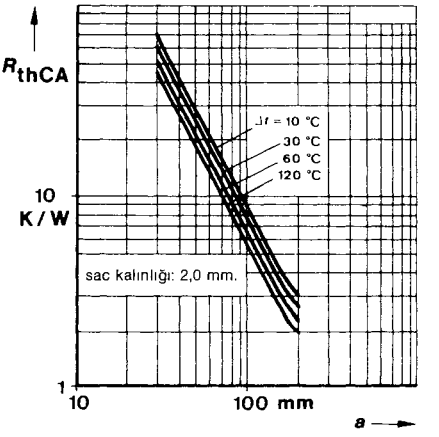
Eğer soğutucular için optimum bir tasarım istenmiyorsa burada verilecek olan yaklaşık yöntem kullanılabilir.

Aşağıdaki eğrilerde kare biçimli ve kenar uzunluğu "a" olan aluminyum sac soğutucuların kullanılması durumunda elde edilecek R_{thCA} dirençleri verilmiştir, eğriler çizilirken yarıiletken kılıfının soğutucu yüzeyine tam olarak yapıştığı varsayılmıştır. Belirli bir R_{thCA} değerinin elde edilmesi için eğrilerden okunan a değeri, soğutucunun montaj konumuna ve yüzey niteliğine göre b ve c katsayılarıyla çarpılmalıdır; o halde gerçekte kullanılacak sac parçasının kenar uzunluğu

$a' = a \cdot b \cdot c$ olarak hesaplanır.

b = 1,00 düşey montaj durumunda
b = 1,15 yatay montaj durumunda
c = 1,00 parlak yüzey için
c = 0,85 mat-siyah yüzey için





● Örnek:

$R_{thJC} = 5^0C/W$ ve $t_{Jmaks} = 150^0C$ olan bir Silisyum-güç tranzistoru için 2 mm kalınlıklı Aluminyum sactan kare biçimli bir soğutucu tasarlanacaktır. Soğutucunun yatay olarak monte edilmesi düşünülmektedir. Tahmin edilen en yüksek çevre sıcaklığı $t_{Amb} = 50^0C$'dir. Elemanda harcanan güç $P_{tot\ maks}$ ise 8 W olarak hesaplanmıştır.

$$P_{tot\ maks} = \frac{t_{Jmaks} - t_{Amb}}{R_{thJC} + R_{thCA}}$$

$$R_{thCA} = \frac{t_{Jmaks} - t_{Amb}}{P_{tot}} - R_{thJC} = \frac{150^0C - 50^0C}{8W} - 5^0C/W$$

$$= 7{,}5^0C/W$$

$\Delta t = t_{Case} - t_{Amb}$ şu şekilde hesaplanır:

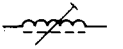
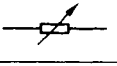
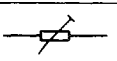
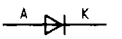
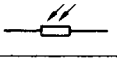
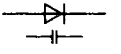
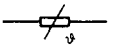
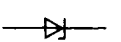
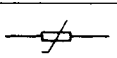
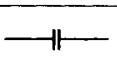
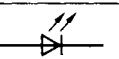
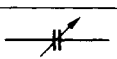
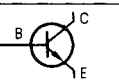
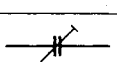
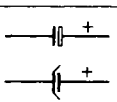
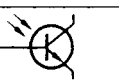
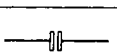
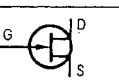
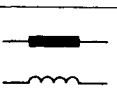
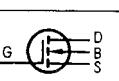
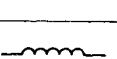
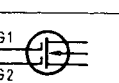
$$P_{tot\ maks} = \frac{t_{Jmaks} - t_{Amb}}{R_{thJC} + R_{thCA}} = \frac{t_{Case} - t_{Amb}}{R_{thCA}}$$

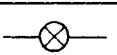
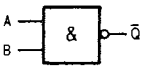
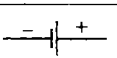
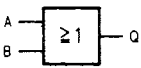
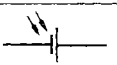
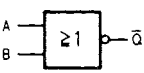
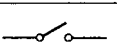
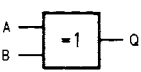
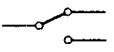
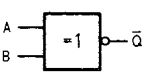
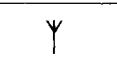
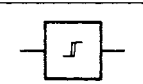
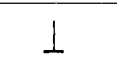
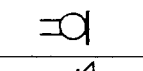
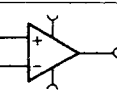
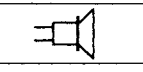
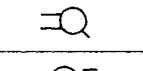
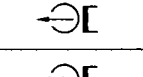
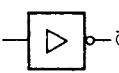
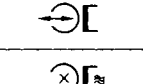
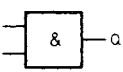
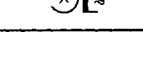
$$t_{Case} - t_{Amb} = \frac{R_{thCA}(t_{Jmaks} - t_{Amb})}{R_{thJC} + R_{thCA}} = \frac{7{,}5^0C/W\ (150^0C - 50^0C)}{5^0C/W + 7{,}5^0C/W} = 60^0\ C$$

R_{thCA} = 7,5°C/W ve Δt = 60°C ile 2 mm. kalınlıklı Al-sac için verilmiş olan eğrilerden "a" uzunluğu 90 mm olarak bulunur. Montaj yatay olacağından bu değer b= 1,15 katsayısıyla çarpılmalıdır. O halde kenar uzunluğu 105 mm. olan Al-sac kullanılmalıdır.

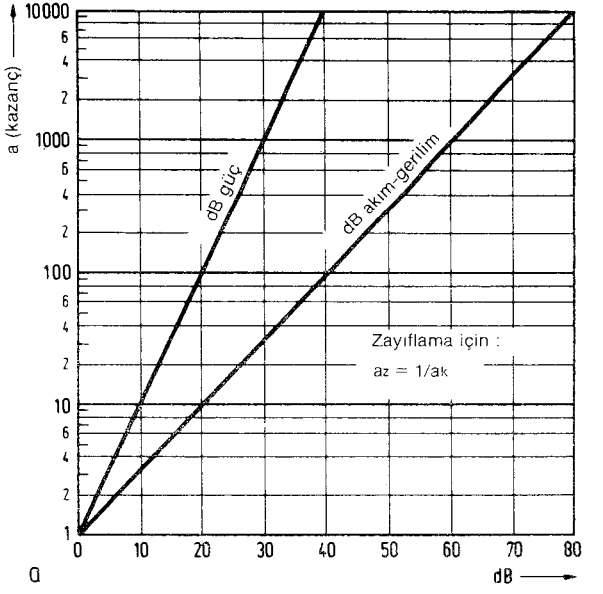
Belirli bir soğutucu üzerine bağlanmış olan bir elemanda harcanabilecek en büyük gücü bulabilmek için ilk önce tahmini bir Δt ile hesap yapılır ve sonra gerçek Δt'ye göre düzeltilir.

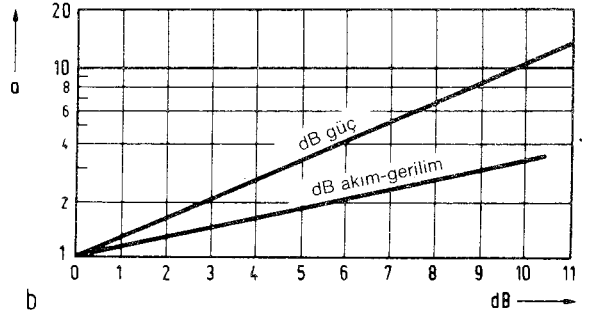
En önemli devre elemanlarının sembolleri

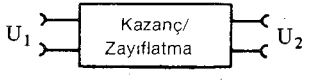
Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
	Direnç (genel)		Ayarlanabilir YF-bobini
	Potansiyometre - Değiştirilebilir direnç		Transformatör
	Trimpot (Ayarlı direnç)		Diyot A (Anot) K (Katot)
	Fotodirenç		Kapasite diyotu
	PTC/NTC Sıcaklığa bağımlı direnç		Z-diyotu
	VDR Gerilime bağımlı direnç		Fotodiyot
	Kondansatör		LED Işık yayan diyot
	Değiştirilebilir kondansatör		NPN Tranzistor
	Trimer kondansatör		PNP Tranzistor
	Kutuplu elektrolitik kondansatör		Fototranzistor
	Kutupsuz elektrolitik kondansatör		N-kanallı Jonksiyonlu FET
	Bobin		N-kanallı MOSFET
	Çekirdekli YF-bobini		N-kanallı, çift geçitli MOSFET

Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
	Ampul		NAND-kapısı
	Batarya pil, gerilim kaynağı		OR-kapısı
	Fotoeleman		NOR-kapısı
	Açma/Kapama anahtarı		EX-OR-kapısı
	Komütatör		EX-NOR-kapısı
	Anten		Schmitt tetikleyici
	Toprak	Ses frekansı tekniği	
	Şasi		Mikrofon
	İşlem kuvvetlendiricisi		Hoparlör
Dijital Teknik			Ses okuyucu
	Sürücü		Kayıt Ses kafası Okuma
	Evirici		Kombine kafa
	AND-kapısı		Silme kafası

Desibel Değerleri





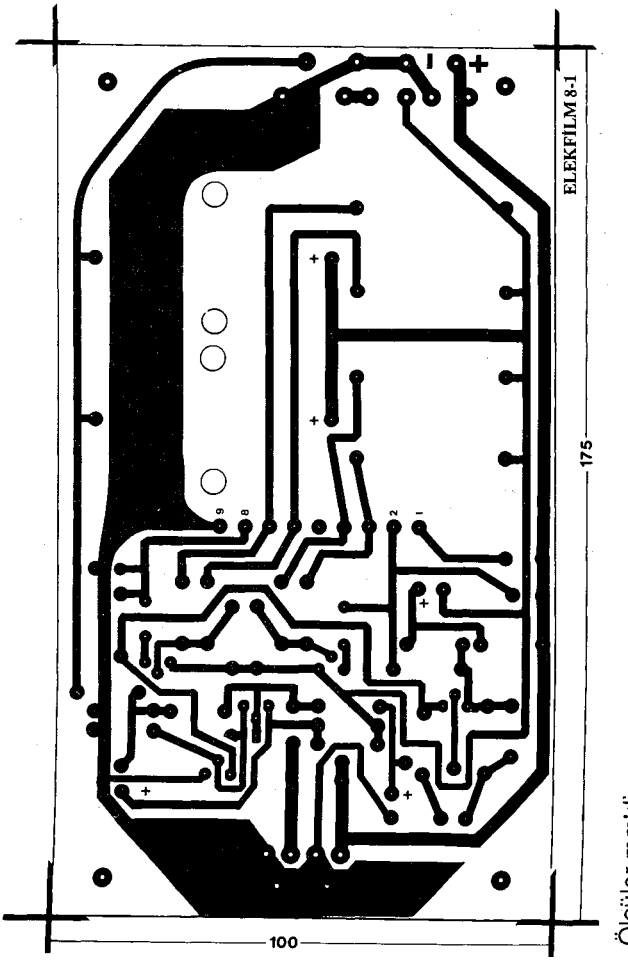


$$\frac{U_2}{U_1} = a$$

$a \geqq 0$ Kazanç
$a \leqq 0$ Zayıflama

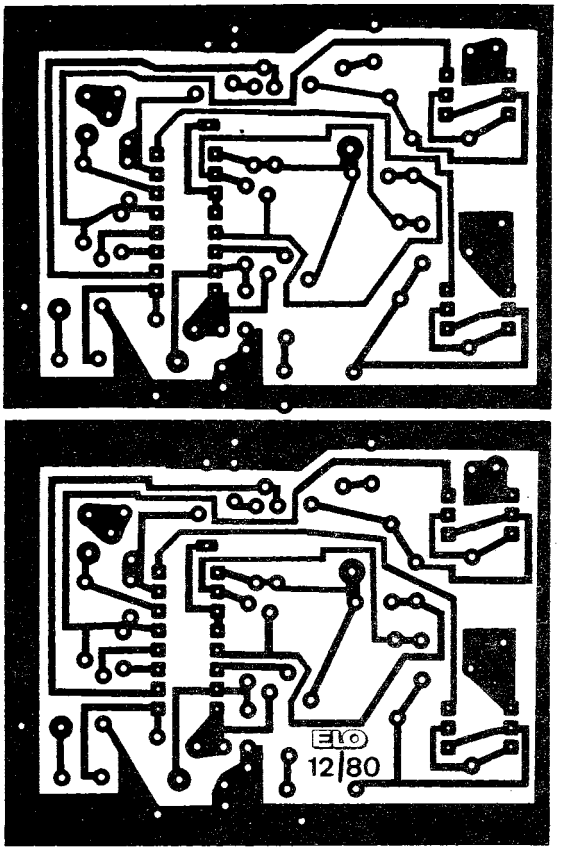
Desibel Değerleri

dB / gerilim oranı			dB / gerilim oranı		
- dB için zayıflama oranı	dB	+ dB için kazanç faktörü	- dB için zayıflama oranı	dB	+ dB için kazanç faktörü
1,0	0,0	1,0	0,125	18	8,0
0,94	0,5	1,06	0,11	19	8,9
0,89	1	1,12	0,10	20	10,0
0,84	1,5	1,19	0,089	21	11,2
0,8	2	1,25	0,08	22	12,5
0,75	2,5	1,33	0,071	23	14,1
0,71	3	1,41	0,063	24	16,0
0,67	3,5	1,5	0,056	25	17,8
0,63	4	1,6	0,050	26	20,0
0,6	4,5	1,67	0,045	27	22,4
0,56	5	1,78	0,04	28	25,0
0,53	5,5	1,88	0,035	29	28,2
0,50	6	2,0	0,032	30	31,6
0,47	6,5	2,12	0,028	31	35,5
0,45	7	2,24	0,025	32	40
0,42	7,5	2,37	0,022	33	45
0,4	8	2,5	0,020	34	50
0,38	8,5	2,66	0,018	35	56
0,35	9	2,82	0,016	36	63
0,33	9,5	3,00	0,014	37	71
0,32	10	3,16	0,0125	38	80
0,28	11	3,55	0,011	39	89
0,25	12	4,00	0,01	40	100
0,22	13	4,5	0,0056	45	178
0,2	14	5,00	0,0032	50	316
0,18	15	5,62	0,0018	55	562
0,16	16	6,3	0,001	60	1000
0,14	17	7,1	0,0001	80	10000



Sayfa 15'deki yazıya ilişkin baskı devre (**ELEKFİLM 8-1**) (küçültülmüş olarak verilmiştir!)

ELEKFİLM 8-2



Sayfa 73'deki yazıya ilişkin baskı devre (**ELEKFİLM 8-2**).

KAYNAKLAR:

1. Stühr, Michael: Tamamen tranzistorlu HiFi stereo çıkış katı, ELO ELEKTRONİK, Sayı: 16, Sayfa: 37.
2. Wirsum, Siegfried: HiFi mit "Darlingtons", Praktizierte Elektronik, S.: 187. Franzis Verlag, 1984, S.: 187...194.
3. Sax, Herbert: TDA 1905 ve TDA 1910 ile 6...13 W çıkış gücü, ELO ELEKTRONİK, Sayı: 14, Sayfa: 20.
4. Sax, Herbert: TBA 820 M ile 2 W çıkış gücü, ELO ELEKTRONİK, Sayı: 13, Sayfa: 36..
5. Sax, Herbert: TDA 2030, 20 W'lık "HiFi" tümdevre, ELO ELEKTRONİK, Sayı: 2, Sayfa: 35
6. Sax, Herbert: TDA 2030 ile 50 W'lık HiFi çıkış katı, ELO ELEKTRONİK, Sayı: 3, Sayfa: 32.
7. Sax, Herbert: Tümdevrelerle 70 W'lık 3 yollu aktif kutu, ELO ELEKTRONİK, Sayı: 4, Sayfa: 22.
8. Sax, Herbert: Tümdevre sürücülü 200 W'lık köprü kuvvetlendirici, ELO ELEKTRONİK, Sayı: 5, Sayfa: 28.
9. Sax, Herbert: Oto radyonuzun gücünü de artırabilirsiniz.TDA 2003 ile otolarda 12 W çıkış gücü, ELO ELEKTRONİK,Sayı: 10, Sayfa: 21.
10. Sax, Herbert: Oto radyonuza "Booster" de yapabilirsiniz. TDA 2004 ile 2x12 W'lık stereo çıkış katı, ELO ELEKTRONİK, Sayı: 11, Sayfa: 31.
11. Klose, Manfred; Knobloch, Winfried: Kleiner Kraftprotzganz gross, ELO 12/1980, S.. 59.
12. Ruehs, Richard G.: 15 to 60 Watt audio amplifiers using complementary Darlington output transistors, Motorola Application Note, AN-483 B.
13. SANYO, Semiconductors Data Book, 1982.
14. Limann, Otto: Pelka Horst: Funktechnik ohne Ballast, Kap.: 16, S.: 390...394. Franzis Verlag, 1984, S.: 390...394.
15. Sax, Herbert: Ses frekanslarında kullanılmak üzere hazırlanmış tümdevre güç kuvvetlendiricilerinin özellikleri, ELO ELEKTRONİK, Sayı: 15, Sayfa: 17.
16. TELEFUNKEN, Integrierte Schaltungen Datenbuch 1983,84.
17. VALVO, MOS-Leistungs-Feldeffekttransistoren Datenbuch, 1984.

18. tvt A...Z'85, karşılık tabloları, Yüce Yayınları A.Ş., elektronik seri: 3.
19. Towers, T.D.: Uluslararası Tranzistorlar - Özellikleri ve Karşılıkları, Yüce Yayınları A.Ş., elektronik seri: 5.
20. THOMSON SEMICONDUCTORS, Consumer Integrated Circuits Data Book, 1983.
21. Çeşitli yariletken üretici firmalarının katalogları, uygulama notları, kitapları ve kitaplar.

ELEKTRONİK CEP KİTAPLARI DİZİSİ

Tranzistor ve Diyot Pratiğine Giriş (ISBN 975-411-101-4)
Tranzistorlu Besleme Kaynakları (ISBN 975-411-102-2)
Elektronikçi Ölçmesini Öğreniyor (ISBN 975-411-103-0)
LED'lerle 50 Pratik Devre (ISBN 975-411-104-9)
Tümdevreli Besleme Kaynakları (ISBN 975-411-105-7)
HiFi-Hoparlör Kombinezonları (ISBN 975-411-106-5)
Küçük HiFi-Stereo Pratiği (ISBN 975-411-107-3)
Ses Frekansı Güç Kuvvetlendiricileri (ISBN 975-411-108-1)
Detektörden Kısa Dalga Alıcısına (ISBN 975-411-109-X)
Radyo-TV Alıcı Antenleri (ISBN 975-411-110-3)
Elektronik Voltmetreler (ISBN 975-411-112-X)
Radyo Alıcılarının Metodik Onarımı (ISBN 975-411-115-4)

Not: Yukarıdaki kitapların bazıları elimizde kalmamış ya da yeni kitaplar yayınlanmış olabileceğinden, yayınevimizden bilgi almanızı salık veririz.

YÜCE REKLAM/YAYIM/DAĞITIM A.Ş.
Peykhane Caddesi, Dizdariye Çeşmesi Sokak, No: 6
Emre Han, Kat: 1, Sultanahmet, 34400 İSTANBUL
P.K. 76, Beyazıt, 34492 İSTANBUL

Çelikkanat/Öniz

Ses Frekansı Güç Kuvvetlendiricileri

Elinizde tuttuğunuz bu kitap sizlere, tranzistorlarla ve tümdevrelerle yapılmış ses frekansı güç kuvvetlendiricilerinden 2 W'tan 200 W'a kadar değişik çıkış güçlerinde pratik örnekler sunmaktadır. Devrelerde kullanılan malzemenin piyasadan kolay temin edilebilir tipten olmasına özen gösterilmiştir.
Verilen örnekler çeşitli kullanım yerleri (örneğin aktif kutular, otomobiller) göz önünde tutularak seçilmiştir. Her devrenin nasıl çalıştığı ayrıntılı olarak açıklandığından, kitabın pratik devreler bakımından bir kaynak oluşturmasının yanısıra eğitici yönü de ağır basmaktadır.
Tümdevre kullanılan örneklerde Avrupa yapısı TBA ve TDA serilerinin yanında Japon STK serisiyle yapılmış devreler de yer almaktadır. Günümüzde teknolojinin varmış olduğu nokta göz önünde tutularak MOS çıkış tranzistorlarıyla gerçekleştirilmiş bir devreye de kitapta yer verilmiştir.
Ayrıca, kitap sonuna eklenen *"Yariletkenlerin soğutulması"*, *"Güvenli çalışma bölgesi (SOA)"*, *"Devre elemanı sembolleri"* gibi yardımcı bilgiler de size her zaman yararlı olacaktır.

8

ECKD
elektronik
cep kitapları
dizisi



ECKD 8
Ses Frekansı Güç
Kuvvetlendiricileri

ISBN
Fiyatı (
500000
K.D.V. DAHİL