

# Logaritmik Çeviriciler

Ceviren :  
A. Y. ÜBtW  
TCDD

## ÖZET

Logaritmik çeviricilerin sinyal işlem sahasında önemli bir yeri vardır. Bipolar transistörler bu tür fonksiyonların - elde edilmesinde paha biçilmez elemanlar olabilir. Tasarımların çoğunda olduğu gibi burada da bazı zorluklar vardır. Bipolar, transistörlerle yapılan logaritmik çeviricilerde duyarlık suresi, dinamik çalışma sınırlarına göre tartılmaktadır. Bu yazıda değişik çalışma karakteristikleri olan log ve antilog üreteçlerin bazı temel devreleri çözümlenmekte ve uygulamaları anlatılmaktadır.

Log üreteçleri bir çok sinyal işlem sahaslarında kullanılır, örneğin, telemetri sistemlerinin çoğunda dinamik bölge, giriş bilgilerinin log üreteçleri kullanarak sıkıştırılması ve çıkış sinyallerinin antilog üreteçlerle genişletilmesiyle artırılabilir. Log üreteçlerinin sıkıştırma işlemiyle 100 dB'lik dinamik çalışma sınırları basit bir metre üzerinde gösterebilmek olanak içindedir. Log üreteçleri değişik şekillerde yapılabilirler. Bu yazıda üreteçler inverter olarak gösterilmiştir. Fakat az bir değişiklikle non inverting biçime çevrilebilirler.

Logaritmik üreteçlerin yapılmasında en uygun doğrusal olmayan devre elemanı bipolar transistördür. Bipolar transistörlerde kollektör akımının yaklaşık olarak 1 pA ile 1 mA. değerleri arasında, kollektör akımıyla emiter baz gerilimi arasındaki bağıntı logaritmiktir. Eşleştirilmiş transistörler ve işlem yükselteci kullanılarak beş

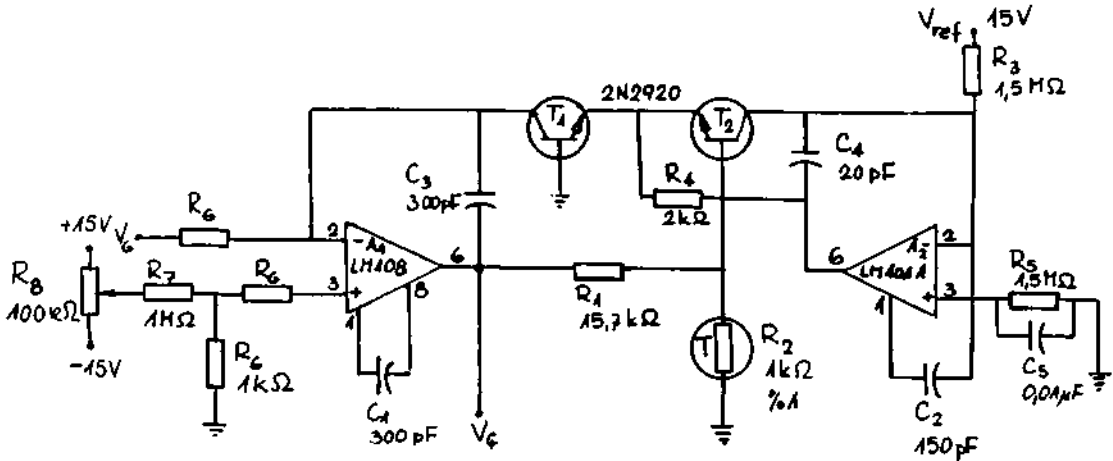
## SUMMARY

Logaritmik converters have an important place in signal processing and the bipolar transistors can be an invaluable element for generating such functions. As with most any design, there are trade offs. With logarithmic converters composer of bipolar transistors, response time must be ıveighted against dynamic ranke. Several basic circuits for log and antilog generators, ıvith differently ıveighted operating charecteristics, are analyzed and applications are described.

dekat'tan fazla çalışma sınırları olan doğrusal logaritmik çeviriciler yapılabilir.

Şekil 1'deki devre doğrusal giriş akımıyla logaritmik çıkış gerilimi verir.  $T_1$  transistörü, LM108 işlem yükseltecinin negatif geri besleme yolunda doğrusal olmayan geri besleme elemanı olarak kullanılır. Geri besleme  $T_1$  transistörünün emiterine  $R_j$ ,  $F_L$  gerilim bölücü dirençleri ve  $T_2$  transistörünün emiter-, baz uçları üzerinden uygulanır. Geri besleme,  $T_2$  transistörünün kollektör akımını giriş direncindeki akıma eşit olmaya zorlar.  $T_2$  transistörü LM101A işlem yükseltecinin geri besleme elemanıdır. Negatif geri besleme,  $T_2$  transistörünün kollektör akımını  $R_3$  direncinden geçen akıma eşit olmaya zorlar. Şekilde verilen değerler için bu akım  $10^{-4}$  A'dır.

$T_2$  transistörünün kollektör akımı sabit kaldığı için, emiter baz gerilimi de sabit kalır. Dolayısıyla  $T_1$  transistörünün  $V_{BE}$  gerilimi sadece giriş akımıyla değişir. Çıkış gerilimi  $T_1$  ve  $T_2$



Şekil 1. 100 dB çalışma sahası olan log üreteç.

transistörlerin emiter baz gerilimlerinin farkının fonksiyonu olur.

$$V_c = \frac{R_1 + R_2}{R_2} (V_{BE_2} - V_{BE_1}) \quad (1)$$

Farklı  $I_c$  kolektör akımlarında çalışan eşleştirilmiş transistörlerin  $V_{BE}$  değişimi,

$$\Delta V_{BE} = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_{c2}}{I_{c1}} \quad (2)$$

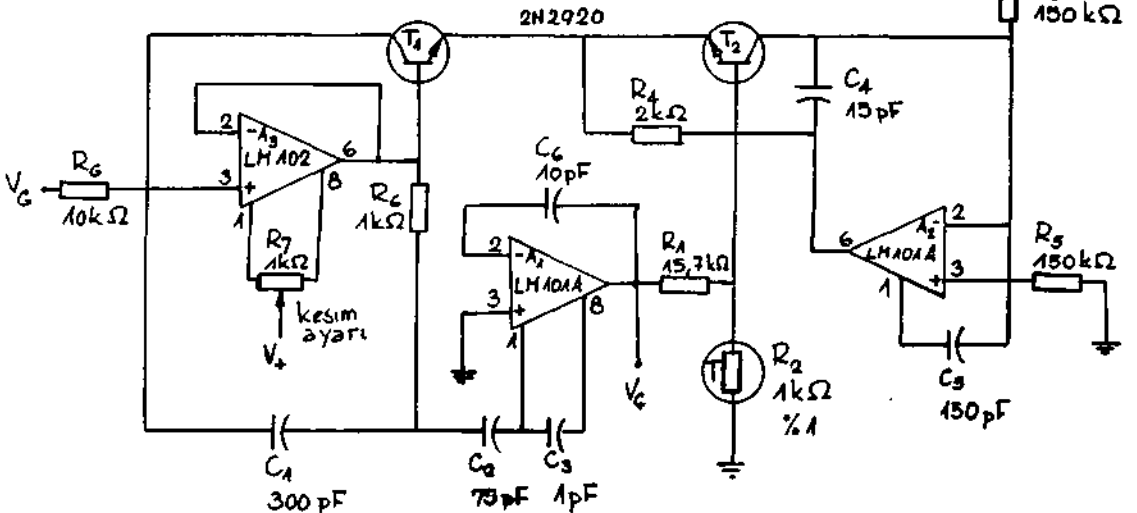
formülü ile verilir. Bu formülde  $k$  Boltzmann sabitesi,  $T$  Kelvin cinsinden sıcaklık ve  $q$  da elektron yüküdür. (1) ve (2) nohü eşitlikleri birleştirip kolektör akımlarının değerlerini yerine koyalrsak,  $V_c \geq 0$  için şu eşitliği elde ederiz :

$$V_c = - \frac{kT}{q} \ln \left( \frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) \frac{V_g R_3}{V_{ref} R_4} \quad (3)$$

Bu eşitlikte çıkış geriliminin, giriş gerilimi ile logaritmik olarak bağıntılı olduğu görülmektedir. Formüldeki logaritma teriminin katsayısı doğrudan doğruya mutlak sıcaklıkla orantılıdır. Kompansasyon olmadan çarpım katsayısı sıcaklıkla doğrusal olarak değişir. Kazancın sıcaklıktan bağımsız olması için  $R_2$  direncinin sıcaklıkla orantılı olarak değişen bir direnç olması gerekir. Şekil 1'de verilen  $R_2$  direnci  $-25^\circ\text{C}$  ile  $100^\circ\text{C}$  Ö sıcaklık dereceleri arasında % 1 kompansasyon sağlar.  $0^\circ\text{C}$ - $50^\circ\text{C}$  gibi sınırlı çalışmaları için  $1k\Omega$ 'luk  $R_j$  direnci yerine  $430\Omega$  sensistör ve buna seri  $570\Omega$ 'luk (bir direnç kullanılabilir.  $R_2/R_j$  gerilim bölücüsü, devrenin kazancını,  $R_g$  direncindeki akım da sıfır değerini ayarlar. Verilen değerlerle çarpım faktörü 1 Volt/dekattır. Çıkış gerilimi

$$V_c = - \left[ \log \left| \frac{V_g}{R_g} \right| + 5 \right] \quad (4)$$

eşitliği ile verilir.



Şekil 2. Hızlı log Üreteç.

Logaritmik çıkış. 10 nA ve 1 mA değerleri arasında % 1 girişe nazaran yaklaşık olarak % 3 hassaslıktadır. 500  $\mu\text{A}$ 'den fazla akımlar için, kullanılan transistörlerin emiter-baz dirençlerinden dolayı logaritmik karakteristikleri bozulmaya başlar. Düşük akımlarda ise LM 108 yükseltecinin kesim akımı normal çalışmayı bozar. Normal çalışmanın bozulduğu yerler çalışma bölgesinin her iki ucunda olmaktadır. 40nA-400 $\mu\text{A}$  atom değerlerinde logaritmik çevirici girişe göre % 1 hassaslıktadır.

Baz akımından doğabilecek hataları önlemek için Şekil 1'deki her iki transistör de diyot şeklinde değil, bazları topraklı olarak bağlanmışlardır. Bazların topraklanması devre kazancını artırır ve osiasyonu önlemek için frekans kompansasyonu gerektirir. Çıkışın son değerine % 1 hata ile ulaşması 1-5 ms zaman alabilir, bu daha çok düşük akım seviyelerinde geçerli olmaktadır.

Log üreteçlerinin frekans kararlılığı en kolay şekilde deneysel olarak yapılır. Giriş seviyesiyle devre kazancı, empedans seviyeleri ve band genişliği değiştiği için kararlılık ile ilgili analizler zor olmaktadır. Kararlılık, yüksek frekanslarda yükselteçlerin kazancı kondansatör geri beslemesiyle bire indirilerek yapılır.  $R_4$  direnci devre kazancını yüksek seviyedeki girişlerde sınırlar. Kararlılık giriş darbeleri uygulayarak, yüksek ve düşük seviyelerde, ani sıçramalar ve sönümlü sınımlan. İnceleyerek kontrol edilir.

Şekil 2'deki devre öncekinden yaklaşık 100 kere daha hızlıdır. Dinamik çalışma bölgesi 80 dB'dir. Çalışması Şekil 1'deki devrenin aynıdır, fakat çalışma bölgesinden çok hızlı optimize edecek

şekilde düzenlenmiştir.  $T_1$  transistörü, LM101A işlem yükseltecinin ileri besleme (faz) kompan-syanunu sağlamak için diyot bağlantı şeklin-dedir [1]. Bu kompan-sasyon band genişliğini 3,5 MHz kadar genişletir ve çıkış gerilimi du-yarlılık hızını artırır.  $T_1$  transistörünün doğ-ru akım kazancının sonlu olmasından ve LM 101 A işlem yükseltednin ön akımından hasıl olacak hataları önlemek için LM 107 gerilim takip edicisi baz akımını ve giriş akımını tam-ponlar. Devre, LM 102 yükselted olmadan da çalışabilir, bu durumda düşük seviyedeki giriş akımları için istenilen kesinlik sağlanamaz.  $A^{\wedge}$  yükselted de maksimum band genişliği için kompanse edilmiştir, önceki devrede olduğu gibi  $R_j$  ve  $R_2$  hassaslığı,  $R_3$  de transfer fonksi-yonunun sıfır kesim noktasını kontrol eder. Veri-len değerlerle çarpım faktörü  $IV/\text{dekat}$ 'tır. Yaklaşık olarak  $100 \text{ nA} - 1 \text{ mA}$  giriş akımları arasında

$$V_C = - \left[ \log \frac{V}{R_g} \right] \quad (5)$$

formülü ile verilir.

Antilog veya üssel üreticiler, devrenin tekrar dü-zenlenmesini gerektirir. Şekil 3 doğrusal girişle, üssel bir çıkış veren bir devreyi göstermektedir.  $A$ , yükselted  $T_1$  transistörüyle birlikte,  $T_2$ 'nin emiterini giriş gerilimiyle orantılı olarak sürer.  $T_2$  transistörünün kollektör akımı, emiter baz genlimiyle üssel olarak değişir ve bu atan  $A^{\wedge}$

yükselteçyle gerilime dönüştürülür. Verilen de-ğerlere göre çıkış gerilimi aşağıdaki gibidir.

$$V_C = 10^{-IV_g} \quad (6)$$

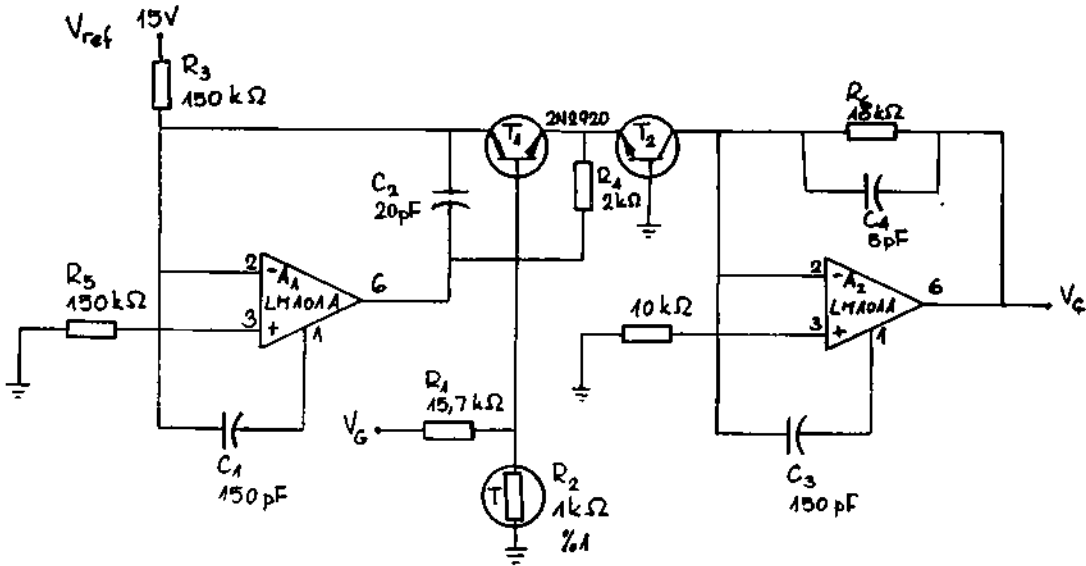
Log fonksiyonları :

$x^2$ ,  $\sqrt{x}$ ,  $x^n$ ,  $1/x$ ,  $xy$ , ve  $x/y$  gibi bir çok doğ-rusal olmayan fonksiyonlar log üreteçleriyle ko-laylıkla elde edilebilirler. Logaritma kullanıldı-ğında çarpma, bölme ve üs alma işlemleri sıra-sıyla toplama, çıkarma, ve kazanç katsayısı ha-line gelir.

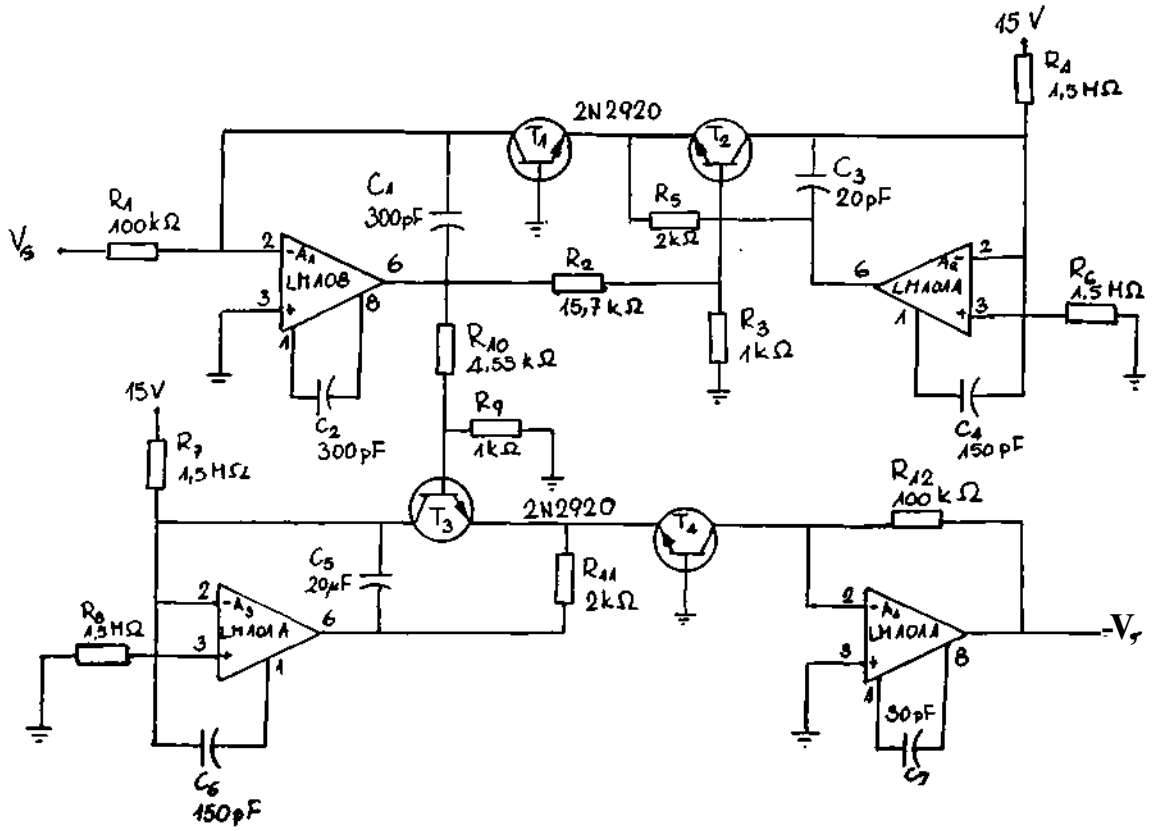
Şekil *i* küp alıcı bir devreyi göstermektedir. Bu devreyle  $R_9$  ve  $R_{10}$  değerlerini aşağıdaki ifadeye göre değiştirerek istenilen üssel fonksiyon elde edilebilir.

$$V_C = \sqrt[9]{16,7 R_9 / (R_9 + R_{10})} \quad (7)$$

Log ve antilog devreleri doğrusal bir çıkış vere-cak şekilde düzenlendiklerinde, sıcaklık kom-pansasyon dirençlerine gerek kalmaz. Eğer log ve antilog transistörleri aynı sıcaklıkta çalış-ıyorlarsa, sıcaklığa bağlı kazanç değişimleri bir-birini ifna eder. Her iki transistörün aynı bir soğutucu üzerine bağlanmasıyla, sıcaklığa bağlı kazanç değişimleri en iyi şekilde önlenebilir. Log ve antilog transistörleri arasındaki  $X^{\circ}\text{C}$ lık sıcaklık farkı % 0,3 oranında bir hataya sebep olur. Aynı şekilde log çeviricilerinde log tran-



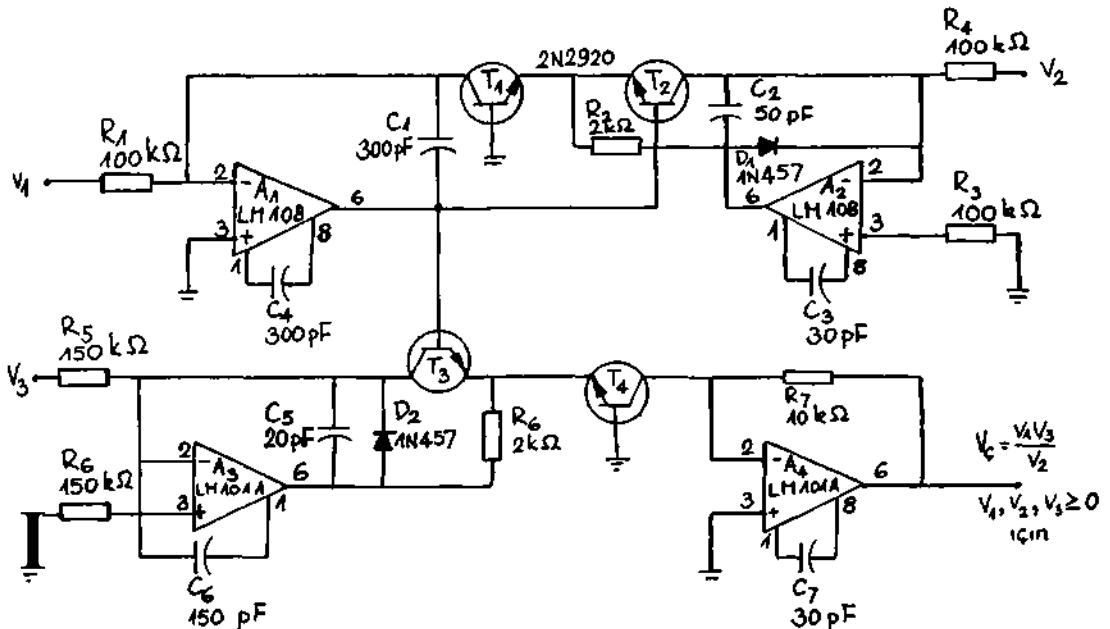
Şekil S. Antilog Üreteç.



(Şekil 4. Kübik fonksiyon üretici.

störüyle, kompensasyon direnci arasındaki  $1^\circ\text{C}$ 'lık ısı farkı yine % 0,3 hata yaratır. Şekil 1 ve 2'deki devreler bölücü ve  $1/x$  üretici şeklinde kullanılabilir. (3) eşitliğinden çıkış geriliminin giriş akımının  $R_3$  direncindeki akıma oranının bir fonksiyonu olduğu görülmektedir. Devre log üretici olarak kullanıldığında Redeki akım belirli bir gerilimle sabit tutulmaktadır. Eğer  $R_3$

direnci 15 volt'luk referans gerilimine bağlanmayıp başka bir giriş gerilimine bağlanırsa, çıkış gerilimi, giriş akımının,  $R_3$  direncindeki akıma logaritmik oranının bir fonksiyonu olur. Çıkış geriliminin antlogaritması giriş akımının oranına eşit olur. Eğer pay sabit tutulursa çıkış gerilimi giriş geriliminin tersi olur. Şekil 5'de gösterilen çarpıcı - bölücü devre esas



Şekil fi. Bölücü - çarpıcı devre ters abca devre olarak kullanılabilir.

olarak bir anülog üreticini (Şekil 3) süren bir log üreticidir (Şekil 1).

$A_x$  İşlem yükseltecinin çıkışı,  $V_j/V_s$ 'nin logaritmasına orantılı olan bir gerilimle  $T_3$  transistörünün bazını aürer.  $T_3$  transistörü  $V_3$ 'ün logaritmasını da ilâve ederek  $T_4$  antilog transistörünü sürer.  $T_4$ 'ün kollektör akımı  $A_4$  İşlem yükselteci ve  $R_7$  dirend ile çıkış gerilimine dönüştürülür. Çarpım faktörü  $R_7$  ile  $V^/IOV$ -i'ye ayarlanjr. Bu devrenin bir uygulaması, transistörlerde doğru akım kazancının ölçülmesidir.

Yüksek hassaslıkta geniş, bir dinamik çalgıma bölgesi elde etmek için girişte bulunan İşlem yükseltecinin kesim gerilimi, ön akımı ve kesim akımı düşük olmalıdır.  $-5^{\circ}\text{C}$   $-125^{\circ}\text{C}$  sıcaklık değerleri arasında LM108 işlem yükseltecdnin maksimum ön akımı 3 nA, kesim akı-

mı da 400 pA'dir. Eşit kaynak dirençleri kullanıldığında yalnız LM108'in kesim akımı hataya sebep olur. LM108'in kesim akımı, FET yükselteçlerinin kesim akımı kadar düşüktür. Üstelik FETlerde olduğu gibi her  $10^{\circ}\text{C}$  için İki misil olmıyan düşük bir sıcaklık katsayısı vardır. Bundan dolayı geniş bir sıcaklık bölgesinde FET yükselteçlerinden daha iyi bir hassaslık elde edilebilir. Düşük seviyedeki giriş gerilimine karşı hassaslığın arttırılması istenirse kesim gerilimi sıfırlanabilir.

Kaynaklar :

1. Dobkin, R. C, «Feedforward Compensatlon Speeds Op. Amp.», Linear Brtef 2, Semiconductor Corp., Nisan 1969.

# DUYURU

«HEİCO» Firmasınca imal edilen «1X40 W FLUORESANT REFLEKTÖR» Odamız tarafından incelettirilmiş, teknik gereklere uygun görüldüğünden, 1 HAZİRAN 1974 gününe kadar geçerli olmak üzere Odamızın KALİTE BELGESİ verilmiştir.

«HEİCO» Firmasınca imal edilen «2X40 W FLUORESANT REFLEKTÖR» Odamız tarafından incelettirilmiş, teknik gereklere uygun görüldüğünden 1 HAZİRAN 1974 gününe kadar geçerli olmak üzere Odamızın KALİTE BELGESİ verilmiştir.

«HEİCO» Firmasınca imal edilen «1X40 W FLUORESANT BAND» Odamız tarafından incelettirilmiş, teknik gereklere uygun görüldüğünden 1 HAZİRAN 1974 gününe kadar geçerli olmak üzere Odamızın KALİTE BELGESİ verilmiştir.

«HEİCO» Firmasınca imal edilen «2X40 W FLUORESANT BAND» Odamız tarafından incelettirilmiş, teknik gereklere uygun görüldüğünden 1 HAZİRAN 1974 gününe kadar geçerli olmak üzere Odamızın KALİTE BELGESİ verilmiştir.

«HEİCO» Firmasınca imal edilen «20 W YOL VERİCİLER» Odamız tarafından incelettirilmiş, teknik gereklere uygun görüldüğünden 1 HAZİRAN 1974 gününe kadar geçerli olmak üzere Odamızın KALİTE BELGESİ verilmiştir/

«HEİCO» Firmasınca imal edilen «40 W YOL VERİCİLER» Odamız tarafından incelettirilmiş, teknik gereklere uygun görüldüğünden 1 HAZİRAN 1974 gününe kadar geçerli olmak üzere Odamızın KALİTE BELGESİ verilmiştir.

«HEİCO» Firmasınca imal edilen «250 V FLUORESANT LAMBA DUYLARI» Odamız tarafından incelettirilmiş, teknik gereklere uygun görüldüğünden 1 HAZİRAN 1974 gününe kadar geçerli olmak üzere Odamızın KALİTE BELGESİ verilmiştir.

---

## TELEVİZYON EL KİTABI

- Televizyon alıcısı satın alırken gözönünde tutulacak faktörleri,
- Televizyon alıcı antenlerinin boyut ve özelliklerini,
- Müşterek televizyon antenlerinin özelliklerini ve kullanılmasını,
- Televizyon seyredirken nelere dikkat edilmesi gerektiğini, şekiller yardımı ile anlatan bir «Televizyon El Kitabı» Odamızca hazırlanmıştır.

Kitapçık yakında satışa sunulacaktır.



SANTRFÜJ

BETONARME

DİREK

FABRİKASI

ENERJİ NAKİL HATTI,  
ALÇAK GERİLİM.

AYDINLATMA DİREKLERİ

İmalât  
ve  
Montajı.

ESKİŞEHİR. İkiyül Cd. 75 Tel : 22 00

ANKARA-Mithatpaşa Cd. 314 Tel: 17 38 24