

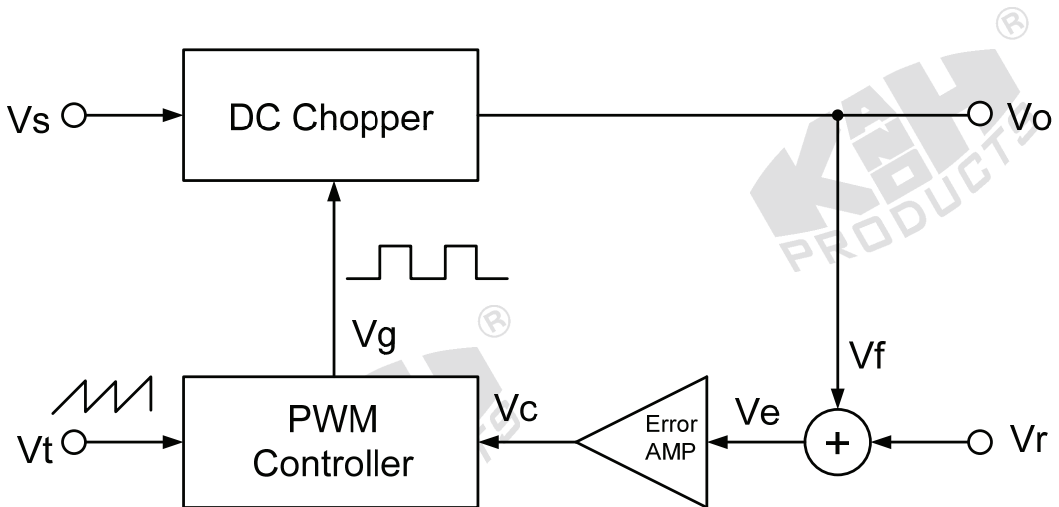
Bölüm 6 Güç Elektroniği Uygulamaları

6-1 Giriş

Şu ana kadar, üç tip güç çeviricisi ele aldık: ac'den dc'ye çevirici (doğrultucu), dc'den dc'ye çevirici (kıyıcı) ve dc'den ac'ye çevirici (evirici). Anahtarlama mod regülatör; dc-ac çevirici, ac-dc çevirici ve dc gerilim regülatörünün tümleşik bir uygulamasıdır. Elektronik balast devresi, bir evirici uygulamasıdır.

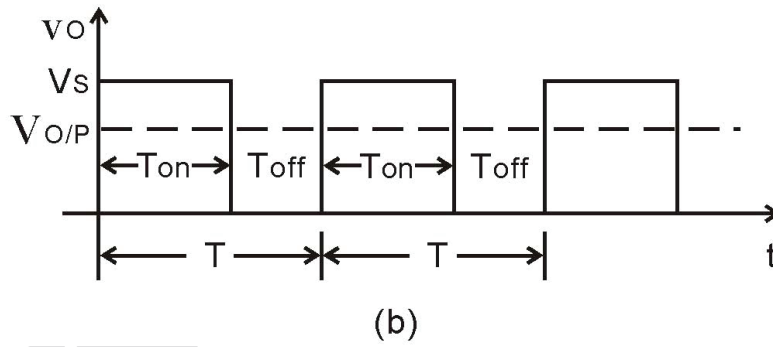
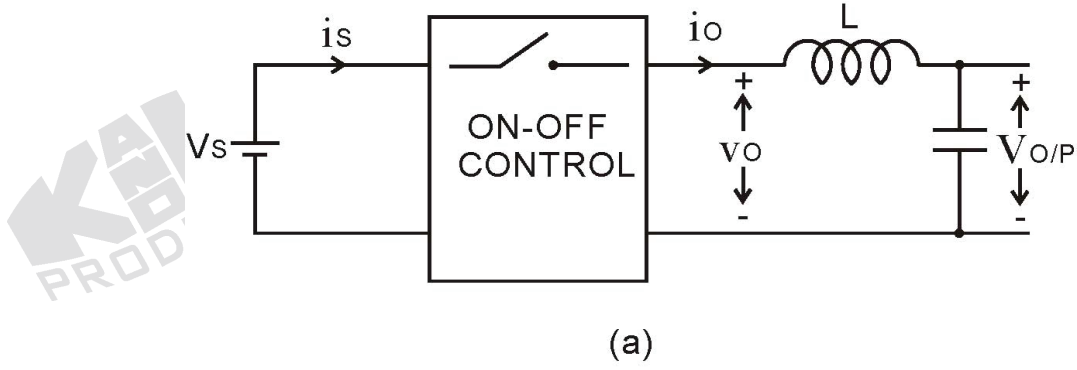
6-2 Temel Anahtarlama Güç Kaynakları

DC kıyıcılar, regüle edilmemiş dc gerilimi, regüle edilmiş dc çıkış gerilimine çevirmek için, anahtarlama mod regülatörler olarak kullanılabilir. Regülasyon genellikle, sabit bir frekansta, Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM) ile gerçekleştirilebilir ve anahtarlama elemanı genellikle, güç transistörü, güç MOSFET'i veya IGBT'dir. Temel anahtarlama güç kaynağı yada gerilim regülatörünün blok diyagramı, Şekil 6-1'de gösterilmiştir. Hata gerilimi V_e , çıkış geribesleme gerilimi V_f ile referans gerilim V_r 'nin karşılaştırılması ile elde edilir. Hata kuvvetlendirici, hata giriş gerilimini yükseltir ve onun çıkış gerilimi V_c , PWM denetleyicinin girişine gönderilir. PWM denetleyici, üçgen dalga V_t 'yi dc kontrol gerilimi V_c ile karşılaştırarak, PWM çıkış sinyali V_g 'yi üretir.



Şekil 6-1 Anahtarlama modlu regülatörün blok diyagramı

Anahtarlama mod regülatör, regüle edilmemiş bir dc gerilim girişini, bir anahtarlama elemanı ile kıyarak ve daha sonra bu kıyılmış çıkış gerilimini filtreleyerek çalışır. Anahtarlama elemanının doluluk boşluk oranını değiştirerek, çıkış gerilimi regüle edilebilir.



Şekil 6-2 Anahtarlama mod güç kaynağı

PWM'de, açık yada kapalı durumda çalışan güç anahtarlama elemanı, şekil 6-2(a)'da gösterildiği gibi, ideal bir elektromekanik anahtar olarak düşünülebilir. Şekil 6-2(b)'de gösterildiği gibi, anahtar kapalıyken (ON), çıkış gerilimi V_o kaynak gerilimi V_s 'ye eşittir; anahtar açıkken (OFF), çıkış gerilimi V_o , 0 olur. Çıkış akımındaki dalgalanma, ayrıca bir LC filtre ile filtrelenir ve çıkış gerilimi V_o , düzgün bir dc çıkış olur. Anahtarın kapalı (ON) olma süresi uzadıkça, daha büyük dc çıkış gerilimi elde edilir. Anahtar sürekli olarak kapatıldığında, maksimum çıkış gerilimi, kaynak gerilimi V_s 'ye eşit olur. Aksine, anahtar sürekli açık olduğunda, çıkış gerilimi 0'dır. Bu yüzden, çıkış gerilimi aralığı, 0'dan V_s 'ye kadardır.

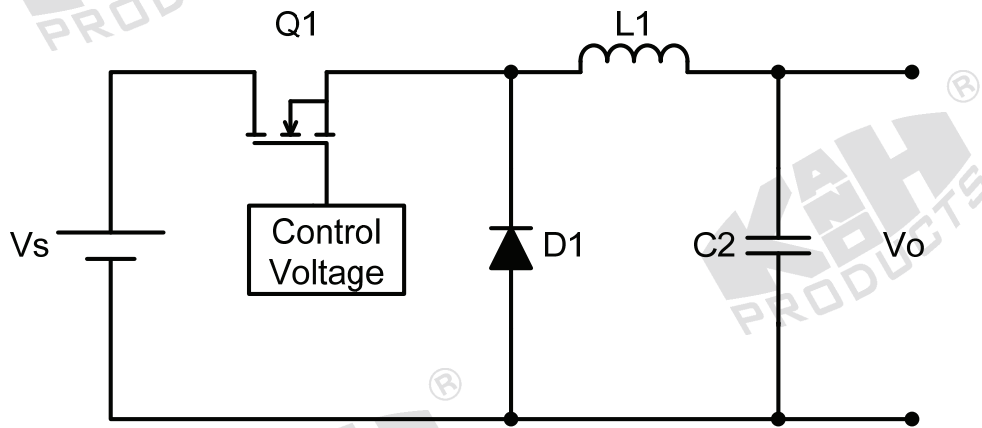
Anahtarlama elemanı, doyum yada kesim modunda çalıştırıldığı için, güç kayıpları minimum düzeydedir. Bu, anahtarlama mod regülatör için, yüksek verimlilik ve minimize edilmiş soğutucu gereksinimi sağlar. Eğer anahtarlama frekansı artırılırsa, filtre endüktansı ve kapasitesi küçültülebilir; bununla birlikte, artan anahtarlama frekansı, güç yarı iletken elemanlarının anahtarlama kayıplarını artırır; pratik uygulamalarda, anahtarlama frekansı 100KHz civarında seçilir.

Anahtarlama Güç Kaynağı Çeşitleri

Giriş ve çıkış gerilimleri arasındaki ilişkiye göre, anahtarlama dc güç kaynakları üç gruba ayrılabilir: alçaltan (buck), yükselten (boost), alçaltan-yükselten (buck-boost) regülatörler. Ayrıca, izole edilmiş geri-dönüslü (flyback) anahtarlama güç kaynağı, ticari uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

1. Alçaltan (Buck) Anahtarlama Güç Kaynağı

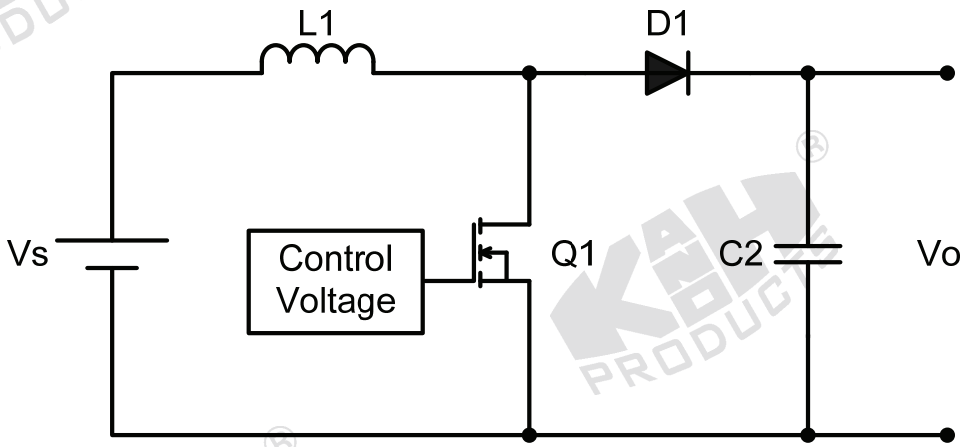
Şekil 6-3'te gösterildiği gibi, alçaltan bir anahtarlama güç kaynağının ortalama çıkış gerilimi, giriş gerilimi V_s 'den daha küçüktür ve 0 ile V_s arasında herhangi bir değerde olabilir. Alçaltan anahtarlama güç kaynağı, yüksek verimlilik ve basit konfigürasyon gibi avantajlara sahip olmakla birlikte, giriş ve çıkış arasında izolasyon olmaması, çıkışta yüksek dalgalanma, akım sınırlama zorluğu ve sadece bir çıkışa sahip olma gibi dezavantajlara sahiptir.



Şekil 6-3 Alçaltan anahtarlama güç kaynağı

2. Yükselten (Boost) Anahtarlama Güç Kaynağı

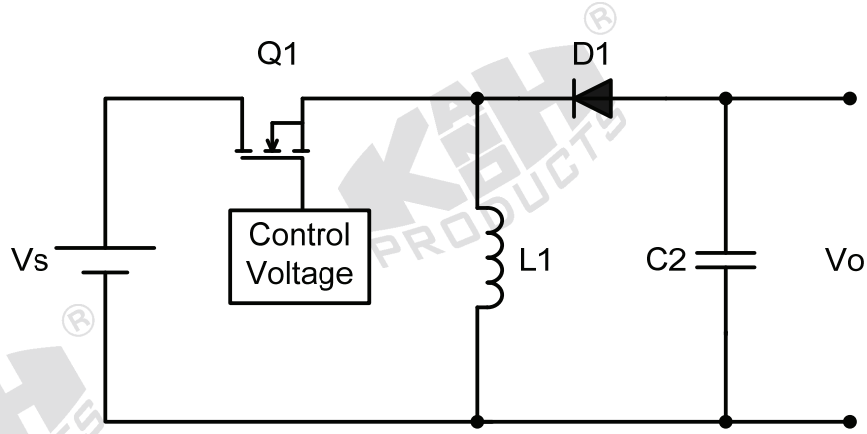
Şekil 6-4'te gösterilen yükselten anahtarlama güç kaynağında, ortalama çıkış gerilimi V_o , kaynak gerilimi V_s 'den daha büyüktür. Yükselten anahtarlama güç kaynağı, yüksek verimlilik ve basit konfigürasyon gibi avantajlara sahip olmakla birlikte, giriş ve çıkış arasında izolasyon olmaması, Q1'in yüksek sıçrama akımı, sadece bir çıkışa sahip olma ve minimum çıkış geriliminin kaynak gerilimi V_s 'ye eşit olması gibi dezavantajlara sahiptir. Çıkış terminallerinde bir kısa devre, kaynağın kısa devre olmasına sebep olabilir.



Şekil 6-4 Yükselten anahtarlama güç kaynağı

3. Alçaltan-Yükselten (Buck-Boost) Anahtarlama Güç Kaynağı

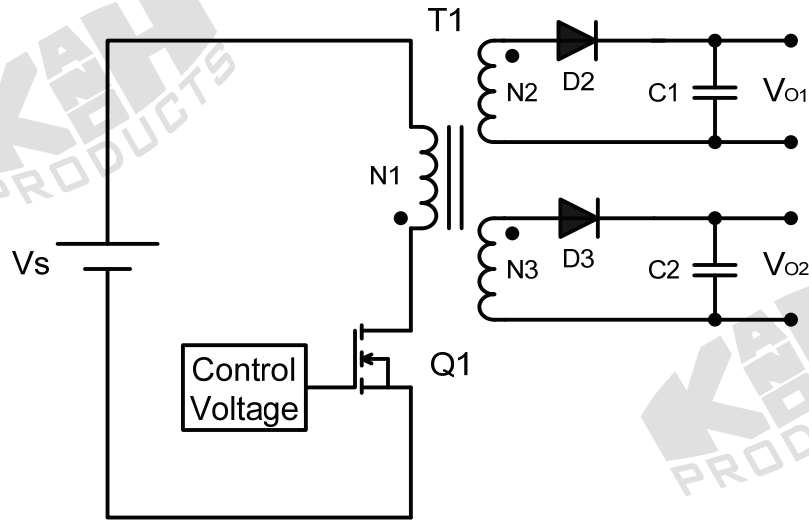
Şekil 6-5'te gösterilen, temel alçaltan-yükselten anahtarlama güç kaynağı devresi, kaynak geriliminden daha küçük (alçaltan) veya daha büyük (yükselten) olabilen bir ortalama çıkış gerilimi sağlar; fakat çıkış geriliminin polaritesi, giriş kaynak geriliminin polaritesinin tersidir. Alçaltan-yükselten anahtarlama güç kaynağı, geniş çıkış gerilimi aralığı ve basit konfigürasyon gibi avantajlara sahipken; giriş ve çıkış arasında izolasyon olmaması, negatif çıkış gerilim polaritesi, Q1 transistör akımında yüksek sıçrama, sadece bir çıkışa sahip olma ve zayıf geçici tepke gibi dezavantajlara sahiptir.



Şekil 6-5 Alçaltan-yükselten anahtarlamalı güç kaynağı

4. İzolasyonlu Geri-Dönüslü (Flyback) Anahtarlamalı Güç Kaynağı

Şekil 6-6, çıkış gerilimi, transformatörün dönüştürme oranı ile belirlenen, temel izolasyonlu geri-dönüslü anahtarlamalı güç kaynağı devresini göstermektedir. Bu güç kaynağı, geniş çıkış gerilimi aralığı, birden çok dc çıkış, giriş ve çıkış arasında elektriksel izolasyon gibi avantajlara sahipken, zayıf transformatör verimliliği ve daha yüksek çıkış dalgalanması gibi dezavantajlara sahiptir.



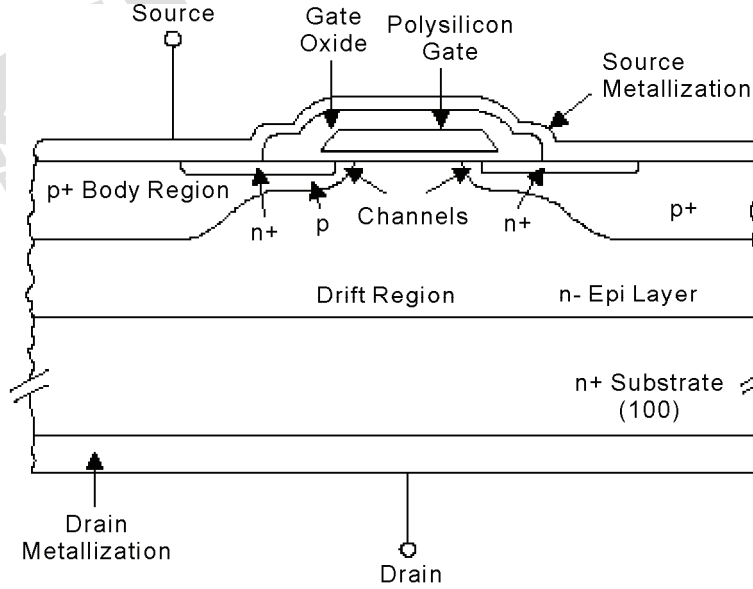
Şekil 6-6 İzolasyonlu geri-dönüslü anahtarlamalı güç kaynağı

6-3 Güç MOSFET

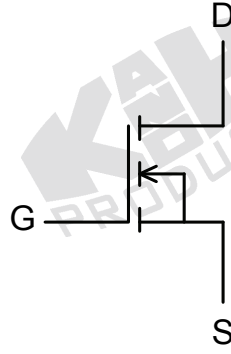
Güç Metal-Oksit-Yarıiletken FET (güç MOSFET), tek kutuplu ve gerilim kontrollü bir elemandır. Güç MOSFET, yüksek anahtarlama hızı, iyi yüksek-frekans karakteristiği, yüksek giriş empedansı, düşük sürücü gücü, mükemmel ısıl kararlılık, ikinci kırılmaya sahip olmama, geniş Güvenli Çalışma Alanı (SOA) ve yüksek çalışma doğrusallığı gibi özelliklere sahiptir. Düşük boyut ve ağırlık avantajları sayesinde, güç MOSFET, yüksek hız, yüksek güç, yüksek gerilim ve yüksek kazanç sağlar. Güç MOSFET, güç kaynakları, çeviriciler ve PWM sürücüler gibi yüksek güçlü anahtarlama uygulamalarında yaygın olarak kullanılır.

Güç MOSFET'in Yapısı

Güç MOSFET, birbiri ile paralel bağlanmış on binlerce küçük MOSFET içeren bir entegre güç elemanıdır. Şekil 6-7, n-kanallı güç MOSFET'in tipik yapısını ve devre sembolünü göstermektedir. İki yüksek katkılama düzeyine sahip n^+ bölgesi, kaynak ve savak terminallerini oluşturmaktadır. Kapı ve kanal arasında bir izolasyon tabakası (SiO_2) mevcuttur.



(a) Yapısı



(b) Devre sembolü

Şekil 6-7 N-kanallı güç MOSFET

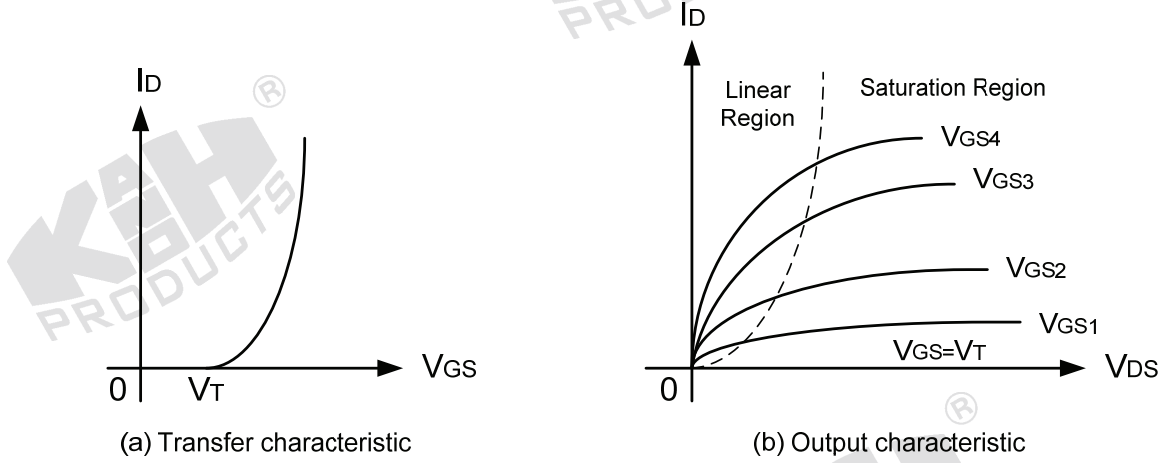
Şekil 6-7'de gösterilen güç MOSFET, 4-katmanlı $n^+(n^-)pn^+$ sandviç yapısına sahiptir. Düşük katkılamaya sahip n^- bölgesi, elemanın anma gerilimini arttıran sürüklenme bölgesidir. Bu elemanda, kaynak ile savak arasında ard arda iki adet pn jonksiyonu mevcuttur. Eğer kapı gerilimi uygulanmazsa, kaynak-savak geriliminin pozitif yada negatif olduğu her iki durumda da MOSFET kesimdedir.

Güç MOSFET'in Karakteristikleri

Güç MOSFET'in çıkış karakteristik eğrileri, biri sabit-direnç bölgesi diğeri sabit-akım bölgesi üzere iki farklı çalışma bölgesine sahiptir. Sabit-direnç bölgesinde savak akımı, savak-kaynak gerilimi daralma (pinchoff) gerilimine ulaşana kadar, savak-kaynak gerilimindeki artışla doğru orantılıdır. Bu noktanın ötesinde, savak akımı sabit kalır ve eleman sabit-akım bölgesinde çalışır.

Şekil 6-8, N-kanallı çoğalan tip (enhancement) MOSFET'in karakteristiklerini göstermektedir. Güç MOSFET elektronik anahtar olarak kullanıldığı zaman, savak-kaynak gerilimi V_{DS} , savak akımı I_D ile orantılıdır; yani MOSFET sabit-direnç bölgesinde çalışır ve dirençsel bir eleman olarak düşünülebilir. İletim durumu savak-kaynak direnci $R_{DS(on)}$, verilen bir savak akımı için güç kayıplarını belirleyen anahtar parametredir. Uygulanan kapı-kaynak gerilimi V_{GS} , eşik gerilimi V_T 'den (tipik olarak 2-4V) daha büyük olduğu zaman savak akımı akmaya başlar. Kapı-kaynak gerilimi, eşik gerilimini aştığı zaman, savak-akımı ve kapı gerilimi arasındaki ilişki yaklaşık olarak lineer olur.

Ortak-kaynak geçiş iletkenliği g_m yada g_{fs} , gc MOSFET'in ac yükseltmesini belirler. Bu parametre, savak-kaynak kısa devre iken, ac savak akımının, uygulanan ac kapı-kaynak gerilimi ile ne kadar değiştiğini gösterir.



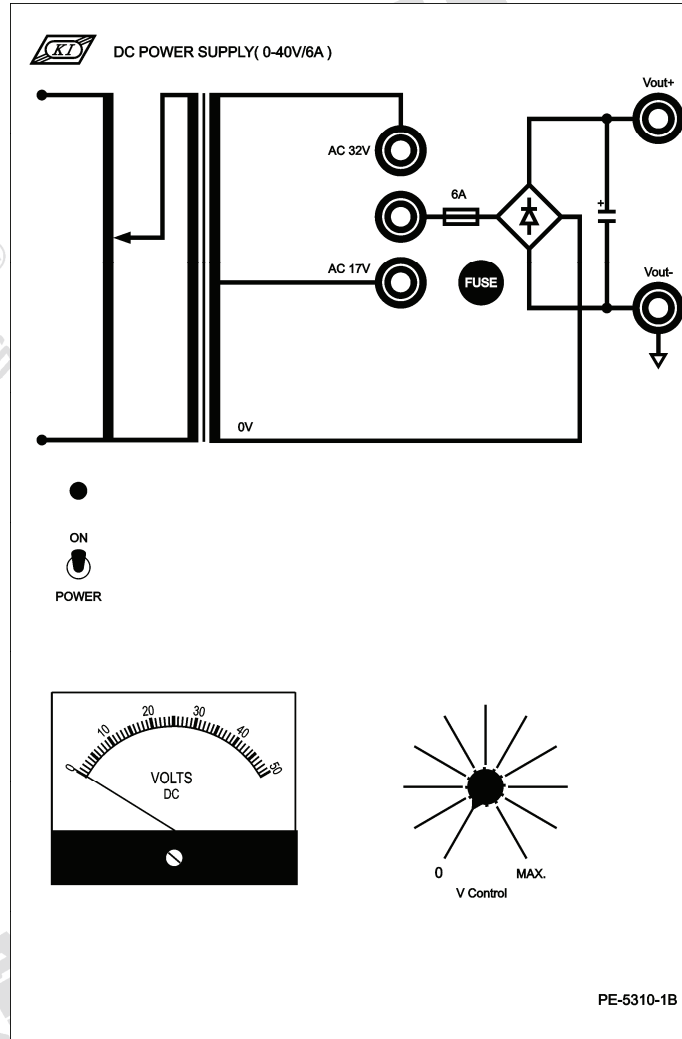
şekil 6-8 N-kanallı çoğalan-tip MOSFET karakteristikleri

6-4 Gereklil Deney Modüllerinin Tanıtımı

Bu bölümde aşağıdaki deney modülleri ve gereçler kullanılacaktır:

1. PE-5310-1B DC Gc Kaynağı
2. PE-5310-2B Fark Yükselteci
3. PE-5310-3A R.M.S ler
4. PE-5310-3B Gc ler
5. PE-5310-3D Direnç Yükü
6. PE-5310-4A Geri-dönüşlü Anahtarlamalı Gc Kaynağı
7. PE-5310-4B Alçaltan Anahtarlamalı Gc Kaynağı
8. PE-5310-4C Yükselten Anahtarlamalı Gc Kaynağı
9. PE-5310-4D Alçaltan-Yükselten Anahtarlamalı Gc Kaynağı
10. Dijital Belleklil Osiloskop (DSO)

6-4-1 PE-5310-1B DC Güç Kaynağı



Özellikler

1. AC giriş: 220V AC
2. DC çıkış: 0-20V/6A, 0-40V/6A
3. Aşırı yük korumalı

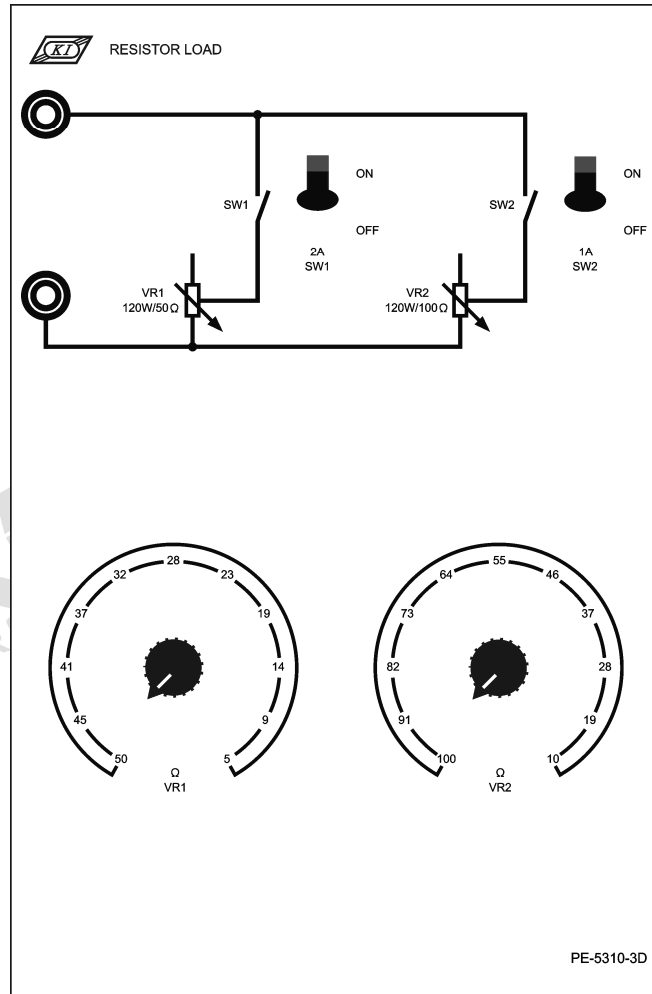
Amaç

Temel olarak bu modül, orta uçlu ikincil sargıya sahip bir ototransformatör, bir dc voltmetre, bir köprü doğrultucu ve bir filtre kapasitesinden oluşur. Bu modül, Alçaltan, Yükselten ve Alçaltan-Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı modülleri için gerekli olan dc giriş gerilimlerini sağlar. Köprü doğrultucuya bağlanabilecek iki ac gerilim mevcuttur: AC 17V ve AC 32V. Dc çıkış gerilimi voltmetrede gösterilir.

Kullanım

1. Topraklı 3-uçlu soketi kullanarak, 220 VAC gücü bu modüle bağlayın.
 2. Gerekli dc çıkış gerilimine bağlı olarak (0-20V yada 0-40V), AC17V yada AC32V terminalini, köprü doğrultucunun giriş terminaline bağlayın.
 3. Güç anahtarını ON konumuna getirin. DC voltmetreden istenen çıkış gerilim değerini okuyuncaya kadar V kontrol düğmesini yavaşça çevirin.
 4. AC17V ve AC32V terminallerini, köprü doğrultucuya aynı anda bağlamayın.
- Bu transformatörün zarar görmesine neden olabilir.

6-4-2 PE-5310-3D Direnç Yüğü



Özellikler

1. Değişken dirençler: 50Ω/120W (5Ω'dan 50Ω'a kadar) ve 100Ω/120W (10Ω'dan 100Ω'a kadar).
2. Nominal yük akımı: 50Ω'luk değişken direnç için 2A, 100Ω'luk değişken direnç için 1A.
3. Aşırı akım korumalı.

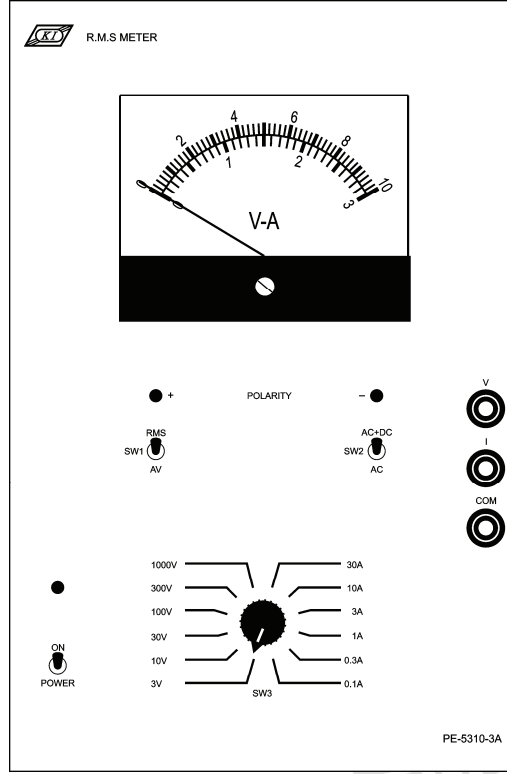
Amaç

Direnç yük modülü, anahtarlama güç kaynağı modülleri için saf dirençsel yük sağlar.

Kullanım

1. Sırasıyla 2A ve 1A nominal akım değerlerine sahip, 50Ω (5Ω'dan 50Ω'a kadar) ve 100Ω'luk (10Ω'dan 100Ω'a kadar) iki değişken direnç.
2. ON/OFF anahtarlarını OFF konumuna getirin ve Ω kontrol düğmesini maksimum konumuna getirin. Değişken dirençleri, anahtarlama güç kaynağının çıkışına paralel olarak bağlayın.
3. ON/OFF anahtarlarını ON konumuna getirin. Ω kontrol düğmesini, istenilen yük akım değerini elde etmek için, dikkatli bir şekilde çevirin.
4. Eğer gerekliyse, bir sigortayı, aynı nominal akım değerine sahip yeni bir sigorta ile değiştirin.

6-4-3 PE-5310-3A R.M.S. Ölçer



Özellikler

- Ölçüm aralığı:
 - Akım: 0.1/0.3/1/3/10/30A
 - Gerilim: 3/10/30/100/300/1000V
- Mevcut üç ölçüm yöntemi:
 - RMS ve AC+DC: Dc bileşenli ac gerilim veya akımın, rms değerini ölçmek için
 - RMS ve AC: saf ac gerilim veya akımın rms değerini ölçmek için
 - AV ve AC+DC: dc bileşenli ac gerilim veya akımın ortalama değerini ölçmek için
- Aşırı yük korumalı
- Polarite göstergeli: pozitif (+) ve negatif (-) gösterge LED'leri
- Doğruluk: %2 tam ölçek
- İşletme güç kaynağı: Tek-fazlı, 220V AC, 60Hz

Amaç

Güç elektroniği devrelerindeki gerilim yada akım, sinüzoidal olabilir veya olmayabilir. Analog avometre, döner bobinli bir alettir (gerçekte dc akım ölçer), ölçülecek ac sinyal önce doğrultulur ve sinüzoidal dalğanın etkin değeri ile ölçeklenir. Bundan dolayı, analog avometreler, güç elektroniği devrelerindeki sinüzoidal olmayan gerilim ve akımların ölçümü için uygun değildir. Eğer sinüzoidal olmayan bir sinyal analog avometre ile ölçülürse, okunan değer yanlış ve anlamsızdır.

PE-5310-3A R.M.S Ölçer modülü (gerçek RMS tasarım), güç elektroniği devrelerinde kullanılan sinüzoidal veya sinüzoidal olmayan sinyallerin ölçümü için uygundur.

RMS Ölçer, ölçülen sinyalin tipini, aralığını ve değerini seçmek için üç seçici anahtar içermektedir.

1. V/I Aralık seçici anahtarı, gerilim ve akım ölçümü için.
2. RMS/AV seçici anahtarı, ortalama değer (AV) veya rms değer (RMS) ölçümü için.
3. AC+DC/AC seçici anahtarı, ac artı dc bileşen (AC+DC) veya saf ac için.

Tablo 6-1, seçici anahtarların kombinasyonlarını göstermektedir.

Tablo 6-1 Seçici anahtarların kombinasyonları

| | RMS | AV |
|-------|--|--|
| AC+DC | ac+dc sinyalin RMS değeri veya toplam RMS değer. | ac+dc sinyalin ortalama değeri yada dc bileşen |
| AC | Sadece ac sinyalin RMS değeri veya dalgalı sinyalin rms değeri | |

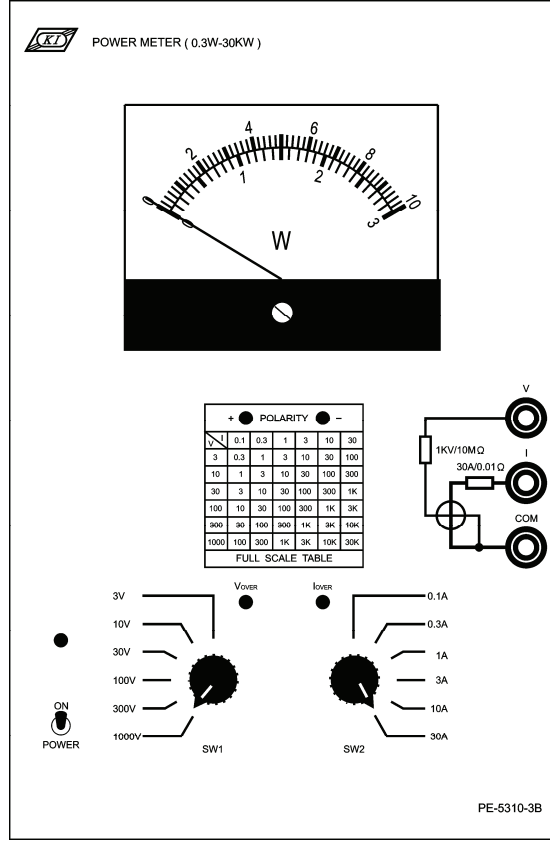
Gerilim sargısı, oldukça büyük iç dirence (10M Ω) ve akım sargısı oldukça küçük iç dirence (0.01 Ω) sahip olduğundan, yükleme etkisi ihmal edilebilir.

(-) POLARITY gösterge LED'i yandığı zaman, ölçülen değer doğrudur fakat gerilim polaritesi veya akım yönü terstir.

Kullanım

1. Topraklı üç uçlu fiş kullanarak, bu modüle, 220V AC kaynak bağlayın.
2. Bir gerilim değerini ölçmek için, V ve COM terminallerini, devre veya elemana paralel bağlayın. Bir akım değerini ölçmek için, I ve COM terminallerini, devre veya elemana seri bağlayın.
3. Sinyal tipini ve ölçüm yöntemini seçin; Örneğin, ortalama değer ölçmek istiyorsanız, RMS/AV ve AC+DC/AC seçici anahtarlarını, sırasıyla AV ve AC+DC konumlarına getirin.
4. V/I Aralık seçici anahtarını uygun bir konuma getirin; örneğin, 220V ölçmek için 300V, gösterge ibresi alttaki 0-3 skalasında, 2.2 konumunda durmalıdır. Eğer gerilim ve akım değeri bilinmiyorsa, V/I Aralık seçici anahtarını en yüksek aralığa getirin ve okuduğunuz değere göre, yüksekte alçağa doğru değiştirin. Doğru ölçümler için, V/I Aralık seçici anahtarını her zaman ölçülecek değer için bir üst kademesine ayarlayın.
5. Güç anahtarını ON konumuna getirin ve ölçülen değeri okuyun.
6. **Not:** Bir gerilim değerini ölçmek için, devre veya eleman, V ve COM terminalleri ile paralel bağlanmalıdır. Eğer devre veya eleman, I ve COM terminalleri ile paralel bağlanırsa, akım ölçer düşük iç dirence sahip olduğu için, kısa devre meydana gelir.

6-4-4 PE-5310-3B Güç Ölçer



Özellikler

1. Ölçme aralığı: 0.3W - 30kW
 - (1) Akım: 0.1/0.3/1/3/10/30A (rms)
 - (2) Gerilim: 3/10/30/100/300/1000V (rms)
2. Ölçülen frekans aralığı: 0 ~ 20kHz
3. Aşırı yük korumalı
4. Aşırı akım ve aşırı gerilim göstergeli
5. Doğruluk : %2 tam ölçek
6. İşletme güç kaynağı: Tek-fazlı, 220V AC, 60Hz

Amaç

Bu modül, ac ve dc devrelerde etkin gücü (reel güç) ölçmek için kullanılır. Etkin güç, $P=VI\cos\theta$ denklemi ile hesaplanır. Burada, V gerilim, I akım ve $\cos\theta$ güç faktörüdür. Dc devrelerde, $\cos\theta =1$ olduğu için, $P=VI$ 'dir. Ac devrelerde, görünür gücün $S=VI$ ve reaktif gücün (wattsız güç) $Q=VI\sin\theta$ olduğu unutulmamalıdır.

Düzenli ac ve dc devrelerde, etkin güç ortalama güce eşittir, ancak titreşimli bir dc devrede (örneğin, doğrultulmuş çıkış), etkin güç ortalama güce eşit değildir. Güç Ölçer, titreşimli dc'nin etkin gücünü ölçmek için kullanılabilir.

Titreşimli dc'nin ortalama gücünü ölçmek için, RMS ölçer (seçici anahtarlar AC+DC ve AV konumunda) kullanarak, ortalama gerilim ve ortalama akım ölçülür ve daha sonra bu iki değer çarpılır. RMS ölçer ile ac devrelerde görünür gücü ölçmek için, seçici anahtarlar AC+DC ve RMS konumlarına getirilip, sırasıyla rms gerilim ve rms akım ölçülür ve daha sonra bu iki değer çarpılır.

Bu modül, + ve - POLARITY göstergelerine sahiptir. Eğer bobinlerde biri ters olarak bağlanırsa (Güç Ölçer, bir gerilim bobini ve bir akım bobini içerir), (-) POLARITY gösterge LED yanacaktır, bu durumda okunan güç hala doğrudur.

Eğer aşırı gerilim V_{OVER} veya aşırı akım I_{OVER} göstergesi yanarsa, bu, giriş gerilim veya akımının çok yüksek olduğunu gösterir. Bu durumda, V Aralık yada I Aralık seçici anahtarını, daha yüksek bir kademeye getirin.

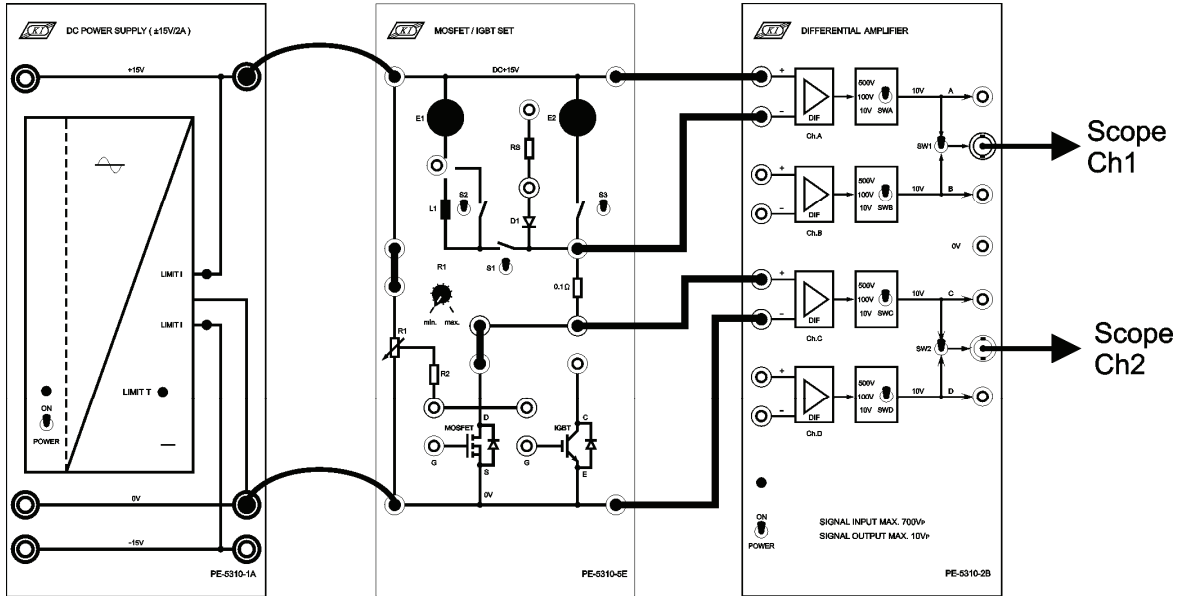
Kullanım

1. Topraklı üç uçlu fiş kullanarak, bu modüle, 220V AC kaynak bağlayın.
2. Bu modül üç test giriş terminaline sahiptir: V, I ve COM. V ve I terminalleri, sırasıyla dahili gerilim ve akım bobinlerine bağlıdır. COM terminali iki bobin için ortaktır. V ve COM terminalleri, devre yada elemana paralel olarak bağlanmak zorunda iken, I ve COM terminalleri devre yada eleman ile seri bağlanmak zorundadır.
3. Ölçülecek akım ve gerilim değerlerine göre, V ve I Aralık seçici anahtarlarını uygun konuma getirin. Eğer ölçüm sırasında, V_{OVER} yada I_{OVER} gösterge LED'i yanarsa, bu, V Aralık seçici anahtarı (SW1) yada I Aralık seçici anahtarı (SW2)'nin, düşük kademede olduğunu gösterir.
4. Gerilim aralığı, akım aralığı ile çarpılarak, Tam-Ölçek Tablosunda listelenen, tam-ölçek güç değeri elde edilir. Tam-ölçek güç değeri, 3'ün katı ise, güç değerini altta bulunan 0~3 ölçeğinden okuyun. Tam-ölçek güç değeri, 10'un katı ise, güç değerini üstte bulunan 0~10 ölçeğinden okuyun.
5. Ölçülen etkin güç, okunan gücün katsayı ile çarpımına eşittir.

Deney 6-0 Güç MOSFET Karakteristik Ölçümü

1. Dijital Bellekli Osiloskobu (DSO), çalışma masasına yerleştirin. PE-5310-1A, PE-5310-5E, PE-5310-2B modüllerini Deney Düzeneğinin üzerine koyun.

2. Bağlantı kabloları ve köprüleme klipslerini (eğik çizgiler) kullanarak, şekil 6-9'daki bağlantı diyagramını yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. Topraklı üç uçlu fişleri kullanarak, DC Güç Kaynağı ve Fark Yükselteci modüllerine, 220V AC kaynak bağlayın.

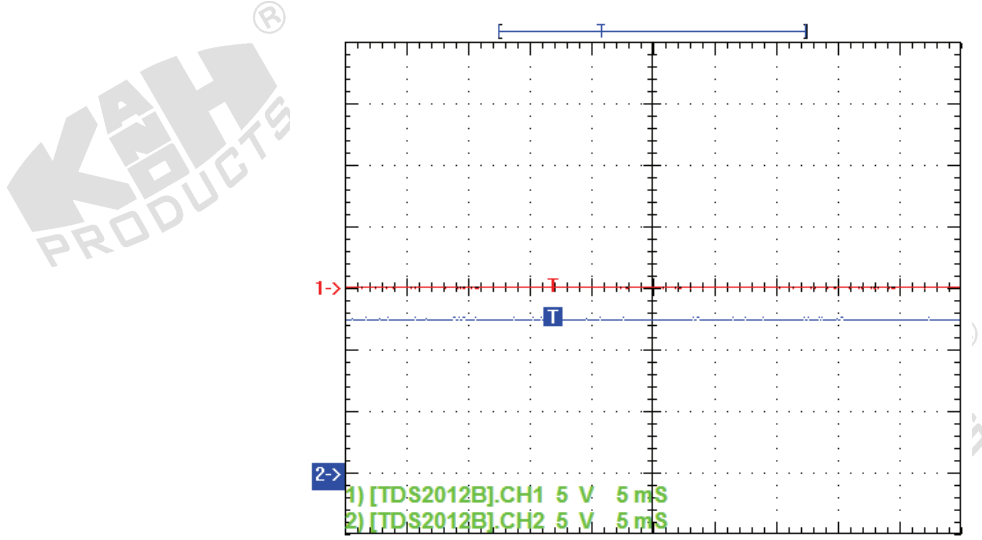


Şekil 6-9 Güç MOSFET Karakteristik ölçümü için bağlantı diyagramı

3. Osiloskobun CH1 girişi, Fark Yükseltecindeki Ch.A üzerinden, Güç MOSFET'in V_L yük gerilimini ölçmek için kullanılırken, CH2 girişi, Fark Yükseltecindeki Ch.C üzerinden, Güç MOSFET'in D-S gerilimi V_{DS} 'yi ölçmek için kullanılır.

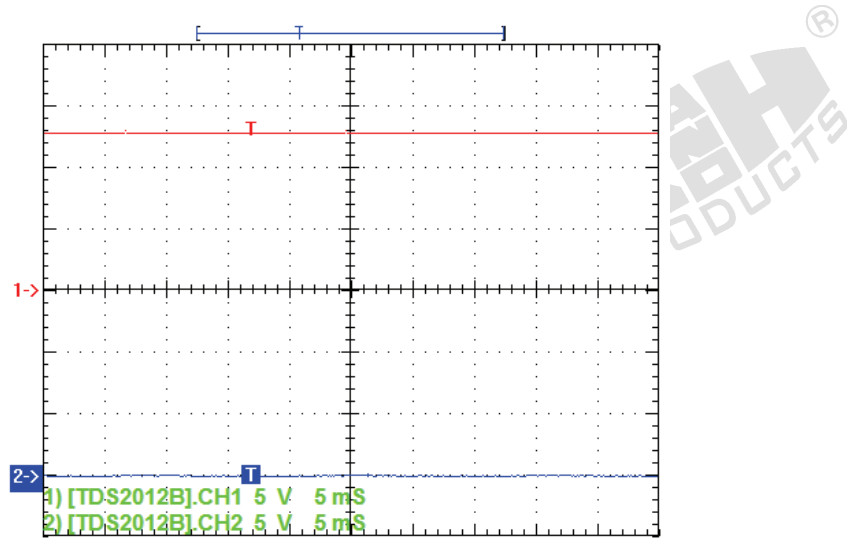
4. Fark Yükseltecinde Ch.A ve Ch.C için V Aralık seçici anahtarlarını (SWA,SWC), 100 V konumuna ($V_i / V_0 = 10$) ve Ch Seçici (SW1, SW2) anahtarlarını sırasıyla A ve C konumlarına getirin.

- MOSFET/IGBT Setinde, E1 ve E2 lamba yüklerini paralel bağlamak için S1(sol konum), S2(üst konum) ve S3(üst konum) anahtarlarını açın. R1 düğmesini minimum konuma getirin. BU, MOSFET'in V_G kapı gerilimini sıfıra ayarlar.
- Tüm güç kaynaklarını açın. MOSFET'in V_{DS} D-S gerilimini ve V_L yük gerilimini, şekil 6-10'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



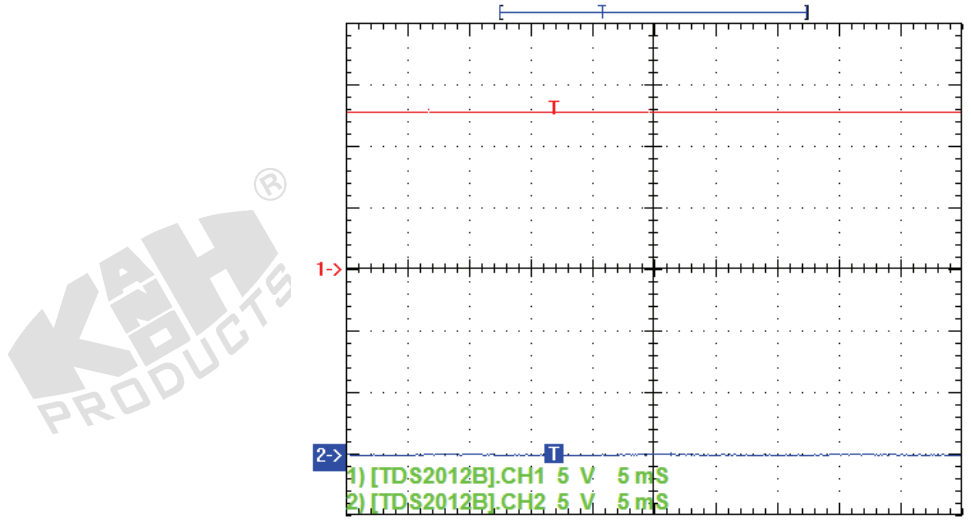
Şekil 6-10 Ölçülen V_L yük gerilimi (CH1) ve V_{DS} (CH2)

- MOSFET iletme geçinceye kadar V_G kapı gerilimini artırmak için, R1 düğmesini yavaşça maksimum konumuna doğru çevirin. Ölçülen yük gerilimi V_L (CH1) ve V_{DS} D-S gerilimi (CH2), şekil 6-11'de gösterilmiştir. RMS Ölçeri kullanarak (bağlantı diyagramında gösterilmemiştir), kapı gerilimini ölçün ve kaydedin $V_G = \underline{\hspace{2cm}}$ V (yaklaşık 4.1V). Ölçülen V_G değeri, MOSFET'in V_T kapı eşik gerilimidir.



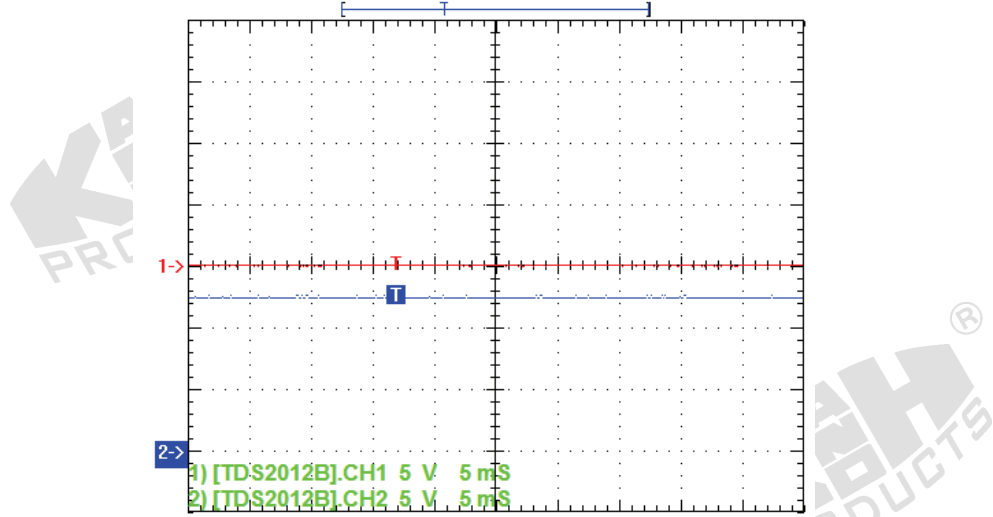
Şekil 6-11 Ölçülen V_L yük gerilimi (CH1) ve V_{DS} (CH2)

8. R1 düğmesini maksimum konumuna getirin (V_G maksimum). MOSFET'in V_{DS} D-S gerilimini ve V_L yük gerilimini, şekil 6-12'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-12 Ölçülen V_L yük gerilimi (CH1) ve V_{DS} (CH2)

9. R1 düğmesini minimum konumuna getirin (V_G minimum). IGBT'nin V_{DS} D-S gerilimini ve V_L yük gerilimini, şekil 6-13'te gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-13 Ölçülen V_L yük gerilimi (CH1) ve V_{DS} (CH2)

Deney 6-1

Alçaltan (Buck) Anahtarlama Güç Kaynağı

DENEYİN AMACI

1. Alçaltan anahtarlama regülatörün çalışma prensibini anlamak.
2. Gerilim regülasyonunda negatif geri beslemenin etkilerini anlamak.
3. Alçaltan anahtarlama regülatörün çıkışındaki dalgalılığı ve tam-yük regülasyonu ölçmek.
4. Alçaltan anahtarlama regülatör devresinde, anahtarlama elemanının gerilim dalga şekillerini ölçmek.
5. PWM denetleyicinin çıkış sinyalini ölçmek.

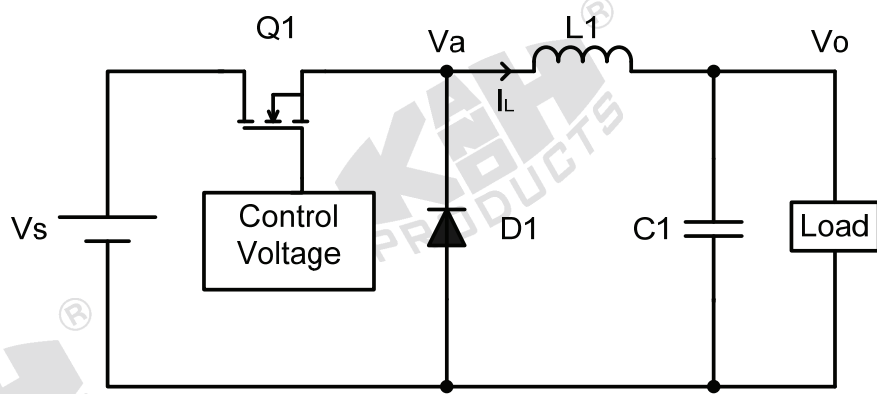
GENEL BİLGİLER

Basit bir alçaltan anahtarlama güç kaynağı devresi, şekil 6-1-1'de gösterilmiştir. MOSFET Q1 iletimde olduğunda, V_a gerilimi, kaynak gerilimi V_s 'ye eşit olur ve C1 kapasitesi, doğrusal olarak artan I_L endüktans akımı ile şarj olur. Q1 kesimde olduğunda, V_a sıfıra eşit olur, L1 endüktansında depolanan enerji, şekil 6-1-2'de gösterildiği gibi, yüke aktarılmaya başlar. Endüktans akımının sıfıra eşit olmadığını kabul ederek (endüktans akımı I_L sürekli), V_a 'nın ortalama değeri, Q1'in iletim süresi (t_{on}) ile belirlenir. Şekil 6-1-1'deki devrede,

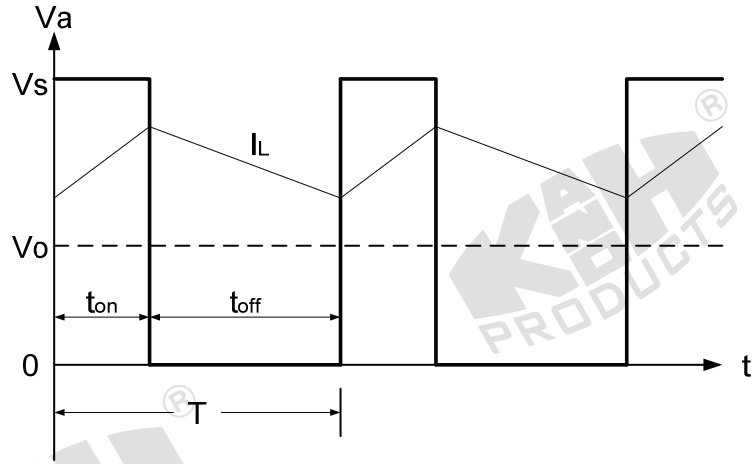
$$V_a = L \frac{di}{dt} + V_o$$

$$L \frac{di}{dt} = V_a - V_o$$

$$L di = \int_{ON} (V_a - V_o) dt + \int_{OFF} (V_a - V_o) dt$$



Şekil 6-1-1 Temel alçaltan anahtarlamalı güç kaynağı



Şekil 6-1-2 Alçaltan anahtarlamalı güç kaynağı (sürekli endüktans akımı)

Kararlı durumda, akımdaki değişim $di/dt=0$ 'dır, Q1 MOSFET'i ve D1 diyodu iletimdedir, bundan dolayı iletim süresi boyunca $V_a=V_s$ ve kesim süresi boyunca $V_a=0$ 'dır. Böylece yukarıdaki denklem, aşağıdaki gibi yeniden yazılabilir:

$$0 = Ldi = \int_0^{t_{on}} (V_s - V_o)dt + \int_{t_{on}}^{t_{on}+t_{off}} (-V_o)dt$$

$$(V_s - V_o)t_{on} - V_o t_{off} = 0$$

$$V_o = V_s \frac{t_{on}}{T}$$

(6-1-1)

Doluluk boşluk oranı D şu şekilde tanımlanır;

$$D = \frac{t_{on}}{T}$$

Çıkış gerilimi aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$V_o = DV_s \quad (6-1-2)$$

V_o çıkış gerilimi, doluluk boşluk oranı yada dc kıyıcının iletim süresi ile orantılıdır. Ortalama yük gerilimi, dc kıyıcının iletim süresini kontrol ederek değiştirilir. Normalde, regülasyon, sabit bir kıyıcı periyodu T ve değişken iletim süresi t_{on} durumunda, PWM tarafından gerçekleştirilir. Devrenin hiç kayba sahip olmadığını kabulederseniz, giriş gücü çıkış gücüne eşittir.

$$V_o I_o = V_s I_s$$

Buradan

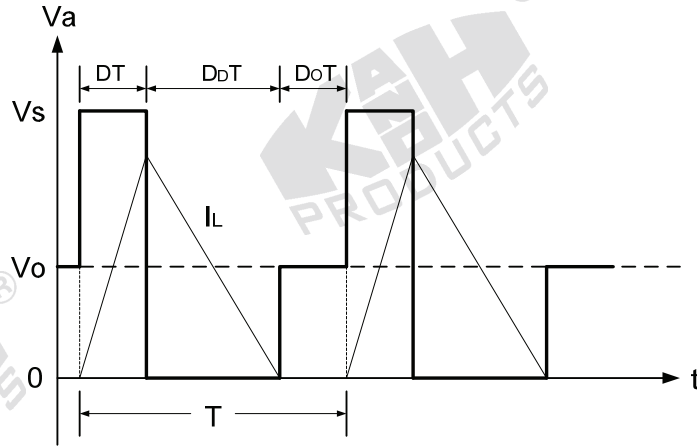
$$I_s = DI_o$$

Yukarıdaki denklem, I_L endüktans akımının sürekli ve sıfırdan büyük olduğu varsayımına dayalıdır.

Eğer I_L endüktans akımı sürekli değilse, Q1 MOSFET'i kesimdeyken, şekil 6-1-3'te gösterildiği gibi, I_L akımı iki kısma ayrılabilir, $D_D T$ süresinde D_1 diyodu iletimdedir ve $D_D T$ süresince diyot akımı 0'dır. Çıkış gerilimi aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$(V_s - V_o)DT + (0 - V_o)D_D T = 0$$

$$V_o = V_s \frac{D}{D + D_D} \quad (6-1-3)$$



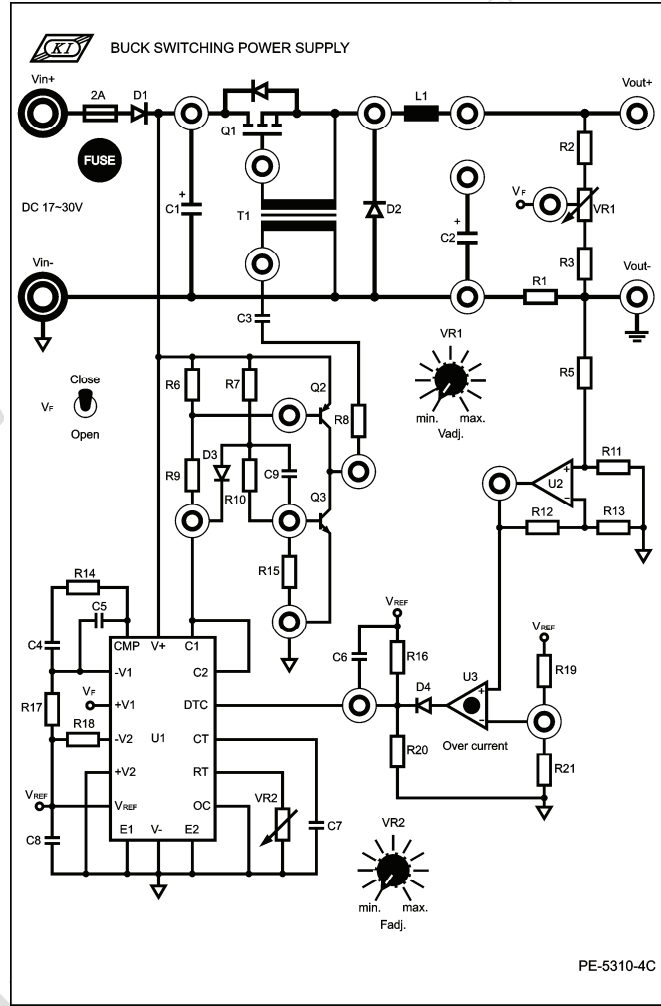
Şekil 6-1-3 Alçaltan anahtarlama güç kaynağı (sürekli olmayan endüktans akımı)

PE-5310-4C Alçaltan Anahtarlama Güç Kaynağı Modülü

Şekil 6-1-4, PE-5310-4C Alçaltan Anahtarlama Güç Kaynağı modülünün devresini göstermektedir. Bu şekilde, D1 diyodu, negatif giriş gerilimini engellemek için kullanılır. Bu modülün giriş gerilim aralığı, 17V ile 30V arasındadır; çıkış gerilimleri VR1 (Vadj kontrol) ile 10V - 15V arasında ayarlanır ve maksimum çıkış akımı 2A'dir.

Alçaltan anahtarlama regülatör, güç devresi ve kontrol devresi kısımlarına ayrılabilir. Güç devresi temel olarak, Q1, D2, L1 ve C2 ana elemanlarından oluşan bir azalan dc kıyıcıdır. Kontrol devresi, PWM denetleyici, sürücü devre, aşırı akım koruma devresi ve çıkış gerilimi geri besleme devresinden oluşmuştur.

Kontrol devresinin kalbi, bir osilatör (RT ve CT girişleri), 5V referans regülatör (V_{REF} çıkış), bir PWM karşılaştırıcı, bir ölü zaman karşılaştırıcı (DTC giriş), iki hata yükseltici (+V1 ve -V1 girişler, +V2 ve -V2 girişler), iki çıkış transistörü (C1 ve E1 çıkışlar, C2 ve E2 çıkışlar), flip flop ve bir çıkış kontrol devresinden (OC giriş) oluşan, U1 PWM denetleyicisidir. U1, 7V ile 40V arasındaki güç kaynağı gerilimlerinde çalışabilir.



Şekil 6-1-4 PE-5310-4C Alçaktan Anahtarlamalı Güç Kaynağı modülü

Testere dişi osilatörün frekansı, C7 ve VR2 (Fadj kontrol) tarafından belirlenir ve $f \approx 1.1 / (VR2 \times C7)$ denklemi ile hesaplanabilir.

Daha yüksek sürücü akımlarına sahip olmak için, denetleyici çıkış transistörleri paralel bağlanır (C1 ve C2 birleştirilir) ve çıkış kontrol ucu (OC) tek-tarafli çalışma için toprağa bağlanır. Çıkış anahtarlama frekansı, osilatörün frekansına eşit olacaktır. PWM çıkışı alçak olduğunda, push-pull yükseltecin (Q2 ve Q3) Q2 transistörü iletime geçerken, ileri yönde kutuplanmış D3 diyodu, Q3'ün baz gerilimini alçak yaptığı için Q3 tranzistörü kesime gider. Böylece, T1 transformörü ile bağlanan pozitif kapılama sinyali sayesinde, Q1 güç MOSFET'i iletimde olur. PWM çıkışı yüksek olduğunda, Q2 kesime gider ve ters yönde kutuplanmış D3 diyodu, Q3'ün baz gerilimini yüksek yaptığı için Q3 tranzistörü iletime gider. Böylece, kapılama sinyali olmadığı için, Q1 güç MOSFET'i kesimdedir.

Sabit 5V referans gerilimi V_{REF} , R17 üzerinden, hata yükseltici 1'in tersleyen girişine (-V1) bağlanır. R2, VR1 ve R3'ten oluşan gerilim bölücüden gelen çıkış geri besleme gerilimi V_F , hata yükseltici 1'in (V_F anahtarı Close konumunda) terslemeyen girişine (+V1) bağlanır. Geri besleme gerilimi V_F , direk olarak çıkış gerilimi V_{OUT} ile orantılıdır ve Vadj kontrolü (VR1) kullanılarak ayarlanır. V_{REF} ve V_F arasındaki fark, hata yükseltici tarafından yükseltilir. Hata yükselticinin çıkışı, PWM sinyalinin doluluk boşluk oranını ve Q1 güç MOSFET'inin iletim süresini değiştirmek için, PWM karşılaştırıcının girişine beslenir. Sonuç olarak, çıkış geriliminin, geri besleme devresi vasıtası ile ayarlanan değerde kalması sağlanabilir ve böylece gerilim regülasyonu gerçekleştirilmiş olur.

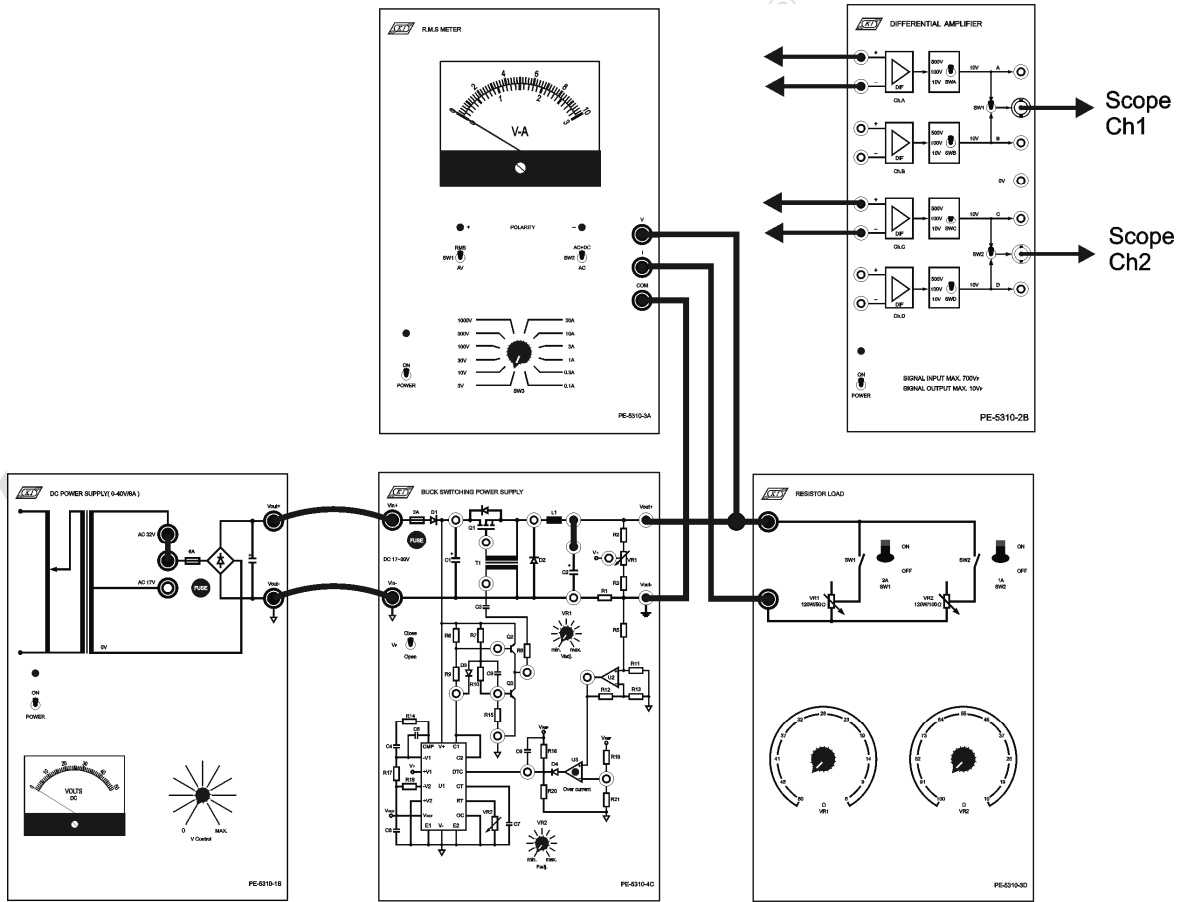
Aşırı akım koruma devresi, aşırı yük akımından dolayı güç elemanlarının zarar görmesini engellemek için kullanılır. Koruma devresi; akım duyarlı R1 direnci, U2 terslemeyen yükseltici ve U3 aşırı akım karşılaştırıcısından oluşmuştur. R1 üzerindeki gerilim düşümünün genliği, direk olarak çıkış akımı ile orantılı olduğundan, çıkış akımı arttıkça gerilim düşümü de artacaktır. Gerilimdeki bu artış terslemeyen yükselteç U2 tarafından yükseltilir ve çıkış, aşırı akım karşılaştırıcı U3'ün terslemeyen girişine beslenir. Normal çalışma durumunda, U3'ün tersleyen girişindeki gerilim, terslemeyen girişindeki gerilimden büyüktür (V_{REF} , R19 ve R21 ile maksimum akım ayarı), U3 çıkışı alçaktır. Eğer çıkış akımı, ayarlanan maksimum akımı aşarsa, aşırı akım karşılaştırıcı U3, ölü zaman karşılaştırıcının DTC girişine yüksek seviyeli gerilim üretecektir. Bu, PWM sinyalin doluluk boşluk oranını artırır ve Q1'in iletim süresini azaltır, bu yüzden çıkış gerilimi düşer. Aynı zamanda, aşırı akım gösterge LED'i yanar.

KULLANILACAK ELEMANLAR

1. PE-5310-1B DC Güç Kaynağı x1
2. PE-5310-2B Fark Yükseltici x1
3. PE-5310-3A R.M.S. Ölçer x1
4. PE-5310-4C Alçaltan Anahtarlamalı Güç Kaynağı x1
5. PE-5310-3D Direnç Yüğü x1
6. Dijital Bellekli Osiloskop (DSO) x1
7. Bağlantı Kabloları
8. Köprüleme Klipsleri

DENEYİN YAPILIŞI

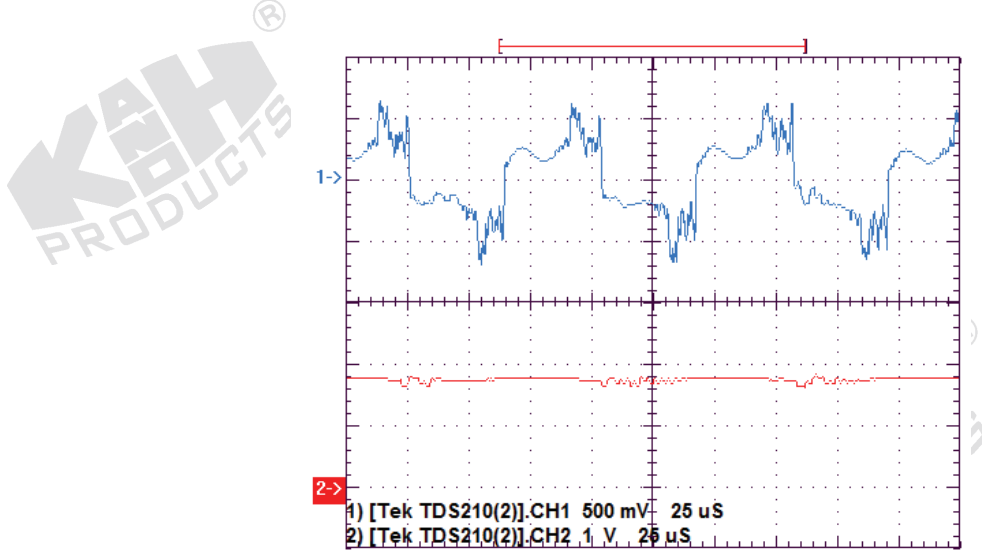
1. PE-5310-1B, PE-5310-4C, PE-5310-3A ve PE-5310-3D modüllerini Deney Düzeneğinin üzerine koyun. Dijital Bellekli Osiloskobu (DSO) ve PE-5310-3D modülünü çalışma masasına yerleştirin. Topraklı üç uçlu fişleri kullanarak, DC Güç Kaynağı, Fark Yükseltici ve R.M.S. Ölçer modüllerine, 220V AC kaynak bağlayın.
2. Tüm güç kapalıyken, Şekil 6-1-5'teki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. DC Güç Kaynağı modülünü kapatın. Direnç Yüğü modülü üzerindeki ON/OFF anahtarını OFF konumuna getirin ve Ω kontrol düğmesini, saatin dönüş yönünün tersine tam olarak çevirin. R.M.S. Ölçeri açın.
3. DC güç kaynağı modülünde, V kontrol düğmesini 0 konumuna getirin. DC Güç Kaynağını açın ve dc çıkış gerilimi $V_{out}=20V$ olacak şekilde (Voltmetreden okuyun), V kontrol düğmesini ayarlayın. R.M.S Ölçerde, RMS/AV Seçici anahtarını(SW1), RMS konumuna, AC/AC+DC Seçici anahtarını(SW2), AC+DC konumuna ve V/I Aralık Seçici anahtarını(SW3), 30V konumuna getirin.



Şekil 6-1-5 Alçaltan anahtarlamalı güç kaynağı ölçümü için bağlantı diyagramı

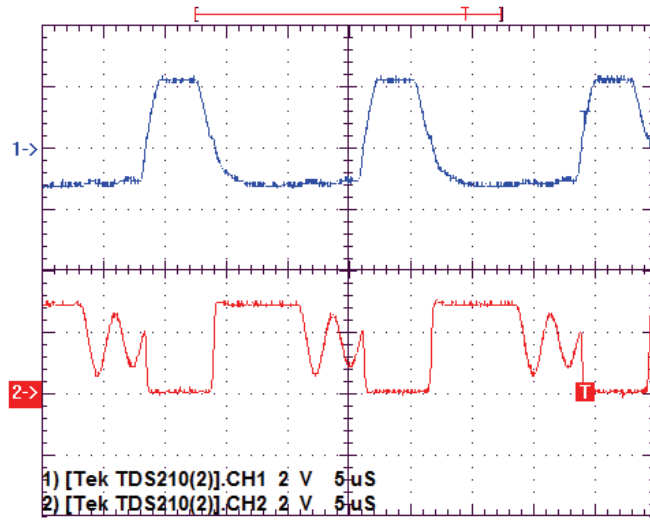
4. Alçaltan Anahtarlamalı Güç Kaynağı modülünde, V_F anahtarını Close konumuna getirin ve V_{adj} kontrol düğmesini (VR1), min'e ayarlayın. Minimum çıkış gerilimini = _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 10V). V_{adj} kontrol düğmesini (VR1), max'a ayarlayın. Maksimum çıkış gerilimini = _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 15V).
5. DC Güç Kaynağının V kontrol düğmesini, giriş gerilimi $V_{in+}=30V$ olacak şekilde ayarlayın. Alçaltan Anahtarlamalı Güç Kaynağı modülünde, V_{adj} kontrol düğmesini (VR1), min'e ayarlayın. Minimum çıkış gerilimini = _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 10V). V_{adj} kontrol düğmesini (VR1), max'a ayarlayın. Maksimum çıkış gerilimini = _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 15V).
6. Alçaltan Anahtarlamalı Güç Kaynağı modülünde, V_{adj} kontrol düğmesini (VR1), yüksüz çıkış gerilimi $V_{NL}=12V$ olacak şekilde ayarlayın.

7. Fark Yükseltecinde, V Aralık Seçici anahtarlarını (SWA,SWC), Ch.A için 10V ve Ch.C için 100V konumlarına, Ch Seçicilerini (SW1,SW2) A ve C konumlarına getirin. Ch.A girişlerini, Q1'in G ve S terminallerine (+ G'ye, -S'ye) ve Ch.C girişlerini, Q1'in D ve S terminallerine (+ D'ye, - S'ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-1-6'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-1-6 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, yüksüz

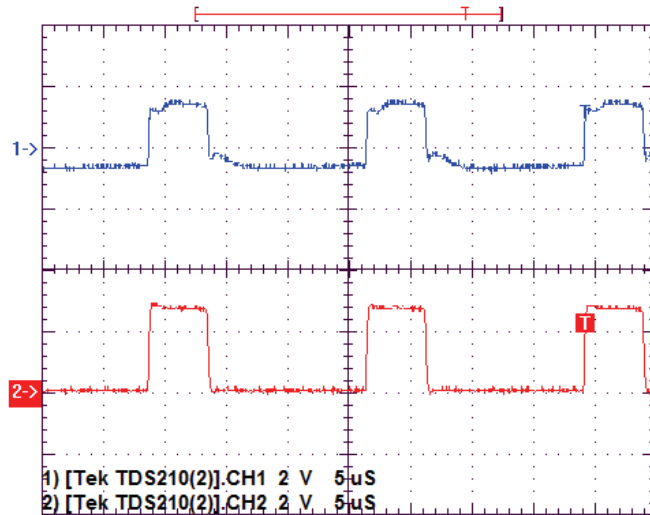
8. Direnç Yük modülünde, ON/OFF anahtarlarını ON konumuna getirin. R.M.S. Ölçerin V/I Aralık Seçici anahtarını(SW3), 3A konumuna getirin. Yük akımını yaklaşık 1.9A yapmak için, Ω kontrol düğmelerini dikkatli bir şekilde çevirin. **Not: 50 Ω ve 100 Ω 'luk yük dirençlerini, sırasıyla 6 Ω ve 12 Ω 'dan küçük değerlere ayarlamayın.** Fark Yükselteci modülünde, Ch.A ve Ch.C için V Aralık Seçicilerini (SWA,SWC) 100V konumuna getirin. Osiloskop kullanarak, V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-1-7'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-1-7 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük

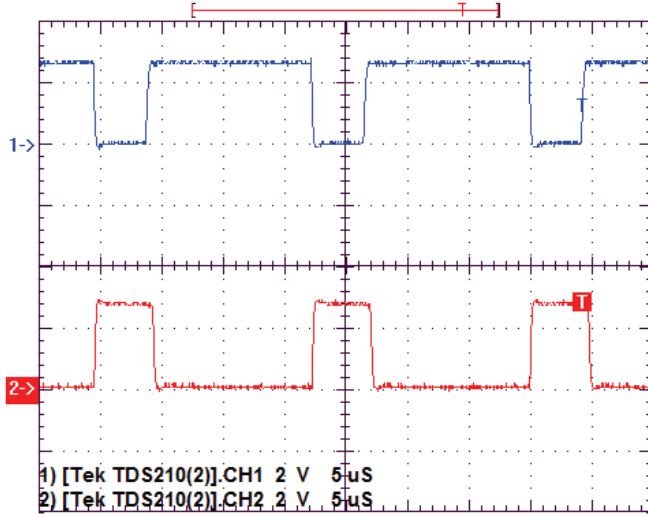
9. Q1'in iletim süresini = _____ μs (yaklaşık $6\mu s$) ve Q1'in kesim süresini = _____ μs (yaklaşık $12\mu s$) ölçün ve kaydedin.

10. Yük akımını 1.9A'de tutun (tam yük). Fark Yükseltecinin Ch.A girişlerini, T1 transformatörünün primerine (+ T1 primerine, - Vin'-ye) ve Ch.C girişlerini, push-pull yükseltecin (Q2 ve Q3) çıkışına (+ çıkışa, - Vin'-ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, T1 primer sargısının giriş sinyalini ve push-pull yükselteç çıkış sinyalini, şekil 6-1-8'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-1-8 Ölçülen V_{T1} (CH1) ve push-pull yükselteç çıkışı (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük

11. Yük akımını 1.9A'de tutun (tam yük). Fark Yükseltecinin Ch.A girişlerini, PWM çıkışına (+ U1'in C1'ine, - Vin'ye) bağlayın ve Ch.C girişlerini değiştirmeyin. Osiloskop kullanarak, PWM çıkış sinyalini ve push-pull yükselteç çıkış sinyalini, şekil 6-1-9'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-1-9 Ölçülen PWM çıkışı (CH1) ve push-pull yükselteç çıkışı (CH2), tam yük

12. Yük akımını 1.9A'de tutun (tam yük). R.M.S. Ölçeri kullanarak, tam yük çıkış gerilimini $V_{FL} = \underline{\hspace{2cm}}$ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 11.8V).
13. 6.adımdaki V_{NL} 'yi ve 11.adımdaki V_{FL} 'yi, $(V_{NL} - V_{FL})/V_{FL} \times 100$ denkleminde yerine koyarak, tam yük regülasyon yüzdesini hesaplayın = $\underline{\hspace{2cm}}$ % (yaklaşık %1.7).
14. 50Ω'un ON/OFF anahtarını, OFF konumuna ve 100Ω'un Ω kontrol düğmesini 100 konumuna getirerek, yük direncini 100Ω olarak ayarlayın.
15. Alçaltan Anahtarlamalı Güç Kaynağı modülünde, V_{adj} kontrol düğmesini max'a ayarlayın ve R.M.S. Ölçeri kullanarak, geri besleme gerilimini ölçün ve kaydedin $V_F = \underline{\hspace{2cm}}$ V (yaklaşık 5V). V_{adj} kontrol düğmesini min'e ayarlayın, R.M.S. Ölçeri kullanarak geri besleme gerilimini ölçün ve kaydedin $V_F = \underline{\hspace{2cm}}$ V (yaklaşık 5V).

16. V_F anahtarını Open konumuna getirin, V_{adj} 'yi min'e ayarlayın, geri besleme gerilimini ölçün ve kaydedin $V_F = \underline{\hspace{2cm}}$ V (yaklaşık 13.5V). V_F anahtarını Open konumuna getirin, V_{adj} 'yi max'a ayarlayın, geri besleme gerilimini ölçün ve kaydedin $V_F = \underline{\hspace{2cm}}$ V (yaklaşık 9V).

KAH
PRODUCTS®

KAH
PRODUCTS®

KAH
PRODUCTS®

KAH
PRODUCTS®

KAH
PRODUCTS®

Deney 6-2 Yükselten (Boost) Anahtarlama Güç Kaynağı

DENEYİN AMACI

1. Yükselten anahtarlama regülatörün çalışma prensibini anlamak.
2. Gerilim regülasyonunda negatif geri beslemenin etkilerini anlamak.
3. Yükselten anahtarlama regülatörün çıkışındaki dalgalılığı ve tam-yük regülasyonu ölçmek.
4. Yükselten anahtarlama regülatör devresinde, anahtarlama elemanının gerilim dalga şekillerini ölçmek.
5. PWM denetleyicinin çıkış sinyalini ölçmek.

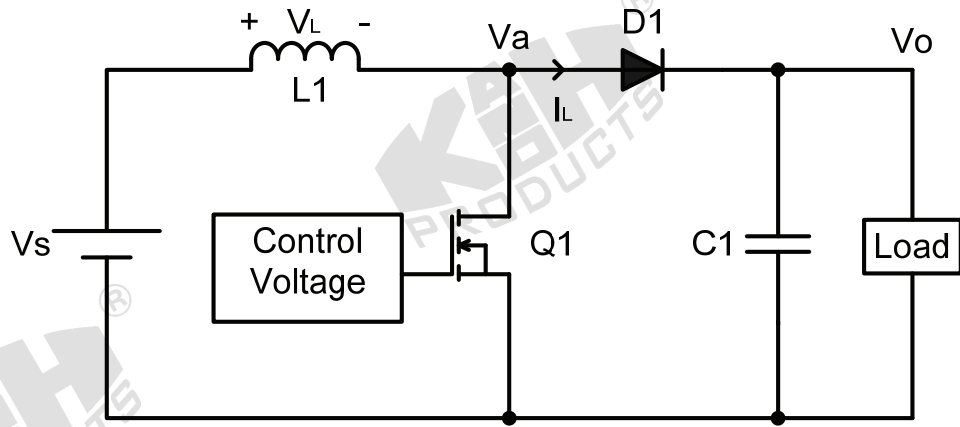
GENEL BİLGİLER

Basit bir yükselten anahtarlama güç kaynağı devresi, şekil 6-2-1'de gösterilmiştir. MOSFET Q1 iletimde olduğunda, $V_a=0$ olur, giriş akımı yükselir ve L1 endüktansı ve Q1 MOSFET'i üzerinden akar. Endüktans akımı I_L doğrusal olarak artar. Q1 MOSFET'i kesimde olduğunda, V_L gerilimi, V_S kaynak gerilimi eksi V_O çıkış gerilimine eşittir, I_L endüktans akımı, D1, C1 ve yük üzerinden akar ve Q1 MOSFET'i tekrar iletime geçene kadar azalır. Endüktansta depolanan enerji yüke aktarılır. Yükselten anahtarlama güç kaynağının gerilim ve akım dalga şekilleri şekil 6-2-2'de gösterilmiştir. Endüktans akımının sürekli olduğu kabul edilirse,

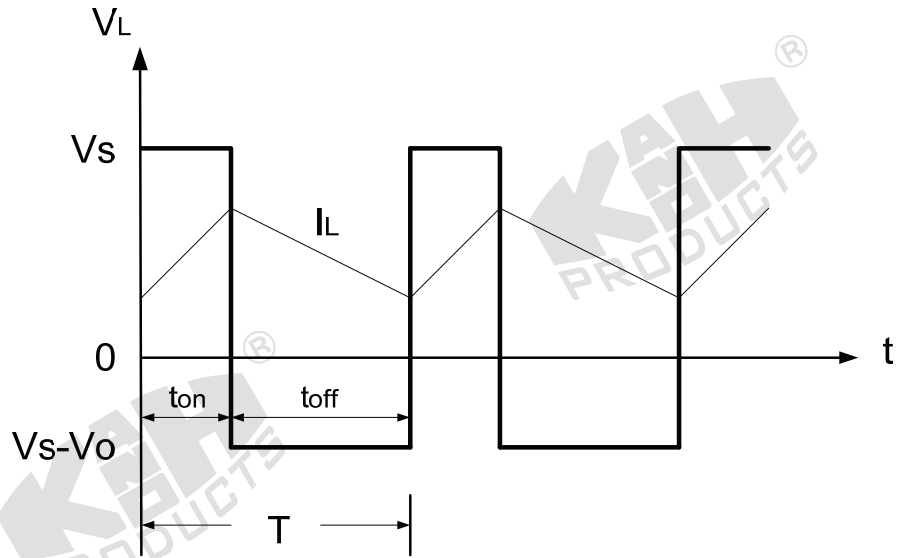
$$V_S T_{on} + (V_S - V_O) T_{off} = 0$$

Buradan

$$V_O = V_S \frac{T}{T_{off}} = V_S \frac{1}{1-D} \quad (6-2-1)$$



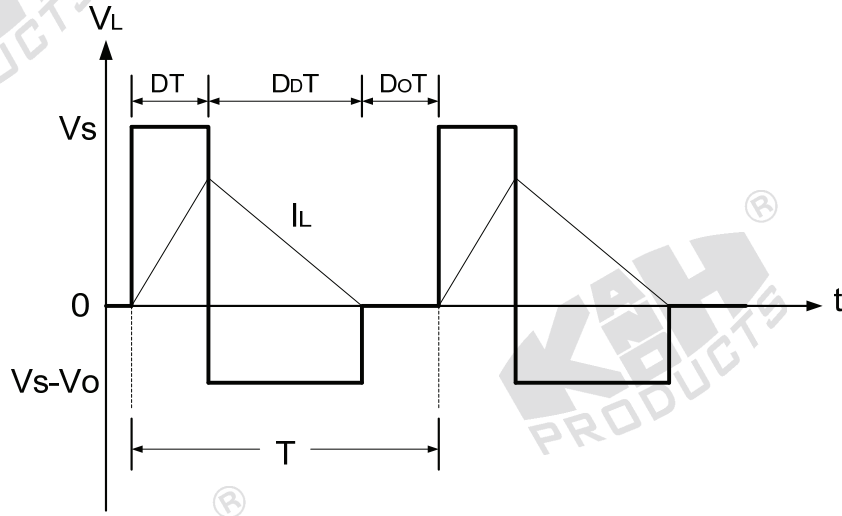
Şekil 6-2-1 Temel yükselten anahtarlamalı güç kaynağı



Şekil 6-2-2 Yükselten anahtarlamalı güç kaynağı (sürekli endüktans akımı)

Denklem (6-2-1)'e göre, çıkış gerilimi, D doluluk boşluk oranı ve V_s kaynak gerilimi tarafından belirlenir. Doluluk boşluk oranı D , 0 ile 1 arasında bir değerdir. Doluluk boşluk oranı $D=0$ iken, $Q1$ MOSFET'i daima kesimdedir ve V_o çıkış gerilimi, V_s kaynak gerilimine eşittir. Pratikte çıkış gerilimi sonsuz olamayacağı için, $D=1$ durumu mümkün değildir.

Şekil 6-2-3, sürekli olmayan endüktans akımı durumunda, yükselten anahtarlamalı güç kaynağının endüktans gerilimi ve akımının dalga şekillerini göstermektedir. Q1 MOSFET'i iletimdeyken, V_L endüktans gerilimi, V_s kaynak gerilimine eşittir. Q1 MOSFET'i kesimdeyken, V_L endüktans gerilimi, V_s kaynak gerilimi ile V_o çıkış gerilimi arasındaki gerilim farkına eşittir. I_L endüktans akımı, D1, C1 ve yük üzerinden akar. Endüktansta depolanan enerji tamamen aktarılnca, V_L endüktans gerilimi 0 olur.



Şekil 6-2-3 Yükselten anahtarlamalı güç kaynağı (sürekli olmayan endüktans akımı)

Şekil 6-2-3'te görünen endüktans akımına göre,

$$V_s DT = (V_o - V_s) D_D T$$

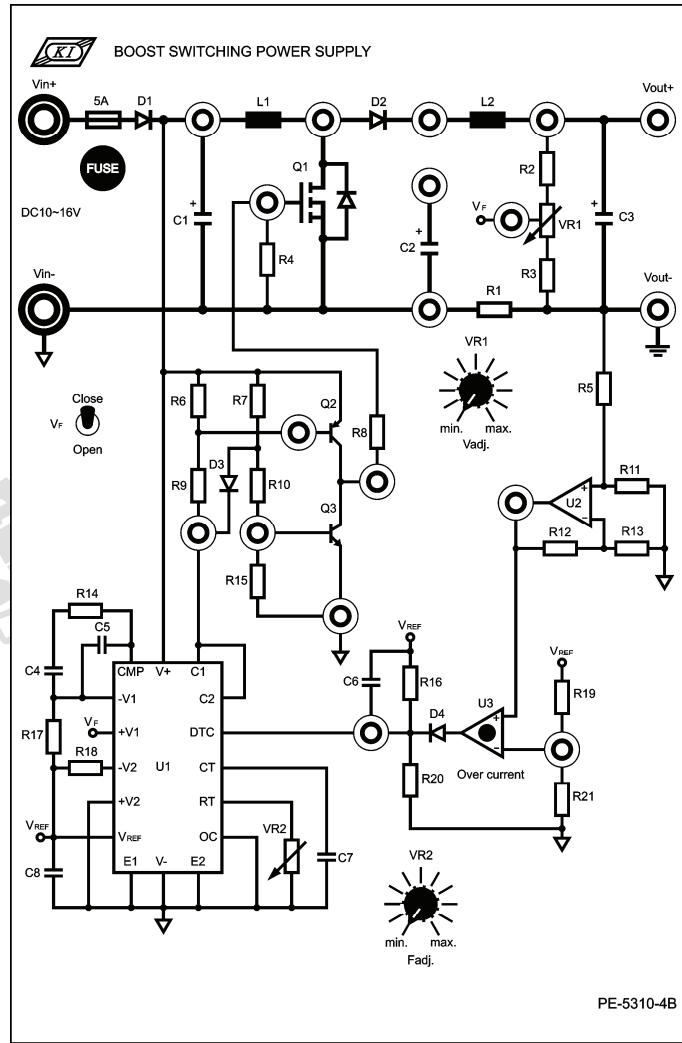
Bundan dolayı

$$V_o = V_s \frac{D + D_D}{D_D}$$

(6-2-2)

PE-5310-4B Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı Modülü

Şekil 6-2-4, Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı modülünün devresini göstermektedir. Önceki deneyde ele alınan alçaltan anahtarlama güç kaynağı ile karşılaştırılırsa, yükselten anahtarlama güç kaynağının güç devresinde, çıkış gerilimindeki dalgalanmayı azaltmak için, ekstra L2 filtre endüktansı ve C2 filtre kapasitesi kullanıldığı görülür. İzin verilen giriş gerilimi, 10V'dan 16V'a kadardır, çıkış gerilimleri, VR1'in (V_{adj} kontrolü) ayarlanması ile 18V'dan 30V'a kadar olabilir ve maksimum çıkış akımı 2A'dir.



Şekil 6-2-4 Yükselten anahtarlama güç kaynağı modülü

Q1 MOSFET'inin kaynak terminali (S), direk olarak dc kaynağın negatif terminali Vin-'ye bağlandığından dolayı, darbe tranformatörüne gerek yoktur. Kontrol devresinin kalbi, bir osilatör (RT ve CT girişleri), 5V referans regülatör (V_{REF} çıkışı), bir PWM karşılaştırıcı, bir ölü zaman karşılaştırıcı (DTC giriş), iki hata yükselteci (+V1 ve -V1 girişler, +V2 ve -V2 girişler), iki çıkış transistörü (C1 ve E1 çıkışlar, C2 ve E2 çıkışlar), flip flop ve bir çıkış kontrol devresinden (OC giriş) oluşan, U1 PWM denetleyicisidir. U1, 7V ile 40V arasındaki güç kaynağı gerilimlerinde çalışabilir.

Testere dişi osilatörün frekansı, C7 ve VR2 (Fadj kontrol) tarafından belirlenir ve $f \approx 1.1/(VR2 \times C7)$ denklemi ile hesaplanabilir.

Daha yüksek sürücü akımlarına sahip olmak için, denetleyici çıkış transistörleri paralel bağlanır (C1 ve C2 birleştirilir) ve çıkış kontrol ucu (OC) tek-tarafli çalışma için toprağa bağlanır. Çıkış anahtarlama frekansı, osilatörün frekansına eşit olacaktır. PWM çıkışı alçak olduğunda, push-pull yükseltecin (Q2 ve Q3) Q2 transistörü iletime geçerken, ileri yönde kutuplanmış D3 diyodu, Q3'ün baz gerilimini alçak yaptığı için Q3 tranzistörü kesime gider. Böylece, kapısına bağlanan pozitif kapılama sinyali sayesinde, Q1 güç MOSFET'i iletimde olur. PWM çıkışı yüksek olduğunda, Q2 kesime gider ve ters yönde kutuplanmış D3 diyodu, Q3'ün baz gerilimini yüksek yaptığı için Q3 tranzistörü iletime gider. Böylece, kapılama sinyali olmadığı için, Q1 güç MOSFET'i kesimdedir.

Sabit 5V referans gerilimi V_{REF} , R17 üzerinden, hata yükselteci 1'in tersleyen girişine (-V1) bağlanır. R2, VR1 ve R3'ten oluşan gerilim bölücüden gelen çıkış geri besleme gerilimi V_F , hata yükselteci 1'in (V_F anahtarı Close konumunda) terslemeyen girişine (+V1) bağlanır. Geri besleme gerilimi V_F , direk olarak çıkış gerilimi V_{OUT} ile orantılıdır ve Vadj kontrolü (VR1) kullanılarak ayarlanır. V_{REF} ve V_F arasındaki fark, hata yükselteci tarafından yükseltilir. Hata yükseltecinin çıkışı, PWM sinyalinin doluluk boşluk oranını ve Q1 güç MOSFET'inin iletim süresini değiştirmek için, PWM karşılaştırıcının girişine beslenir. Sonuç olarak, çıkış geriliminin, geri besleme devresi vasıtası ile ayarlanan değerde kalması sağlanabilir ve böylece gerilim regülasyonu gerçekleştirilmiş olur.

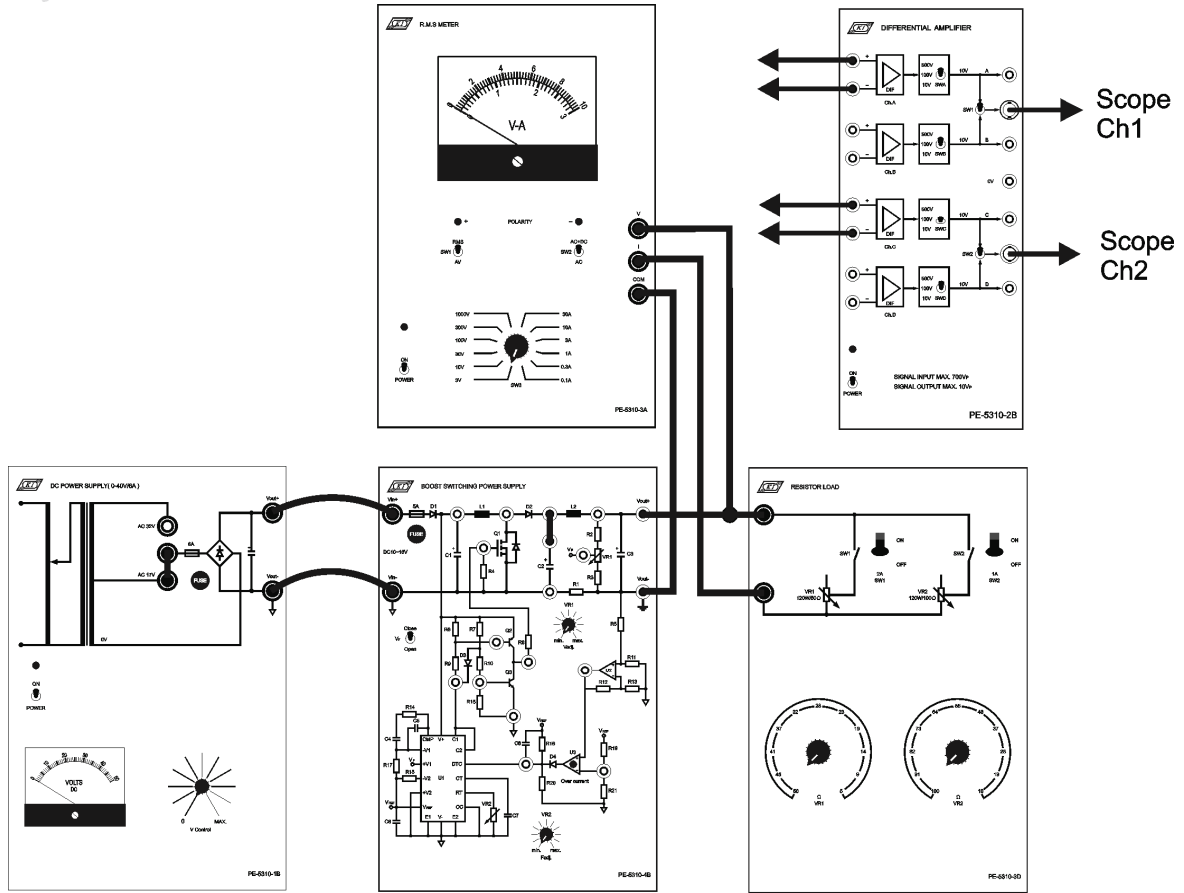
Aşırı akım koruma devresi, aşırı yük akımından dolayı güç elemanlarının zarar görmesini engellemek için kullanılır. Koruma devresi; akım duyarlı R1 direnci, U2 terslemeyen yükselteci ve U3 aşırı akım karşılaştırıcısından oluşmuştur. R1 üzerindeki gerilim düşümünün genliği, direk olarak çıkış akımı ile orantılı olduğundan, çıkış akımı arttıkça gerilim düşümü de artacaktır. Gerilimdeki bu artış terslemeyen yükselteç U2 tarafından yükseltilir ve çıkış, aşırı akım karşılaştırıcı U3'ün terslemeyen girişine beslenir. Normal çalışma durumunda, U3'ün tersleyen girişindeki gerilim, terslemeyen girişindeki gerilimden büyüktür (V_{REF} , R19 ve R21 ile maksimum akım ayarı), U3 çıkışı alçaktır. Eğer çıkış akımı, ayarlanan maksimum akımı aşarsa, aşırı akım karşılaştırıcı U3, ölü zaman karşılaştırıcısının DTC girişine yüksek seviyeli gerilim üretecektir. Bu, PWM sinyalin doluluk boşluk oranını artırır ve Q1'in iletim süresini azaltır, bu yüzden çıkış gerilimi düşer. Aynı zamanda, aşırı akım gösterge LED'i yanar.

KULLANILACAK ELEMANLAR

1. PE-5310-1B DC Güç Kaynağı x1
2. PE-5310-2B Fark Yükselteci x1
3. PE-5310-3A R.M.S. Ölçer x1
4. PE-5310-3D Direnç Yüğü x1
5. PE-5310-4B Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı x1
6. Dijital Bellekli Osiloskop (DSO) x1
7. Bağlantı Kabloları
8. Köprüleme Klipsleri

DENEYİN YAPILIŞI

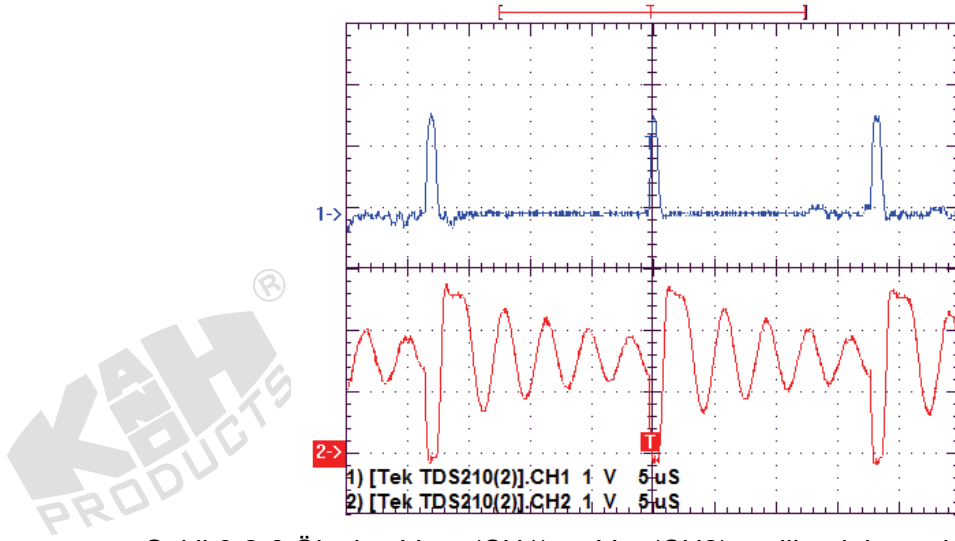
1. Dijital Bellekli Osiloskobu (DSO) çalışma masasına yerleştirin. PE-5310-1B, PE-5310-4B, PE-5310-3A ve PE-5310-3D modüllerini Deney Düzeneğinin üzerine koyun.
2. Tüm güç kapalıyken, bağlantı kabloları ve köprüleme klipslerini kullanarak, şekil 6-2-5'teki bağlantı diyagramını yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. Topraklı üç uçlu fişleri kullanarak, DC Güç Kaynağı, Fark Yükselteci ve R.M.S. Ölçer modüllerine, 220V AC kaynak bağlayın.



Şekil 6-2-5 Yükselten anahtarlamalı güç kaynağı ölçümü için bağlantı diyagramı

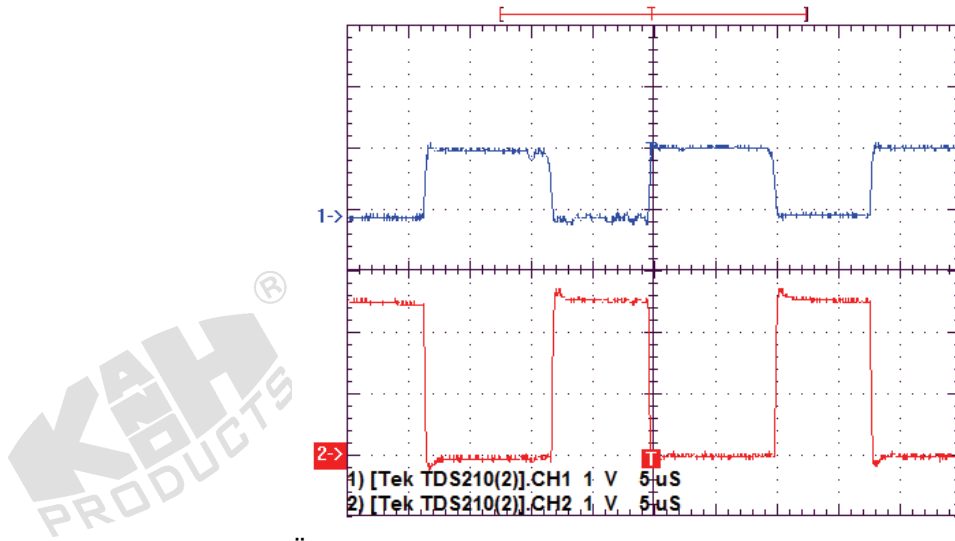
3. Direnç Yük modülünde, ON/OFF anahtarlarını OFF konumuna getirin ve Ω kontrol düğmesini, saat dönüş yönünün tersine tam olarak çevirin.

4. DC güç kaynağı modülünde, V kontrol düğmesini 0 konumuna getirin. DC Güç Kaynağını açın ve çıkış gerilimi 10V olacak şekilde, V kontrol düğmesini ayarlayın.
5. R.M.S Ölçeri açın. RMS/AV Seçici anahtarını(SW1), RMS konumuna, AC/AC+DC Seçici anahtarını(SW2), AC+DC konumuna ve V/I Aralık Seçici anahtarını(SW3), 30V konumuna getirin.
6. Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı modülünde, V_F anahtarını Close konumuna getirin ve Vadj kontrol düğmesini(VR1), min'e ayarlayın. Minimum çıkış gerilimini = _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 10.8V). Vadj kontrol düğmesini (VR1), max'a ayarlayın. Maksimum çıkış gerilimini = _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 30V).
7. DC Güç Kaynağının çıkış gerilimi 16V'a ayarlayın. Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı modülünde, Vadj kontrol düğmesini(VR1), min'e ayarlayın. Çıkış gerilimini $V_{out} =$ _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 16V). Vadj kontrol düğmesini (VR1), max'a ayarlayın. Çıkış gerilimini $V_{out} =$ _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 30V).
8. Vadj kontrol düğmesini (VR1), yüksüz çıkış gerilimi $V_{NL} = 12V$ olacak şekilde ayarlayın.
9. Fark Yükseltecinde, Ch.A ve Ch.C için V Aralık Seçici anahtarlarını (SWA,SWC), 100V konumuna, Ch Seçicilerini (SW1,SW2) A ve C konumlarına getirin. Ch.A girişlerini, G ve S terminallerine (+ G'ye, - S'ye) ve Ch.C girişlerini, D ve S terminallerine (+ D'ye, - S'ye) bağlayın.
10. Osiloskop kullanarak, Q1'in V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-2-6'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-2-6 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, yüksüz

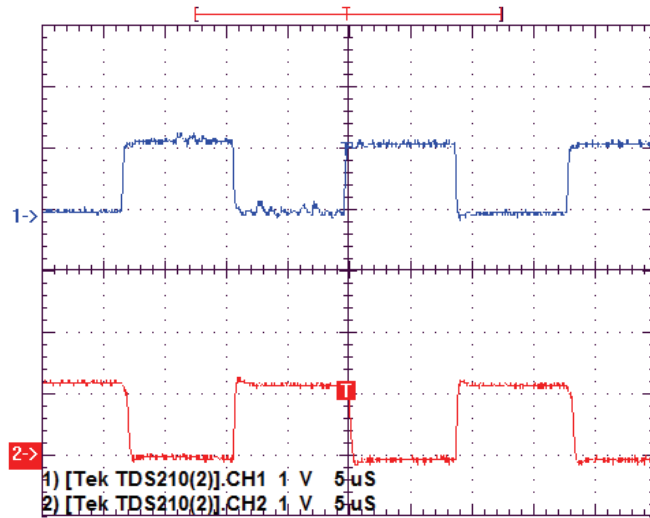
11. Direnç Yük modülünde, ON/OFF anahtarlarını ON konumuna getirin. R.M.S. Ölçerin V/I Aralık Seçici anahtarını(SW3), 3A konumuna getirin. Yük akımını yaklaşık 1.9A yapmak için, Ω kontrol düğmelerini dikkatli bir şekilde çevirin. **Not: 50 Ω ve 100 Ω 'luk yük dirençlerini, sırasıyla 12.5 Ω ve 25 Ω 'dan küçük değerlere ayarlamayın.** Tam yük çıkış gerilimini $V_{FL} = \underline{\hspace{2cm}}$ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 24V).
12. 8.adımdaki V_{NL} 'yi ve 11.adımdaki V_{FL} 'yi, $(V_{NL} - V_{FL})/V_{FL} \times 100$ denkleminde yerine koyarak, tam yük regülasyon yüzdesini hesaplayın = $\underline{\hspace{2cm}}$ %(yaklaşık %4).
13. Osiloskop kullanarak, Q1'in V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-2-7'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-2-7 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük

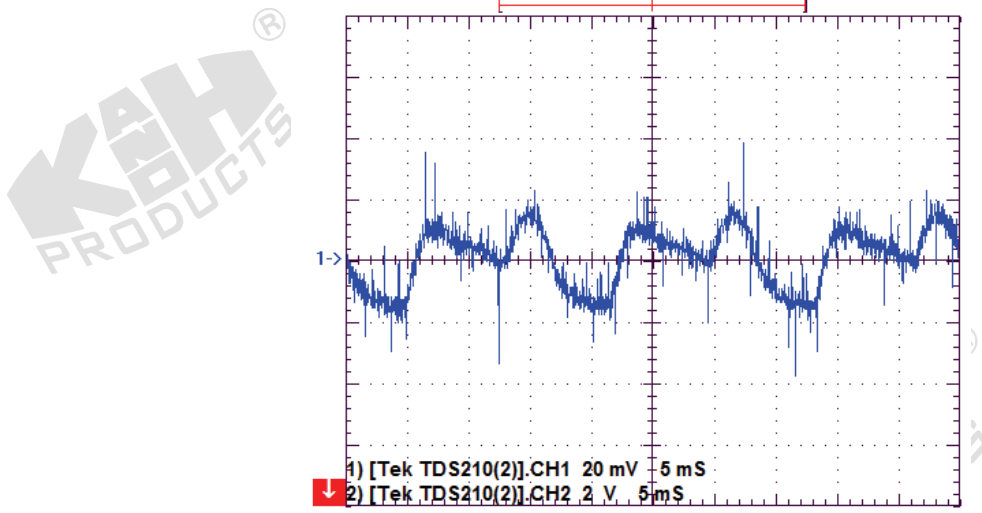
14. Q1'in iletim süresini = _____ μs (yaklaşık $10\mu\text{s}$) ve Q1'in kesim süresini = _____ μs (yaklaşık $7.5\mu\text{s}$) ölçün ve kaydedin. Doluluk boşluk oranı=iletim süresi/(iletim süresi+kesim süresi) ifadesini kullanarak, Q1'in doluluk boşluk oranını hesaplayın _____ (yaklaşık 0.57).

15. Yük akımını 1.9A'de tutun (tam yük). Fark Yükseltecinin Ch.A girişlerini, PWM çıkışına (+ U1'in C1'ine, - Vin-ye) ve Ch.C girişlerini push-pull yükseltecin (Q2 ve Q3) çıkışına (+ çıkışa, - Vin-ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, PWM çıkış sinyalini ve push-pull yükselteç çıkış sinyalini, şekil 6-2-8'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



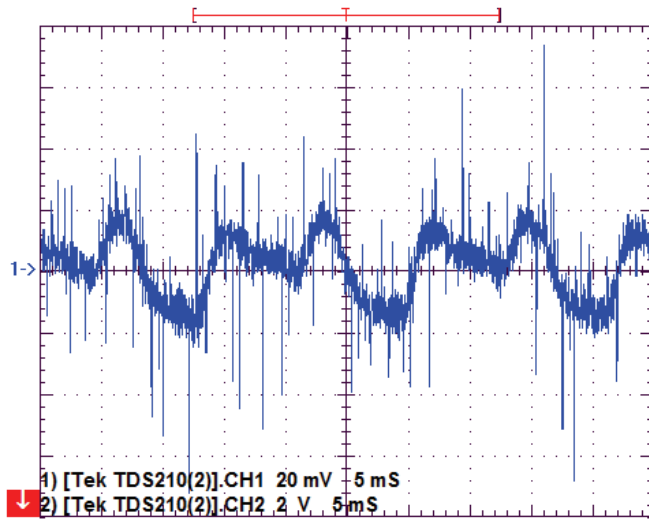
Şekil 6-2-8 Ölçülen PWM çıkışı (CH1) ve push-pull yükselteç çıkışı (CH2), tam yük

16. Ch.A girişlerini, regülatör çıkış terminaleri arasına (+ Vout+'ya, - Vout-'ye) bağlayın. V Aralık Seçici anahtarını 100V konumuna getirin. Osiloskop kullanarak (ac konumda), çıkıştaki dalgalanmayı, şekil 6-2-9'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin. Tepeden-tepeye dalgalanma gerilimini belirleyin $V_r = \text{_____} V_{pp}$ (yaklaşık 320mVpp).



Şekil 6-2-9 Ölçülen çıkış dalgalanma gerilimi, tam yük

17. Bağlantı kablosu kullanarak, L2 filtre endüktansını kısa devre edin. Osiloskop kullanarak (ac konumda), çıkıştaki dalgalanmayı, şekil 6-2-10'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin. Tepeden-tepeye dalgalanma gerilimini belirleyin $V_r = \text{_____} V_{pp}$ (yaklaşık 400mVpp).

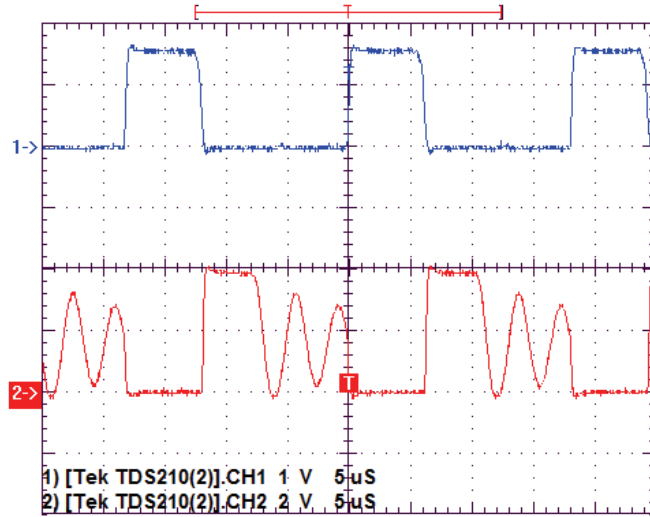


Şekil 6-2-10 Ölçülen çıkış dalgalanma gerilimi, tam yük, L2 kısa devre

18. L2 filtre endüktansı uçlarındaki bağlantı kablosunu kaldırın. 50Ω 'un ON/OFF anahtarını, OFF konumuna ve 100Ω 'un Ω kontrol düğmesini 100 konumuna getirerek, yük direncini 100Ω olarak ayarlayın. V_F anahtarını Open konumuna getirin. R.M.S. Ölçeri kullanarak, çıkış gerilimini $V_{out+} = \underline{\hspace{2cm}}$ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 39V).

19. Fark Yükselticinde, Ch.A ve Ch.C için V Aralık Seçici anahtarlarını (SWA,SWC), 100V konumuna, Ch Seçicilerini (SW1,SW2) A ve C konumlarına getirin. Ch.A girişlerini, G ve S terminallerine (+ G'ye, - S'ye) ve Ch.C girişlerini, D ve S terminallerine (+ D'ye, - S'ye) bağlayın.

20. Osiloskop kullanarak, Q1'in V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-2-11'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-2-11 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, $R_L=100\Omega$

21. Q1'in iletim süresini = $\underline{\hspace{2cm}}$ μs (yaklaşık $6.5\mu s$) ve Q1'in kesim süresini = $\underline{\hspace{2cm}}$ μs (yaklaşık $11\mu s$) ölçün ve kaydedin. Doluluk boşluk oranı=iletim süresi/(iletim süresi+kesim süresi) ifadesini kullanarak, Q1'in doluluk boşluk oranını hesaplayın $\underline{\hspace{2cm}}$ (yaklaşık 0.37).

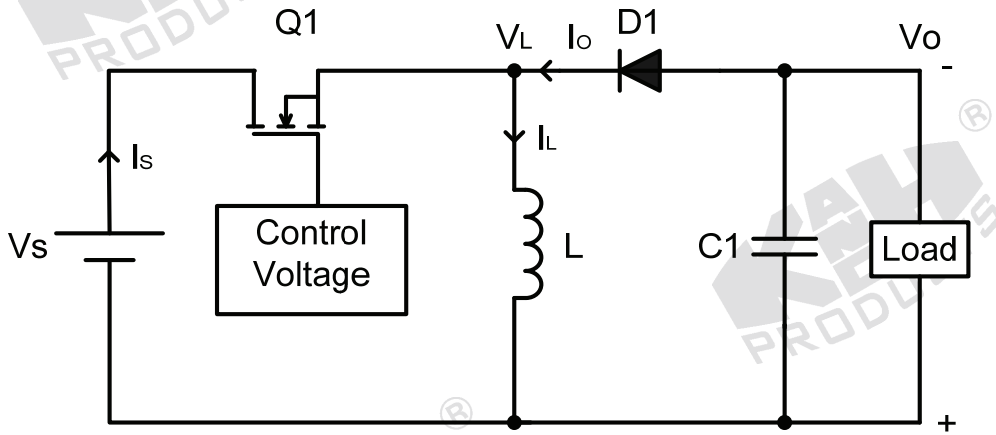
Deney 6-3 Alçaltan-Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı

DENEYİN AMACI

1. Alçaltan-yükselten anahtarlama regülatörün çalışma prensibini anlamak.
2. Gerilim regülasyonunda negatif geri beslemenin etkilerini anlamak.
3. Alçaltan-yükselten anahtarlama regülatörün endüktans gerilim dalga şeklini ve çıkış gerilimini ölçmek.
4. Alçaltan-yükselten anahtarlama regülatör devresinde, anahtarlama elemanının gerilim dalga şekillerini ölçmek.

GENEL BİLGİLER

Basit bir alçaltan-yükselten anahtarlama güç kaynağı devresi, şekil 6-3-1'de gösterilmiştir. Q1 iletimde ve D1 diyodu ters kutuplandığında, giriş akımı yükselir ve L endüktansı ve Q1 MOSFET'i üzerinden akar. L endüktansında enerji depolanır ve çıkış gerilimi sabit olur.



Şekil 6-3-1 Basit alçaltan-yükselten anahtarlama güç kaynağı

Q1 kesimdeyken, endüktans akımı C1, D1 ve yük üzerinden akar, L endüktansında depolanan enerji yüke aktarılır ve endüktans akımı, Q1 MOSFET'i tekrar iletme geçene kadar, azalır. V_o çıkış gerilimi ve V_s kaynak gerilimi zıt polaritelidir, bundan dolayı alçaltan-yükselten anahtarlamalı güç kaynağı aynı zamanda evirici regülatör olarak da isimlendirilir. Alçaltan-yükselten anahtarlamalı güç kaynağının devresinin çalışması aşağıda anlatılmıştır:

1. Sürekli Endüktans Akımı Durumunda

Mod 1: Q1 iletimde ve D1 kesimdeyken, I_L endüktans akımı doğrusal olarak artar.

Bundan dolayı

$$V_s = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\Delta I_L^+ = \frac{V_s}{L} \cdot t_{on}$$

Mod 2: Q1 kesimdeyken, Lenz yasasına göre, endüktans geriliminin polariteleri, D1 diyodunun iletimde olması için, terstir. C1 kapasitesinin sarj edilmesiyle enerji yüke aktarılır, bu yüzden çıkış gerilimi negatiftir.

$$V_L = -V_C$$

$$V_o = -L \frac{di_L}{dt}$$

$$V_s(DT) = V_o(DT) = V_o(1-D)T$$

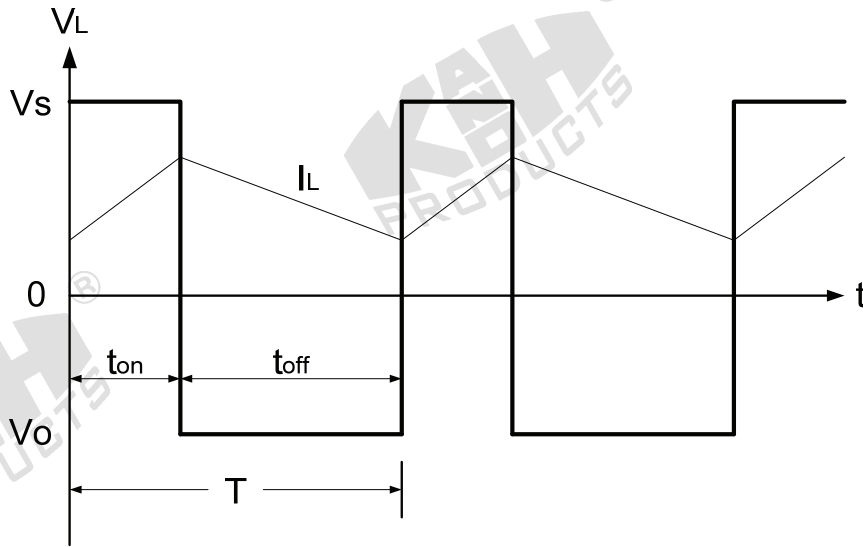
Sürekli endüktans akımı durumunda, alçaltan-yükselten anahtarlamalı güç kaynağı devresinin gerilim ve akım dalga şekilleri, şekil 6-3-2'de gösterilmiştir.

Gerilim kazancı

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{D}{1-D} \quad (6-3-1)$$

Akım kazancı

$$\frac{I_o}{I_s} = \frac{1-D}{D} \quad (6-3-2)$$



Şekil 6-3-2 Alçaltan-yükselten anahtarlamalı güç kaynağı (sürekli endüktans akımı)

Doluluk boşluk oranı $D < 0.5$ olduğunda, bu devre alçaltan anahtarlamalı güç kaynağı olarak çalışır. $D > 0.5$ olduğunda ise, bu devre yükselten anahtarlamalı güç kaynağına eşdeğerdir.

2. Sürekli Olmayan Endüktans Akımı durumunda

$$\int_0^T V_L dt = 0$$

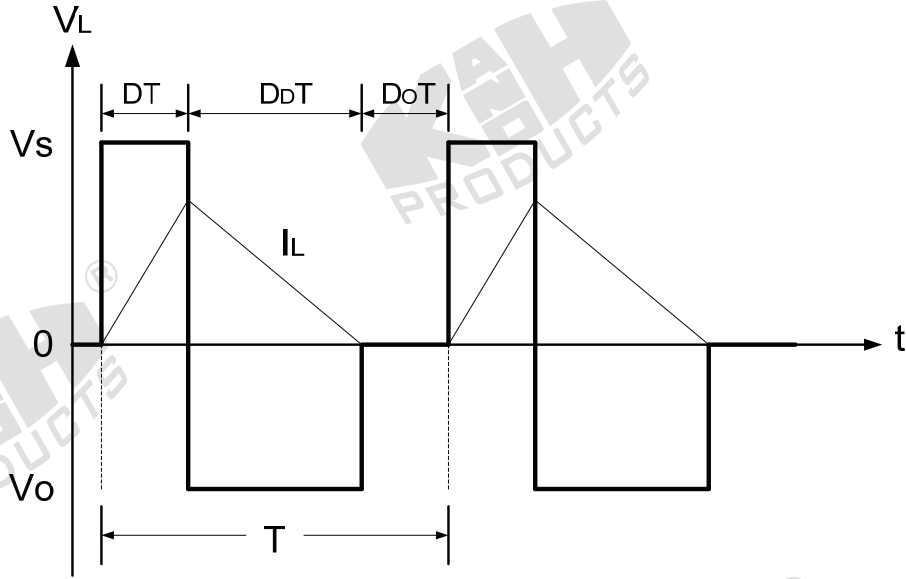
$$V_s DT + (-V_o) D_D T = 0$$

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{D}{D_D} \quad (6-3-3)$$

Giriş gücü çıkış gücüne eşit olduğu için,

$$\frac{I_o}{I_s} = \frac{D_D}{D} \quad (6-3-4)$$

Sürekli olmayan endüktans akımı durumunda, alçaltan-yükselten anahtarlamalı güç kaynağı devresinin gerilim ve akım dalgaları, şekil 6-3-3'te gösterilmiştir.

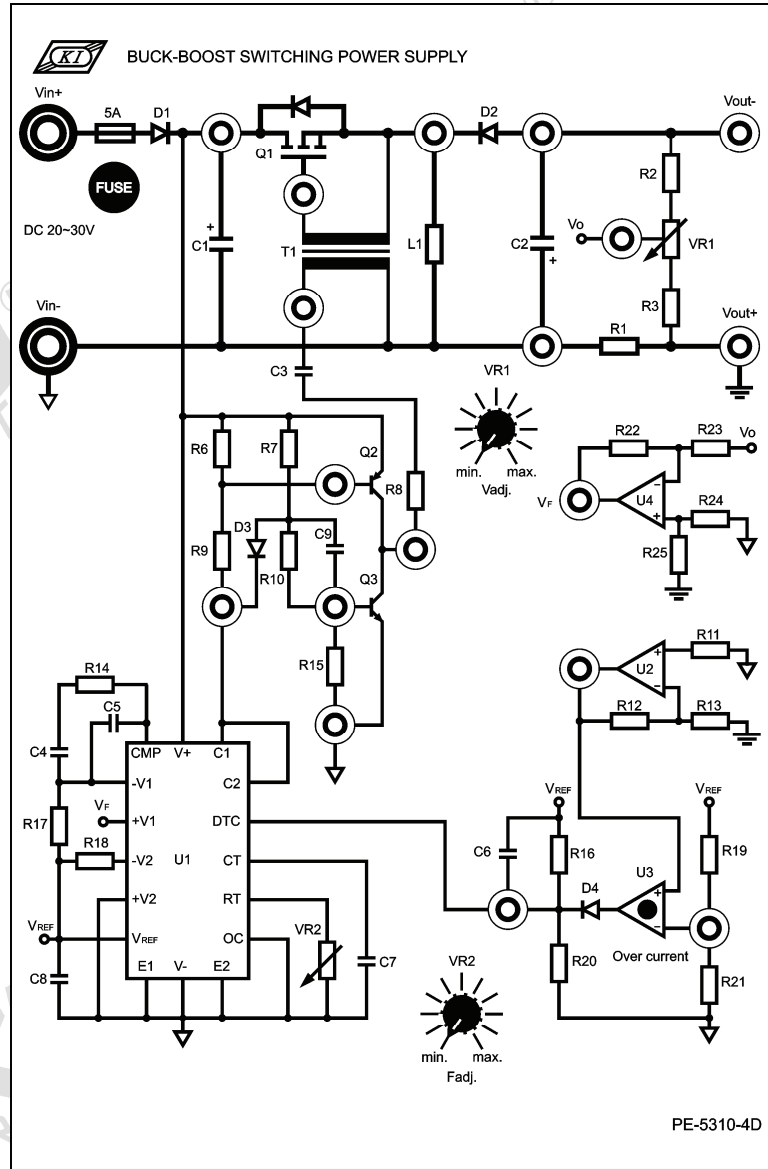


Şekil 6-3-3 Alçaltan-yükselten anahtarlamalı güç kaynağı (sürekli olmayan endüktans akımı)

PE-5310-4D Alçaltan-Yükselten Anahtarlamalı Güç Kaynağı Modülü

Şekil 6-3-4, Alçaltan-Yükselten Anahtarlamalı Güç Kaynağı modülünün devresini göstermektedir. Bu devrede, L1 endüktansı enerji depolamak için kullanılır. Q1 Güç MOSFET'i iletimde ve D2 diyodu ters kutupluysen, giriş akımı Q1 ve L1 endüktansı üzerinden akar. Q1 kesimdeyken L1 endüktansında depolanan enerji yükü aktarılır ve endüktans akımı C2 ve D2 üzerinden akar, bu yüzden çıkış geriliminin polaritesi giriş geriliminin tersidir. Eğer Q1'in doluluk boşluk oranı 0.5'ten küçük ise bu devre, bir alçaltan anahtarlamalı güç kaynağı olarak çalışır. Eğer Q1'in iletim süresi (doluluk boşluk oranı D) 0.5'ten büyükse çıkış gerilimi kaynak geriliminden daha yüksek olabilir (yükselten regülatör). Çıkış enerjisi, endüktansta depolandığı ve endüktanstan salıverildiği için, güç dönüşüm verimliliği, yükselten ve alçaltan anahtarlamalı güç kaynaklarına göre daha düşüktür.

Alçaltan-yükselten anahtarlamalı güç kaynak modülünün giriş DC gerilim aralığı 20V'dan 30V'a kadardır, Vadj kontrol düğmesi (VR1) ile kontrol edilen çıkış gerilimleri 5V'dan 30V'a kadardır ve çıkış akımının maksimum değeri 2A'dır.



Şekil 6-3-4 Alçaktan-Yükselten Anahtarlamalı Güç Kaynağı Modülü

Kontrol devresinin kalbi, bir osilatör (RT ve CT girişleri), 5V referans regülatör (V_{REF} çıkış), bir PWM karşılaştırıcı, bir ölü zaman karşılaştırıcı (DTC giriş), iki hata yükseltici (+V1 ve -V1 girişler, +V2 ve -V2 girişler), iki çıkış transistörü (C1 ve E1 çıkışlar, C2 ve E2 çıkışlar), flip flop ve bir çıkış kontrol devresinden (OC giriş) oluşan, U1 PWM denetleyicisidir. U1, 7V ile 40V arasındaki güç kaynağı gerilimlerinde çalışabilir.

Testere dişi osilatörün frekansı, C7 ve VR2 (Fadj kontrol) tarafından belirlenir ve $f \approx 1.1 / (VR2 \times C7)$ denklemi ile hesaplanabilir.

Daha yüksek sürücü akımlarına sahip olmak için, denetleyici çıkış transistörleri paralel bağlanır (C1 ve C2 birleştirilir) ve çıkış kontrol ucu (OC) tek-tarafli çalışma için toprağa bağlanır. Çıkış anahtarlama frekansı, osilatörün frekansına eşit olacaktır. PWM çıkışı alçak olduğunda, push-pull yükseltecin (Q2 ve Q3) Q2 transistörü iletime geçerken, ileri yönde kutuplanmış D3 diyodu, Q3'ün baz gerilimini alçak yaptığı için Q3 tranzistörü kesime gider. Böylece, T1 transformatörü ile bağlanan pozitif kapılama sinyali sayesinde, Q1 güç MOSFET'i iletimde olur. PWM çıkışı yüksek olduğunda, Q2 kesime gider ve ters yönde kutuplanmış D3 diyodu, Q3'ün baz gerilimini yüksek yaptığı için Q3 tranzistörü iletime gider. Böylece, kapılama sinyali olmadığı için, Q1 güç MOSFET'i kesimdedir.

Sabit 5V referans gerilimi V_{REF} , R17 üzerinden, dahili hata yükselteci 1'in tersleyen girişine (-V1) bağlanır. Geri besleme gerilimi V_F , direk olarak çıkış gerilimi V_{OUT} ile orantılıdır ve V_{adj} kontrolü (VR1) kullanılarak ayarlanır. V_{REF} ve V_F arasındaki fark, hata yükselteci tarafından yükseltilir. Hata yükseltecinin çıkışı, PWM sinyalinin doluluk boşluk oranını ve Q1 güç MOSFET'inin iletim süresini değiştirmek için, PWM karşılaştırıcının girişine beslenir. Sonuç olarak, çıkış geriliminin, geri besleme devresi vasıtası ile ayarlanan değerde kalması sağlanabilir ve böylece gerilim regülasyonu gerçekleştirilmiş olur.

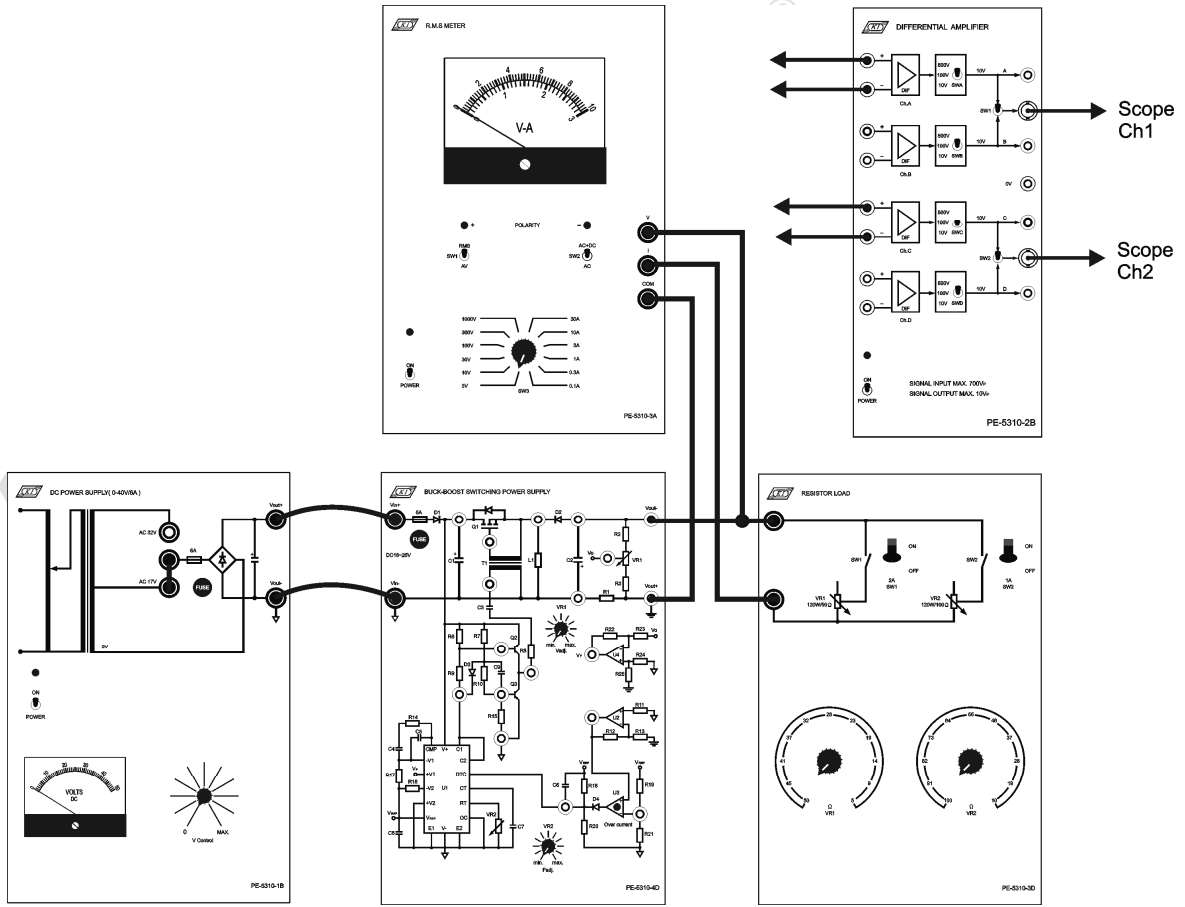
Aşırı akım koruma devresi, aşırı yük akımından dolayı güç elemanlarının zarar görmesini engellemek için kullanılır. Koruma devresi; akım duyarlı R1 direnci, U2 terslemeyen yükselteci ve U3 aşırı akım karşılaştırıcısından oluşmuştur. R1 üzerindeki gerilim düşümünün genliği, direk olarak çıkış akımı ile orantılı olduğundan, çıkış akımı arttıkça gerilim düşümü de artacaktır. Gerilimdeki bu artış terslemeyen yükselteç U2 tarafından yükseltilir ve çıkış, aşırı akım karşılaştırıcısı U3'ün terslemeyen girişine beslenir. Normal çalışma durumunda, U3'ün tersleyen girişindeki gerilim, terslemeyen girişindeki gerilimden büyüktür (V_{REF} , R19 ve R21 ile maksimum akım ayarı), U3 çıkışı alçaktır. Eğer çıkış akımı, ayarlanan maksimum akımı aşarsa, aşırı akım karşılaştırıcısı U3, ölü zaman karşılaştırıcının DTC girişine yüksek seviyeli gerilim üretecektir. Bu, PWM sinyalin doluluk boşluk oranını artırır ve Q1'in iletim süresini azaltır, bu yüzden çıkış gerilimi düşer. Aynı zamanda, aşırı akım gösterge LED'i yanar.

KULLANILACAK ELEMANLAR

1. PE-5310-1B DC Güç Kaynağı x1
2. PE-5310-2B Fark Yükseltici x1
3. PE-5310-3A R.M.S. Ölçer x1
4. PE-5310-3D Direnç Yüğü x1
5. PE-5310-4D Alçaltan-Yükselten Anahtarlmalı Güç Kaynağı x1
6. Dijital Bellekli Osiloskop (DSO) x1
7. Bağlantı Kabloları
8. Köprüleme Klipsleri

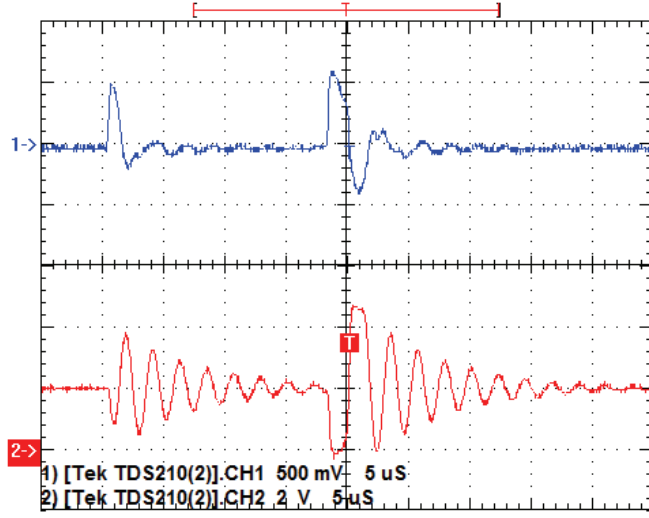
DENEYİN YAPILIŞI

1. Dijital Bellekli Osiloskobu (DSO) çalışma masasına yerleştirin. PE-5310-1B, PE-5310-4D, PE-5310-3A, PE-5310-3B ve PE-5310-3D modüllerini Deney Düzenekinin üzerine koyun.
2. Tüm güç kapalıyken, bağlantı kabloları ve köprüleme klipslerini (eğik çizgiler) kullanarak, şekil 6-3-5'teki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. Direnç Yüğü modülünde, ON/OFF anahtarlarını OFF konumuna getirin ve Ω kontrol düğmesini, saat dönüş yönünün tersine tam olarak çevirin. Topraklı üç uçlu fişleri kullanarak, DC Güç Kaynağı, Fark Yükseltici ve R.M.S. Ölçer modüllerine, 220V AC kaynak bağlayın. DC Güç Kaynağı kapatın. R.M.S. Ölçeri açın.
3. DC güç kaynağı modülünde, V kontrol düğmesini 0 konumuna getirin. DC Güç Kaynağını açın ve dc çıkış gerilimi $V_{out} = -20V$ olacak şekilde (Voltmetreden okuyun), V kontrol düğmesini ayarlayın. R.M.S Ölçerde, RMS/AV Seçici anahtarını(SW1), RMS konumuna, AC/AC+DC Seçici anahtarını(SW2), AC+DC konumuna ve V/I Aralık Seçici anahtarını(SW3), 100V konumuna getirin. R.M.S. Ölçeri açın.



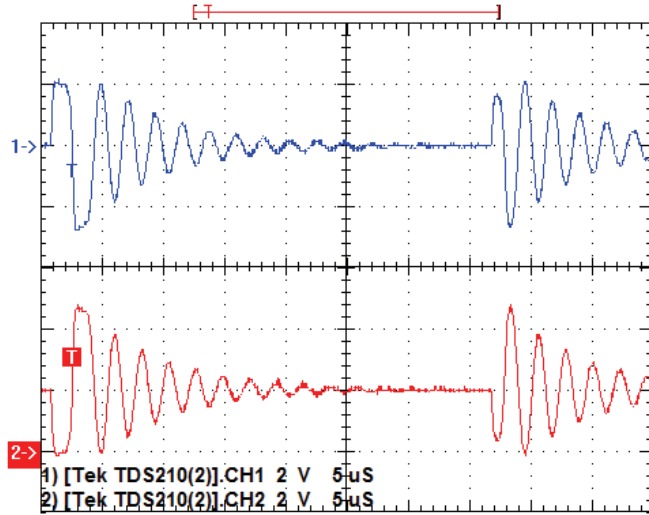
Şekil 6-3-5 Alçaltan-Yükselten Anahtarlamalı Güç Kaynağı ölçümü için bağlantı diyagramı

4. Alçaltan-Yükselten Anahtarlamalı Güç Kaynağı modülünde, Vadj kontrol düğmesini(VR1), min'e ayarlayın. Minimum çıkış gerilimini = _____V ölçün ve kaydedin (yaklaşık -5.4V). Vadj kontrol düğmesini (VR1), max'a ayarlayın. Maksimum çıkış gerilimini = _____V ölçün ve kaydedin (yaklaşık -32V).
5. Vadj kontrol düğmesini, regülatör çıkış gerilimi Vout=- 25V olacak şekilde ayarlayın.
6. Fark Yükseltecinde, Ch.A ve Ch.C için V Aralık Seçici anahtarlarını (SWA,SWC), 100V konumuna, Ch Seçicilerini (SW1,SW2) A ve C konumlarına getirin. Ch.A girişlerini, G ve S terminallerine (+ G'ye, - S'ye) ve Ch.C girişlerini, D ve S terminallerine (+ D'ye, - S'ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, Q1'in V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-3-6'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-3-6 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, yüksüz

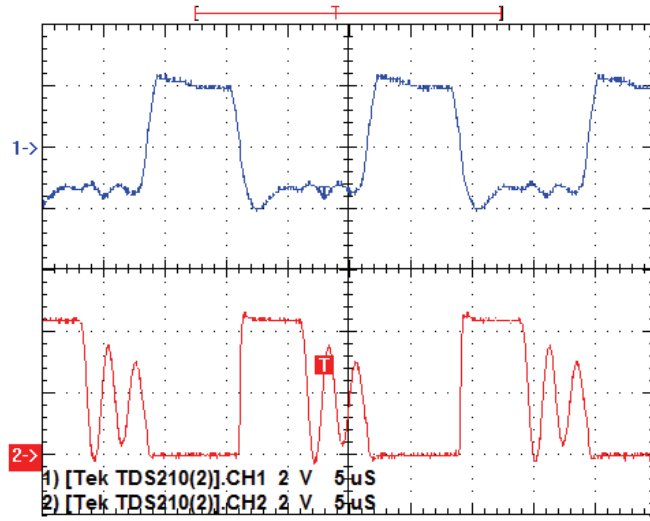
7. Fark Yükselticinde, Ch.A ve Ch.C için V Aralık Seçici anahtarlarını (SWA,SWC), 100V konumuna, Ch Seçicilerini (SW1,SW2) A ve C konumlarına getirin. Ch.A girişlerini, L1 endüktansı uçlarına (+ üst terminale, - alt terminale) ve Ch.C girişlerini, D ve S terminallerine (+ D'ye, - S'ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, V_{L1} ve Q1'in V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-3-7'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-3-7 Ölçülen V_{L1} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, yüksüz

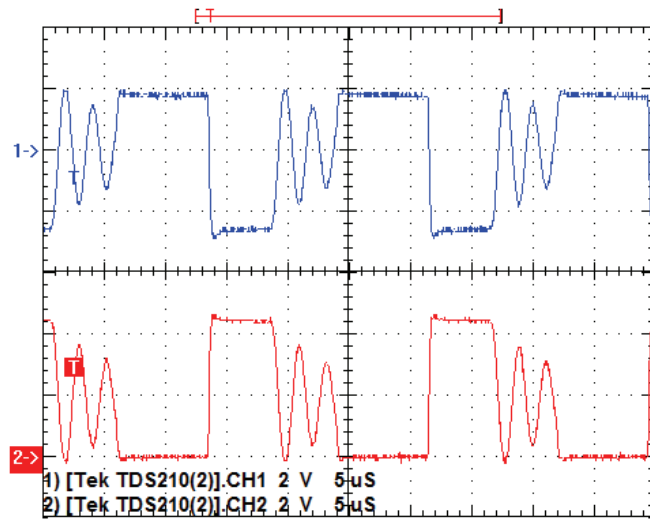
8. Direnç Yük modülünde, Ω kontrol düğmesini, saat dönüş yönünün tersine tam olarak çevirin. ON/OFF anahtarlarını ON konumuna getirin. R.M.S. Ölçerin V/I Aralık Seçici anahtarını(SW3), 3A konumuna getirin. Yük akımını yaklaşık 1.9A yapmak için, Ω kontrol düğmelerini dikkatli bir şekilde çevirin. **Not: 50 Ω ve 100 Ω 'luk yük dirençlerini, sırasıyla 12.5 Ω ve 25 Ω 'dan küçük değerlere ayarlamayın.**

9. 6. adımı tekrarlayın ve Q1'in V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-3-8'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-3-8 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük

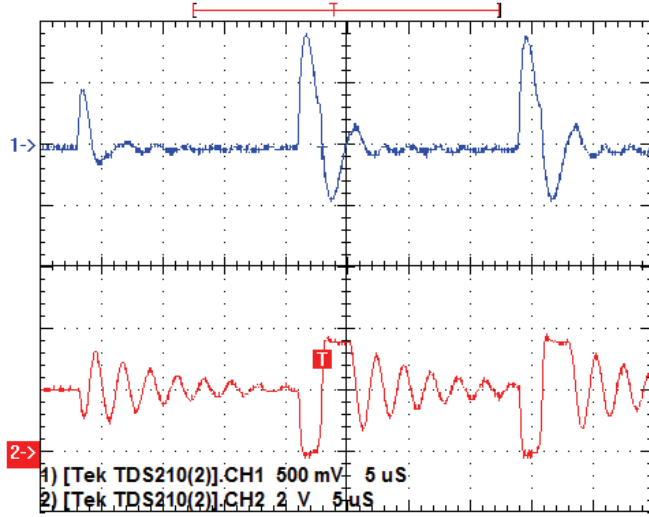
10. 7. Adımı tekrarlayın ve V_{L1} ve Q1'in V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-3-9'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-3-9 Ölçülen V_{L1} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük

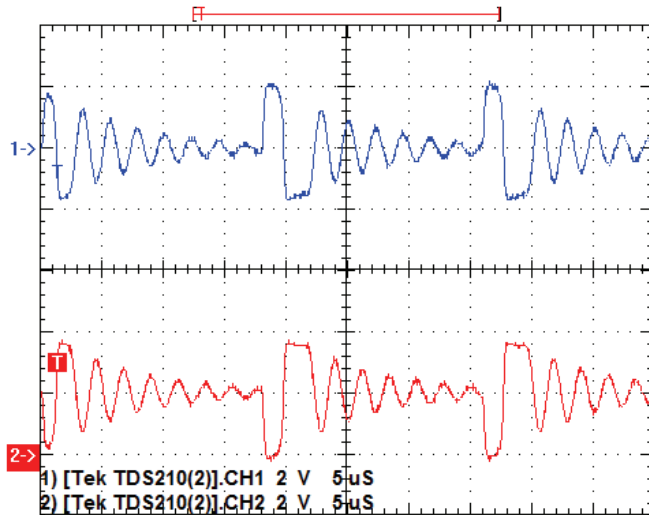
11. Direnç Yük modülünde, ON/OFF anahtarlarını OFF konumuna getirin. Vadj kontrol düğmesini, çıkış gerilimi $V_{out} = -15V$ olacak şekilde ayarlayın (alçaltma işlemi).

12. 6. adımı tekrarlayın ve Q1'in V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-3-10'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-3-10 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, yüksüz

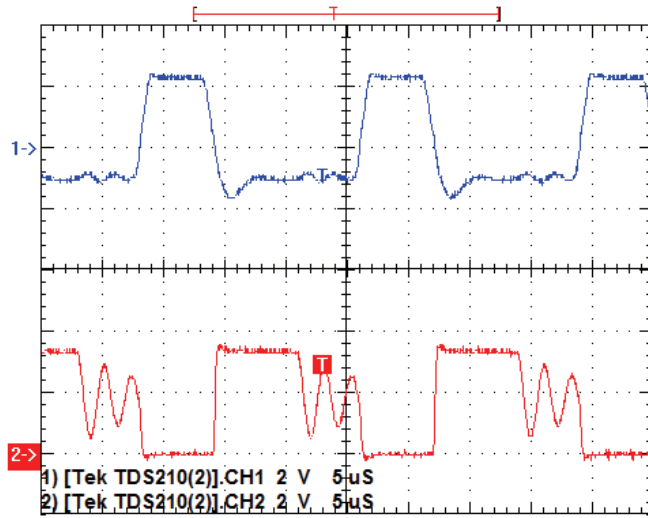
13. 7. Adımı tekrarlayın ve V_{L1} ve Q1'in V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-3-11'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-3-11 Ölçülen V_{L1} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, yüksüz

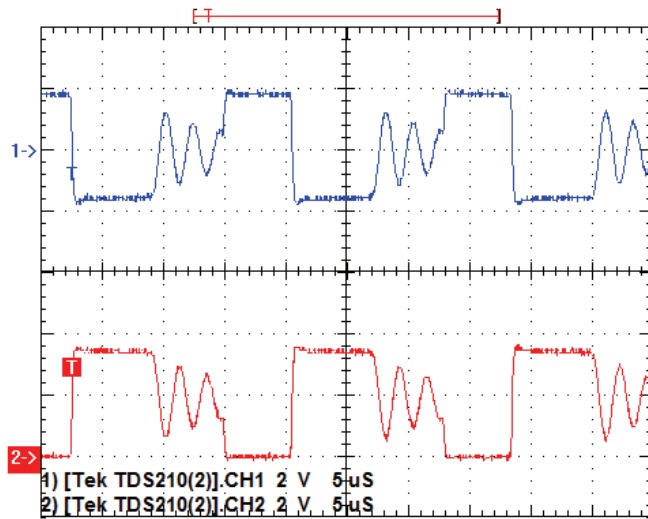
14. Direnç Yük modülünde, Ω kontrol düğmesini, saat dönüş yönünün tersine tam olarak çevirin. ON/OFF anahtarlarını ON konumuna getirin. Yük akımını yaklaşık 1.9A yapmak için, Ω kontrol düğmelerini dikkatli bir şekilde çevirin. R.M.S. Ölçerin V/I Aralık Seçici anahtarını(SW3), 3A konumuna getirin. **Not: 50 Ω ve 100 Ω 'luk yük dirençlerini, sırasıyla 7.5 Ω ve 15 Ω 'dan küçük değerlere ayarlamayın.**

15. 6. adımı tekrarlayın ve Q1'in V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-3-12'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-3-12 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük

16. 7. Adımı tekrarlayın ve V_{L1} ve Q1'in V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-3-13'te gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-3-13 Ölçülen V_{L1} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük

Deney 6-4 Geri-dönüflü (Flyback) Anahtarlmalı Güç Kaynağı

DENEYİN AMACI

1. Geri-dönüflü anahtarlmalı regülatörün çalışma prensibini anlamak.
2. Gerilim regülasyonunda negatif geri beslemenin etkilerini anlamak.
3. Geri-dönüflü anahtarlmalı regülatörün çıkışındaki dalgalılığı ve tam-yük regülasyonu ölçmek.
4. Geri-dönüflü anahtarlmalı regülatör devresinde, anahtarlama elemanının gerilim dalga şekillerini ölçmek.
5. PWM denetleyicinin çıkış sinyalini ölçmek.
6. Geri-dönüflü anahtarlmalı regülatör devresinin verimliliğini ölçmek.

GENEL BİLGİLER

Basit bir geri-dönüflü anahtarlmalı güç kaynağı devresi, şekil 6-4-1'de gösterilmiştir. Q1 MOSFET'i iletimdeyken, T1 transformatörünün primer sargısı uçlarında, kaynak gerilimi V_s görünür, $V_a = V_s$. Transformatörün yapısı gereği, sekonder sargılarında gerilimler endüklenir ve diyotlar ileri yönde kutuplandığı için kapasiteler sarj olur. Q1 MOSFET'i kesimdeyken, sekonder geriliminin polaritesi ters olur ve diyotlar ters kutuplanır, bu yüzden çıkış gerilimleri sabit kalır. Q1'in iletim süresine t_{on} , kesim süresine t_{off} dersek,

$$V_s t_{on} = V_a t_{off} \quad (6-4-1)$$

Buradan

$$V_a = V_s \frac{t_{on}}{t_{off}} = V_s \frac{D}{1-D} \quad (6-4-2)$$

$V_a = n_1 V_{O1}$ ifadesini, denklem (6-4-2)'de yerine koyarsak

$$n_1 V_{O1} = V_s \frac{D}{1-D}$$

$$V_{O1} = V_s \frac{n_1 D}{1-D}$$

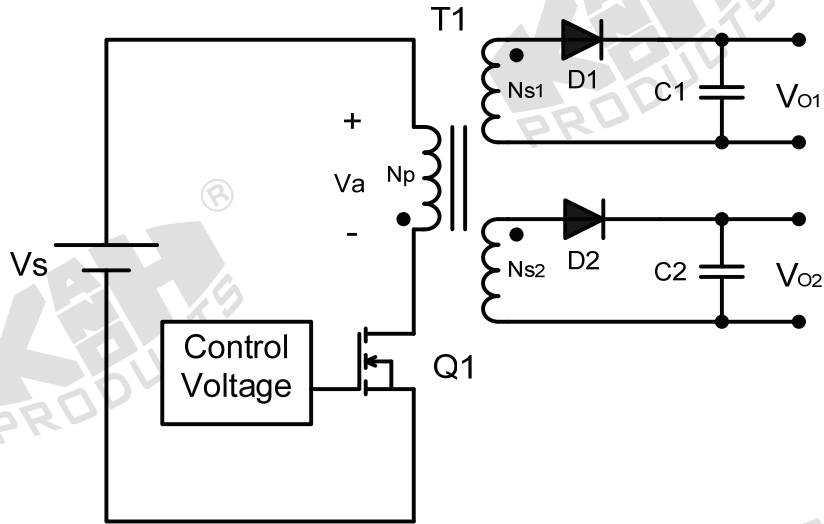
(6-4-3)

Aynı şekilde

$$V_{O2} = V_s \frac{n_2 D}{1-D}$$

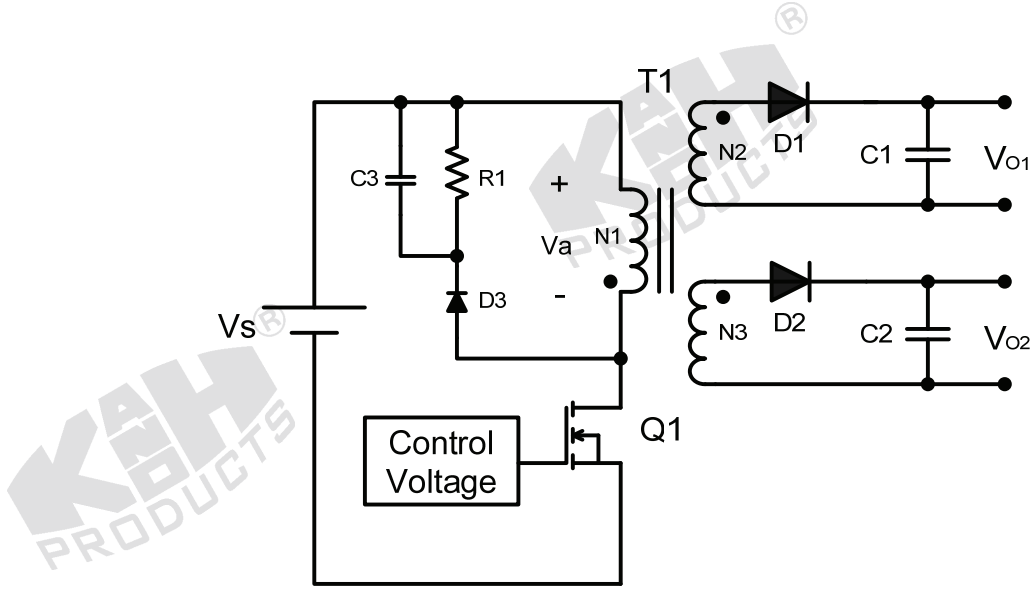
(6-4-4)

Burada, $n_1 = N_{S1}/N_P$ ve $n_2 = N_{S2}/N_P$. Bundan dolayı V_{O1} ve V_{O2} çıkış gerilimleri, T1 transformatörünün dönüştürme oranı ve anahtarlama elemanının doluluk boşluk oranı ile değiştirilebilir. Ayrıca, giriş ve çıkış, transformatör vasıtasıyla tamamen izole edilmiştir ve birden çok çıkış elde edilebilir.



Şekil 6-4-1 Temel geri-dönüştürme anahtarlama güç kaynağı

Geri-dönüştürme anahtarlama güç kaynağı devresinde, Q1 MOSFET'i iletimdeyken, transformatörün primer uçlarında, kaynak gerilimi V_s görünür ve sekonder sargılarında ilgili gerilimler endüklenir. Q1 kesimdeyken, transformatörün yapısından dolayı, sekonder tarafından, primerde zıt polariteli bir gerilim endüklenir. Q1 MOSFET'inin minimum açık-devre gerilimi $2V_s$ 'dir. MOSFET, yüksek gerilimden dolayı zarar görebilir. Bunu engellemek için, D3, R1 ve C3 elemanlarından oluşan bir sönümleyici devre, Şekil 6-4-2'de gösterildiği gibi, transformatörün primerine paralel olarak bağlanır.



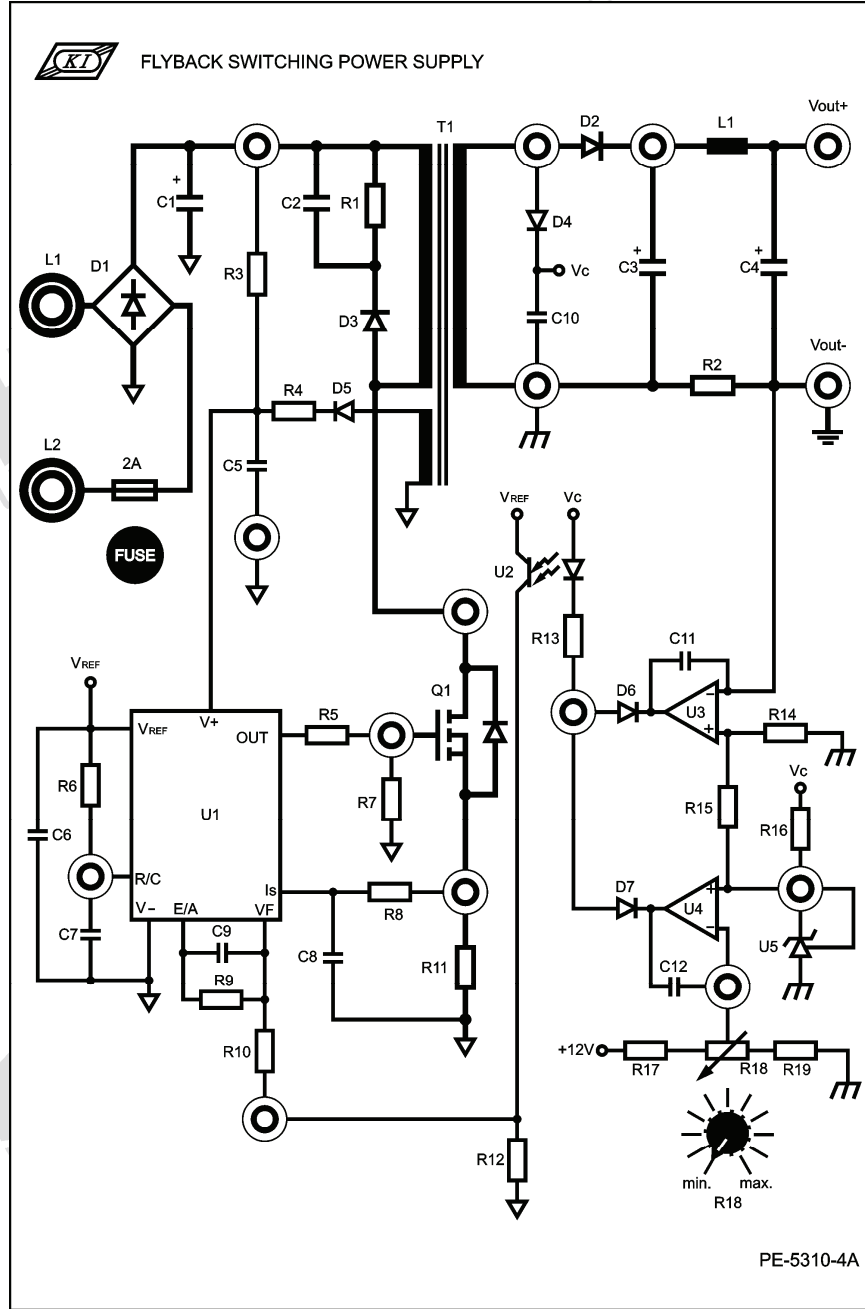
Şekil 6-4-2 Sönümleyici devreli geri-dönüştü anahtarlamalı güç kaynağı

PE-5310-4A Geri-dönüştü Anahtarlamalı Güç Kaynağı Modülü

Geri-dönüştü Anahtarlamalı Güç Kaynağı modülünün devresi şekil 6-4-3'te gösterilmiştir. Bu modülün giriş gerilim aralığı, 95VAC'den 250VAC'ye kadardır, çıkış gerilimleri R18 tarafından, 10 ile 15V arasında ayarlanabilir ve maksimum çıkış akımı 2A'dir.

Güç açıldığında, U1 PWM denetleyicinin V+ ucundaki gerilim eşik gerilimine ulaşmaya kadar, C5 kapasitesi, seri başlatma direnci R3 üzerinden başlatma akımıyla şarj olur ve daha sonra U1, tüm güç kaynağını sürmeye başlar. U1 PWM denetleyicinin çalışması sırasında, V+ besleme gerilimi, U1'e yeterli gücü sağlamak için minimize edilmiş R4 direncinin de bağlı olduğu, T1 transformatörünün yardımcı bias sargısı üzerindeki doğrultucu tarafından sağlanır. Ayrıca, eğer çıkış kısa devre edilirse, çıkış gücü, R4 direnç değeri tarafından sınırlandırılabilir.

Çıkış gerilimindeki dalgalanmayı azaltmak için, L1 filtre endüktansı ve C4 filtre kapasitesi eklenir; ayrıca, D3, R1 ve C2 elemanlarından oluşan sönümleyici devre, transformatörün primer uçları arasına bağlanır.



Şekil 6-4-3 Geri-dönüşlü Anahtarlmalı Güç Kaynağı modülü

U1'in anahtarlama frekansı, harici R6 ve C7 değerleri tarafından belirlenir. Sabit 5V referans gerilimi V_{REF} tarafından, R6 üzerinden, R6C7 zaman sabitiyle şarj edilen C7 kapasitesi üzerindeki gerilim, 2.9V'a eriştiğinde, R/C ucu, C7'yi, üzerindeki gerilim 1.3V'un altına düşene kadar deşarj etmek için, sabit bir akım çekecektir. Genellikle, deşarj süresi çok kısadır ve ihmal edilebilir. Böylece yaklaşık osilasyon frekansı, $f \approx 1.72 / (R6 \times C7)$ denklemi ile belirlenebilir.

U1 PWM denetleyici, yüksek akımlı totem-pole çıkışı (OUT ucu) sayesinde, Q1 MOSFET'i direk olarak sürebilir. Geri-dönüslü anahtarlama güç kaynağının maksimum çıkış gücü, genellikle Q1 MOSFET'ine seri olarak bağlanmış R11 direnci tarafından belirlenir. Bunun için, V_{R11} algılama gerilimi, U1'in akım algılama ucuna (I_s) bağlanır. V_{R11} algılama gerilimi, Q1 akımı ile orantılıdır. Eğer V_{R11} gerilimi 1V'dan büyükse, U1, OUT ucunu etkisiz yapacaktır ve aynı zamanda maksimum güç çıkışını sınırlayacaktır.

Çıkış gerilimi, R18 çıkış gerilim kontrol düğmesi ile ayarlanır (12V'luk sabit gerilim ve R17, R18 ve R19'dan oluşan gerilim bölücü ağı). Programlanabilir şönt gerilim regülatörü olan U5, 2.5V'luk referans gerilimi sağlayacak şekilde düzenlenir.

I_C fotokuplör kollektör akımı, V_O yükseldikçe artar veya V_O düştükçe azalır. V_O arttığı zaman, buna uygun olarak I_C de ona uygun olarak artacaktır. Bu yüzden, I_C arttıkça V_{R12} gerilimi artacaktır. V_{R12} arttıkça, U1'in darbe genişliğini azaltabilmesi için, E/A ucundaki gerilim $V_{E/A}=(2.5V-V_{R12})R9/(R10+R12)$ azalacaktır. Sonuç olarak, V_O normal gerilime göre geride kalacaktır. V_O azalınca, buna karşılık I_C de azalacaktır; I_C küçüldüğü için V_{R12} gerilimi düşecektir. V_{R12} arttıkça, U1'in darbe genişliğini artırabilmesi için, $V_{E/A}$ artacaktır. Sonuç olarak, V_O normal gerilim değerine yükselecektir. İlgili geri besleme ayarından sonra, V_O sabit bir gerilimde kalır.

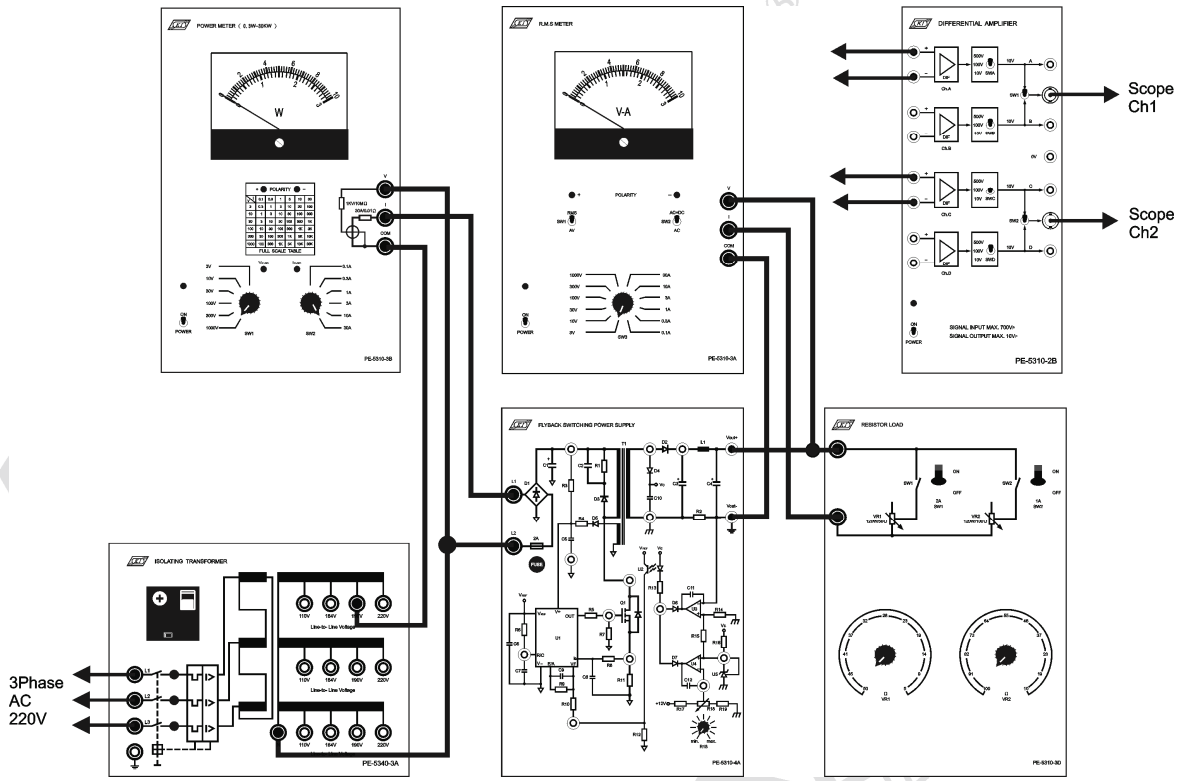
Akım sınırlama devresi, R2 yük akım algılama direnci, U3 karşılaştırıcı, U5 ve R14, R15 gerilim bölücü dirençleri tarafından sağlanan referans gerilimden $V_R=2.5V \times R14/(R14+R15)$ oluşmaktadır. Yük akımı arttıkça, R2 üzerindeki gerilim (V_{R2}) artar. V_{R2} , V_R 'den büyük olduğunda, U3'ün karşılaştırıcı çıkış gerilimi düşük olur. Fotokuplörün giriş akımı I_F (LED ileri yön akımı) artar ve çıkış akımı I_C (fotokuplör transistörün kolektör akımı) artar, U1'in darbe genişliğini azaltabilmesi için, geri besleme gerilimi V_{R12} yükselir. Sonuç olarak, V_O azaldığı için çıkış akımı düşecektir.

KULLANILAN ELEMANLAR

1. PE-5310-2B Fark Yükselteci x1
2. PE-5310-3A R.M.S Ölçer x1
3. PE-5310-3B Güç Ölçer x1
4. PE-5310-3D Direnç Yüğü x1
5. PE-5310-4A Geri-yön (Flyback) Anahtarlmalı Güç Kaynağı x1
6. PE-5340-3A İzolasyon Trafosu x1
7. Dijital Bellekli Osiloskop (DSO) x1
8. Bağlantı Kabloları
9. Köprüleme Klipsleri

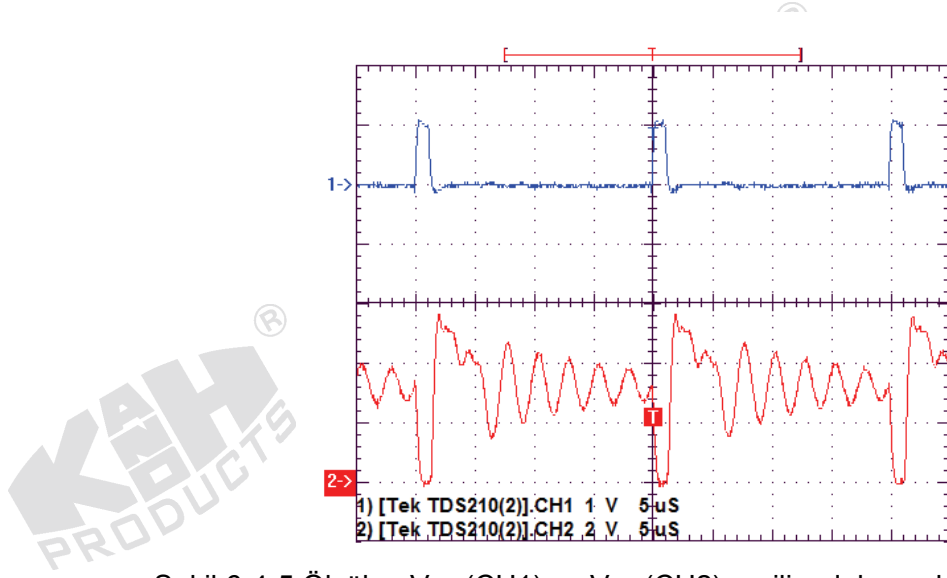
DENEYİN YAPILIŞI

1. Dijital Bellekli Osiloskobu (DSO) ve PE-5340-3A modülünü çalışma masasına yerleştirin. PE-5310-3A, PE-5310-3D, PE-5310-4A ve PE-5310-5B modüllerini Deney Düzeneğinin üzerine koyun.
2. Tüm güç kapalıyken, şekil 6-4-4'teki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. Direnç Yüğü modülünde, ON/OFF anahtarlarını OFF konumuna getirin ve Ω kontrol düğmesini, saat dönüş yönünün tersine tam olarak çevirin. Topraklı üç uçlu fişleri kullanarak, Fark Yükselteci ve R.M.S. Ölçer modüllerine, 220V AC kaynak bağlayın.
3. R.M.S Ölçerde, RMS/AV Seçici anahtarını(SW1), RMS konumuna, AC/AC+DC Seçici anahtarını(SW2), AC+DC konumuna ve V/I Aralık Seçici anahtarını (SW3), 30V konumuna getirin. Tüm gücü açın.



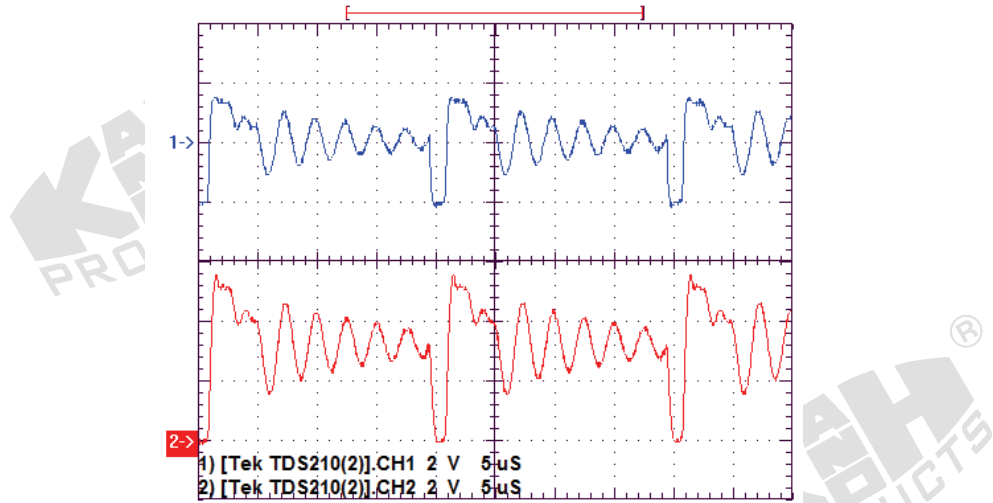
Şekil 6-4-4 Geri-dönüştü anahtarlamalı güç kaynağı ölçümü için bağlantı diyagramı

4. Tüm güç kaynaklarını açın. Geri-dönüştü Anahtarlamalı Güç Kaynağı modülünde, R18 kontrol düğmesini, min'e ayarlayın. R.M.S. Ölçer kullanarak, minimum çıkış gerilimini = _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 10V). R18 kontrol düğmesini, max'a ayarlayın. Maksimum çıkış gerilimini = _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 15V).
5. R18 kontrol düğmesini, yüksüz çıkış gerilimi $V_{NL} = 12V$ olacak şekilde ayarlayın.
6. Fark Yükseltisinde, V Aralık Seçici anahtarlarını (SWA,SWC), Ch.A için 100V konumuna, Ch.C için 500V konumuna ve Ch Seçicilerini (SW1,SW2) A ve C konumlarına getirin. Ch.A girişlerini, G ve S terminallerine (+ G'ye, - S'ye) ve Ch.C girişlerini, D ve S terminallerine (+ D'ye, - S'ye) bağlayın.
7. Osiloskop kullanarak, Q1'in V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-4-5'te gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-4-5 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, yüksüz

8. Fark Yükselticinin Ch.A girişlerini, T1 sekonder sargısına paralel olarak bağlayın (+ üst terminale, - alt terminale). Ch.C girişlerini, D ve S terminallerine (+ D'ye, - S'ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, V_{T1} ve V_{DS} 'yi, şekil 6-4-6'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.

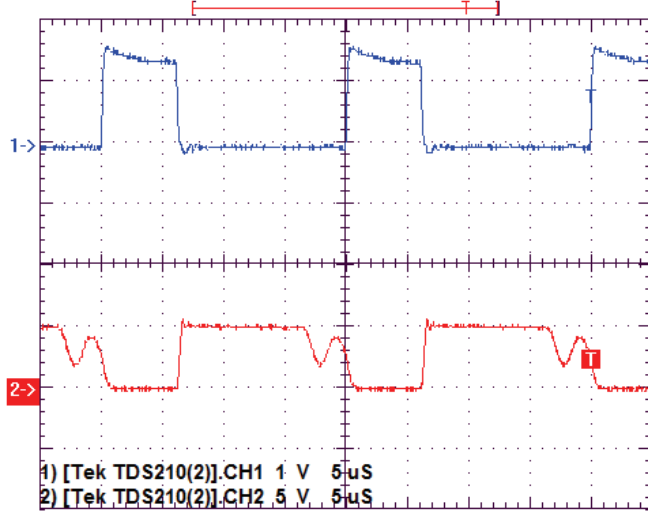


Şekil 6-4-6 Ölçülen V_{T1} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, yüksüz

9. Direnç Yük modülünde, Ω kontrol düğmesini, saat dönüş yönünün tersine tam olarak çevirin. ON/OFF anahtarlarını ON konumuna getirin. R.M.S. Ölçerin V/I Aralık Seçici anahtarını(SW3), 3A konumuna getirin. Yük akımını yaklaşık 1.9A yapmak için, Ω kontrol düğmelerini dikkatli bir şekilde çevirin. **Not: 50 Ω ve 100 Ω 'luk yük dirençlerini, sırasıyla 6 Ω ve 12 Ω 'dan küçük değerlere ayarlamayın.**

10. Çıkış gücünü hesaplayın $P_o = V \times I = \underline{\hspace{2cm}}$ W (yaklaşık $12V \times 1.9A = 22.8W$).

11. Osiloskop kullanarak, Q1'in V_{GS} ve V_{DS} gerilimlerini, şekil 6-4-7'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



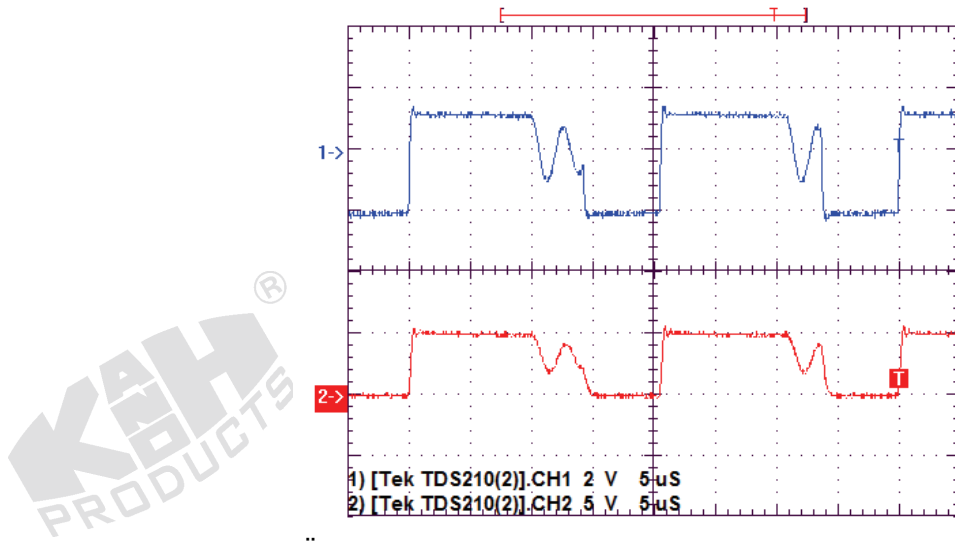
Şekil 6-4-7 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük

12. Güç Ölçer modülünde, V Aralık Seçici anahtarını (SW1) 300V konumuna ve I Aralık Seçici anahtarını (SW2) 1A konumuna getirin. Giriş gücünü ölçün ve kaydedin $P_i = \underline{\hspace{2cm}}$ W (yaklaşık 30W).

13. 10. adımdaki P_o ve 12. adımdaki P_i değerlerini kullanarak, güç verimini hesaplayın $\eta = P_o/P_i = \underline{\hspace{2cm}}$ (yaklaşık $22.8W/30W = 0.76$).

14. Fark Yükseltecinin Ch.A girişlerini, T1 sekonder sargısına paralel olarak bağlayın (+ üst terminale, - alt terminale). Ch.C girişlerini, Q1'in D ve S terminallerine (+ D'ye, - S'ye) bağlayın.

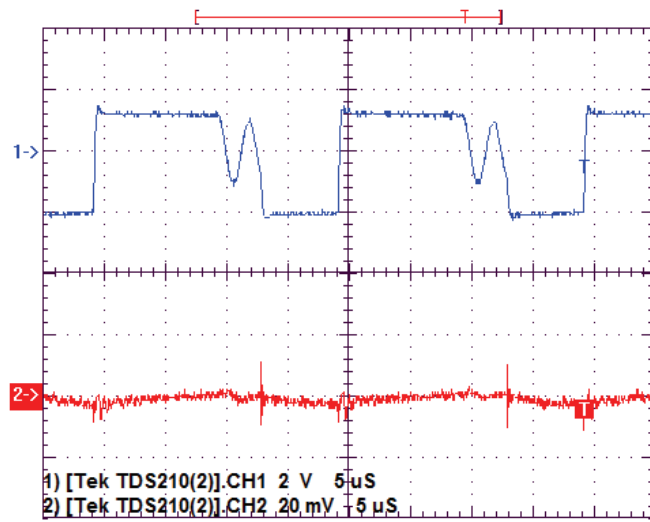
15. Osiloskop kullanarak, V_{T1} ve V_{DS} 'yi, şekil 6-4-8'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-4-8 Ölçülen V_{T1} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük

16. Fark Yükselticinin Ch.A girişlerini, T1 sekonder sargısına paralel olarak bağlayın (+ üst terminale, - alt terminale). Ch.C girişlerini, çıkış terminalleri arasına (+ V_{out+} 'ya, - V_{out-} 'ye) bağlayın. Ch.C için V Aralık Seçici anahtarını 100V konumuna getirin ve CH2 için giriş bağlantı modunu AC bağlantı olarak seçin.

17. Osiloskop kullanarak, V_{T1} ve V_r dalgalanma gerilimini, şekil 6-4-9'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-4-9 Ölçülen V_{T1} (CH1) ve V_r (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük

Deney 6-5 Elektronik Balast

DENEYİN AMACI

1. Elektronik balastın çalışma prensibini anlamak.
2. Elektronik balast devresinin gerilim ve akım dalga şekillerini ölçmek.
3. Elektronik balastın anahtarlama frekansını ve güç faktörünü ölçmek.

GENEL BİLGİLER

Yapay aydınlatma, günlük yaşamımızın vazgeçilmez parçasıdır. Akkor lamba, gaz deşarjlı lamba ve ışık yayan diyot gibi birçok yapay aydınlatma elemanı, her yerde bulunabilir.

Floresan Lamba

Floresan lamba, bir tür gaz deşarjlı lambadır. Floresan lamba, az miktarda düşük basınçlı civa ve bir soygaz içeren, kapalı bir cam tüptür. Floresan tüp aynı zamanda, iç camı boyunca fosfor tozu ile kaplanmıştır ve iki elektroda sahiptir. Bu elektrotların her biri bir uçtadır ve bu uçlar bir elektriksel devreye ve alternatif akıma bağlanır.

Floresan lamba açıldığında, akım, elektrik devresi üzerinden elektrotlara akar. Elektronların, gazın içerisinde, tüpün bir ucundan diğer ucuna gidebilmesi için, elektrotlar arasına uygun bir gerilim uygulanır. Elektronlar civa atomları ile çarpıştığında, civa, fosfor tozu uyararak görünür ışık yayılımını sağlayan, ultraviyole ışın formunda enerji salar. Bir floresan lambada, toplam enerjinin %20~%30'u görünür ışığa dönüştürülür ve geri kalan enerji ısı olarak kaybolur. Genelde, bir floresan lambanın çalışma akımı yaklaşık 430mA'dir.

Başlangıç karakteristiklerine göre, floresan lambanın başlangıç devreleri, ön ısıtma başlangıç, ani başlangıç ve hızlı başlangıç devreleri gibi gruplara ayrılabilir. Genellikle, ön ısıtma başlangıç devresi, elektrotları yaklaşık 800C°'ye kadar ısıtmak için bir starter kullanır, bu starter, gerekli olan 2~3 saniyelik ön ısıtma süresi içerisinde yaklaşık 1000V'luk başlangıç gerilimi sağlar. Ön ısıtma işlemi tamamlandığında, lamba devresi balast devresi tarafından kontrol edilir.

Balastlar

Manyetik balastlar, akımı sınırlamak için kullanılan ve kısma bobini olarak adlandırılan, bakır tel ile sarılmış çelik tabakalardan yapılmıştır. Bu tür balast lambayı aydınlatılabilir, fakat güç faktörü çok düşüktür. Manyetik balastlar aşağıdaki avantaj ve dezavantajlara sahiptir.

Avantajlar:

- a. Pahalı değildir
- b. Konfigürasyonu basit, koruması kolay

Dezavantajları

- a. Titreşim frekansı, şebeke frekansına eşit (50Hz veya 60Hz), gözlere zararlı
- b. Hacimli ve ağır
- c. Yüksek sıcaklık artışı, düşük güvenlik

Elektronik balastlar, lambayı aydınlatılabilen, cam tüpe gerekli akımı sağlayabilen ve aydınlatılmış floresan lambanın kararlı olmasını sağlayan akım kontrollü elemanlardır. Elektronik balastlar, güç elektroniği elemanları ile oluşturulur. Güç elektroniği teknolojisinin gelişmesiyle, elektronik balastların performansı gözle görülür şekilde artmıştır. Elektronik balastlar, çalışma frekansını, şebeke frekansından (50Hz veya 60Hz) minimum 10kHz'e dönüştürür. Yüksek frekanslı çalışma, titremeyi tamamen yok edebilir ve %99'a kadar yüksek güç faktörü sağlar. Ayrıca, elektronik balastlar, parazit giderme ve enerji tasarrufu özelliklerine de sahiptir. Elektronik balastların avantajları ve dezavantajları şunlardır:

Avantajlar:

- 10KHz'e kadar çalışma frekansı, gözlere zararsız
- Elektronik devre dizaynı, lambanın karakteristikleri ile tamamen uyumlu olabilir ve lampa verimi artar.
- Düşük sıcaklık artışı, daha verimli.

Dezavantajları

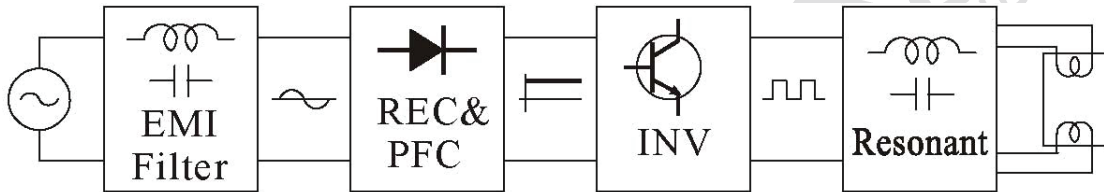
- Yüksek maliyet
- Diğer ev aletleriyle girişime sebep olabilecek kötü balast devre dizaynı.
- Karmaşık konfigürasyon, daha fazla bileşen ve daha ileri teknoloji.

Sık kullanılan elektronik balastların blok diyagramı, şekil 6-5-1'de gösterilmiştir. EMI filtresi, ac güç kaynağı üzerinden diğer elektrikli ev aletleri ile girişimi engellemek için, balast devresi tarafından üretilen yüksek frekanslı EMI sinyalini filtrelemede kullanılır.

Doğrultucu devre, ac giriş kaynağını dc kaynağa çevirir. Güç faktörü düzeltme devresi, balastın güç faktörünü yaklaşık olarak 1'e ayarlama için kullanılır. Bu iki devrenin kullanımı, güç kayıplarını ve harmonik girişimleri minimize eder ve güç tasarrufu hedefini gerçekleştirmeyi sağlar.

Evirici, dc kaynağı, yüksek frekanslı alternatif akım çıkışına dönüştüren, bir dc-ac çeviricidir.

Rezonans devresi, (endüktans ve kapasite), evirici çıkışındaki yüksek frekanslı kare dalga sinyalini, sinüzoidal sinyale çevirir.

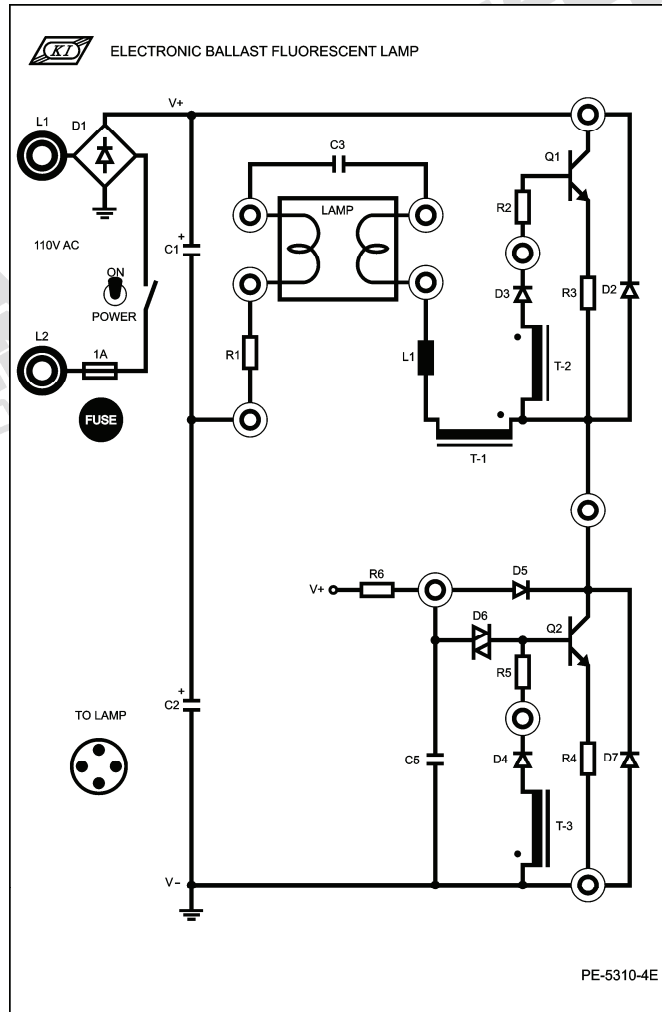


Şekil 6-5-1 Elektronik balastların blok diyagramı

PE-5310-4E Elektronik Balast Floresan Lamba Modülü

Şekil 6-5-2, PE-5310-4E Elektronik Balast Floresan Lamba modülünün devresini göstermektedir. EMI filtre ve güç faktörü düzeltme devreleri, devreyi basitleştirmek için gösterilmemiştir. Elektronik balastta, basit olduğu ve sadece iki anahtarlama tranzistörü gerektirdiği için, yarı-köprü kendinden-uyarımli devre kullanılır.

Kendinden-uyarımli elektronik balastların çalışması, transformatörün doyum prensibine dayalıdır. Tetikleme transformatörü, güç anahtarlama elemanlarını sürmek amacıyla pozitif geri besleme oluşturmak için tasarlanmıştır. Balast devresinin ana avantajları, birkaç eleman gerektirmesi ve maliyetinin düşük olmasıdır, bu yüzden çok sık kullanılır. Anahtarlama frekansı, sarım sayıları ve demir çekirdeğin hacmi (endüktansın genişliği) ile belirlenir. Elemanların değerleri belirlendikten sonra, anahtarlama frekansını değiştirmek zordur.



Şekil 6-5-2 PE-5310-4E Elektronik Balast Florasan Lamba modülü

Elektronik balastın çalışması esasen, C5 kapasitesinin, R6 seri başlatma direnci üzerinden şarj olmasına bağlıdır. Güç açıldığında, C5, üzerindeki gerilim D6 DİYAK'ının çığ gerilimine (yaklaşık 35V) ulaşınca kadar, V+ gerilimi ile R6 üzerinden şarj edilir. D6 DİYAK'ı çığ bölgesine girer ve Q2'yi tetikleyerek, V+, R6, D6, Q2, R4 ve V- akım yolu boyunca iletme sokar. Aynı zamanda, C5 kapasitesi, D5, Q2 ve R4 üzerinden deşarj olur ve D6 kesime gider. Başlangıç zamanı, $R6C5$ zaman sabiti ve D6 DİYAK'ının çığ gerilimi ile belirlenir.

Q2 iletimdeyken, C2 kapasitesi, R1, lamba elektrotları, C3, L1, T-1, Q2 ve R4 üzerinden deşarj olur. Tetikleme transformatörünün manyetik yapısından dolayı, transformatörün T-2 sekonderinde üzerindeki indüksiyon gerilimi, D3 diyodunu ve Q1 güç transistörünü iletim yönünde kutuplar ve akım, D3, R2, Q1 ve R3 üzerinden akar. Q1 iletime girince, C1 kapasitesindeki yük, Q1, R3, T-1, L1, lamba elektrotları, C3 ve R1 üzerinden deşarj olur. Bu arada, T-3 sekonder sargısında endüklenen gerilim, D4 ve Q2'yi iletim yönünde kutuplar ve akım, D4, R5, Q2 ve R4 üzerinden akar. Q2 güç transistörü, elektrotları ısıtmak için tekrar iletimdedir. Q1 ve Q2 dönüşümlü olarak iletimde olduğu için, elektrotlara uygulanan ac kare sinyal, elektron yayılımı için elektrot sıcaklığını artırır. Ön ısıtma akımı, elektrot sıcaklığını çalışma sıcaklığına yükselttiğinde, elektrotlar elektron yayarlar ve bu elektronlar, cam tüp içerisindeki gaz halindeki civa atomları ile çarpışır ve ark deşarjına neden olur, böylece floresan lamba çalışır ve aydınlatma sağlar..

T-2 ve T-3 sekonder sargıları zıt kutuplu olduğu için, sadece aynı anda Q1 ve Q2 güç transistörlerinden sadece biri iletimde olabilir. Q1 ve Q2 güç transistörlerinin tetikleme sinyalleri, ana devredeki tetikleme transformatörünün kendisi tarafından üretilir, bu yüzden devrenin çalışması, kendinden-uyarımlı olarak isimlendirilir.

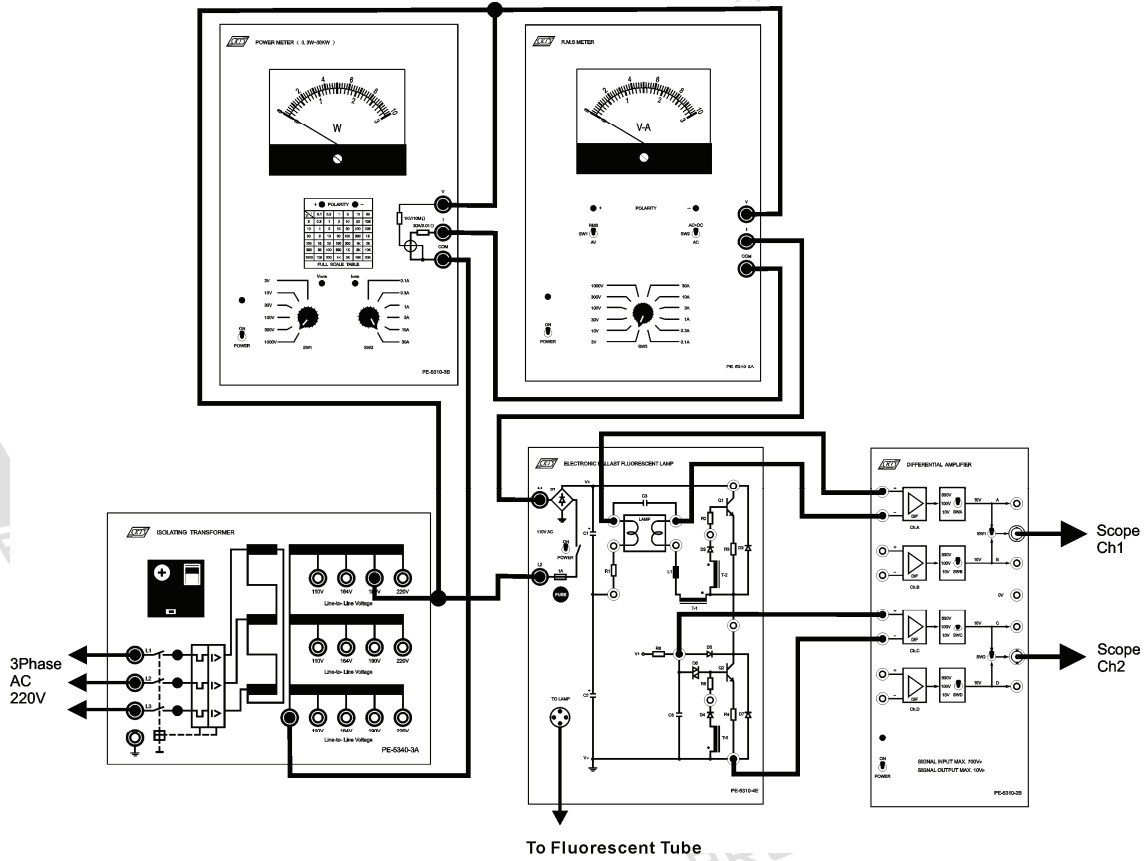
Bu devrede, D2 ve D7 serbest geçiş diyotları, ilgili güç transistörü kesimdeyken, transformatör sargılarında depolanan enerjiyi serbest bırakmak için akım yolları sağlarlar. Bu, güç transistörlerinin aşırı gerilimden zarar görmesini engeller. R3 ve R4 dirençleri, floresan lamba içerisindeki akımı azaltmak ve güç transistörlerinin aşırı ani akımdan (spike) zarar görmesini engellemek için kullanılan akım-sınırlayıcı dirençlerdir.

KULLANILACAK ELEMANLAR

1. PE-5310-2B Fark Yükseltici x1
2. PE-5310-3A R.M.S. Ölçer x1
3. PE-5310-3B Güç Ölçer x1
4. PE-5310-4E Elektronik Balast Floresan Lamba x1
5. PE-5340-3A İzolasyon Trafosu x1
6. Dijital Bellekli Osiloskop (DSO) x1
7. Bağlantı kabloları

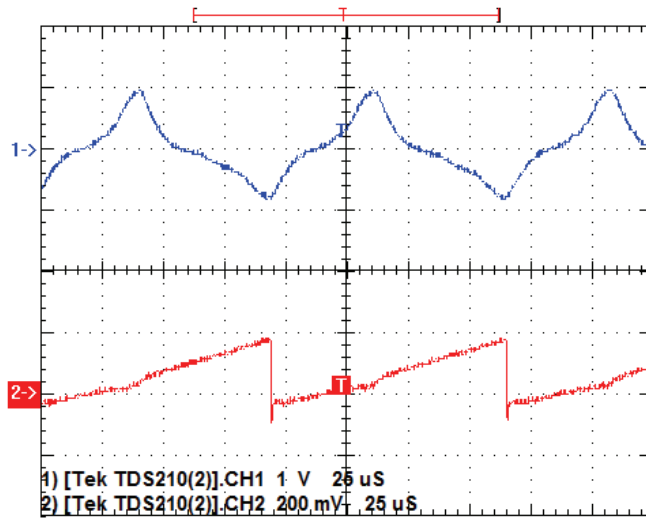
DENEYİN YAPILIŞI

1. PE-5310-3A, PE-5310-3B ve PE-5310-4E modüllerini Deney Düzeneğinin üzerine koyun. Dijital Bellekli Osiloskobu (DSO) ve PE-5340-3A modülünü çalışma masasına yerleştirin.
2. Tüm güç kapalıyken, bağlantı kablolarını kullanarak, şekil 6-5-3'teki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. Floresan lamba tüpünü, Elektronik Balast Floresan Lamba modülüne bağlayın. Topraklı üç uçlu fişleri kullanarak, R.M.S. Ölçer, Güç Ölçer ve Fark Yükseltici modüllerine, 220V AC kaynak bağlayın.
3. R.M.S Ölçerde, RMS/AV Seçici anahtarını(SW1), RMS konumuna, AC/AC+DC Seçici anahtarını(SW2), AC konumuna ve V/I Aralık Seçici anahtarını (SW3), 300V konumuna getirin.
4. Tüm gücü açın. Floresan lamba anında yanmalıdır. Giriş gerilimini $V=$ _____ V (yaklaşık 120V) ve giriş akımını $I=$ _____ A (yaklaşık 0.23A) ölçün ve kaydedin.
5. Güç Ölçer modülünde, V Aralık Seçici anahtarını (SW1) 100V konumuna ve I Aralık Seçici anahtarını (SW2) 0.3A konumuna getirin. Giriş gücünü ölçün ve kaydedin= W (yaklaşık 20W). Güç faktörünü hesaplayın. $\cos\theta= P/VI=$ _____ (yaklaşık 0.72).



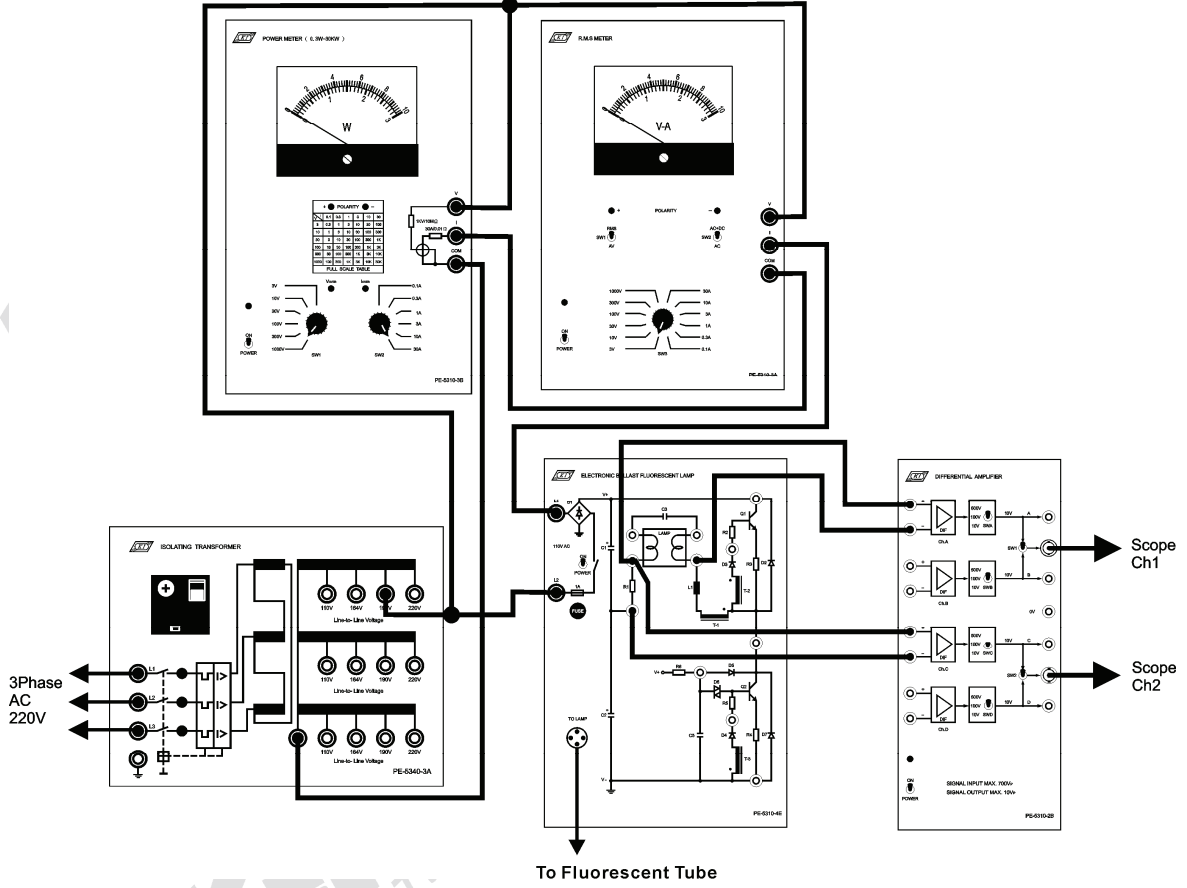
Şekil 6-5-3 Elektronik balast ölçümü için bağlantı diyagramı

6. Fark Yükseltecinde, V Aralık Seçici anahtarlarını (SWA,SWC), Ch.A için 500V konumuna, Ch.C için 100V konumuna ve Ch Seçicilerini (SW1,SW2) A ve C konumlarına getirin. Osiloskop kullanarak, V_{C3} ve V_{C5} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-5-4'te gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



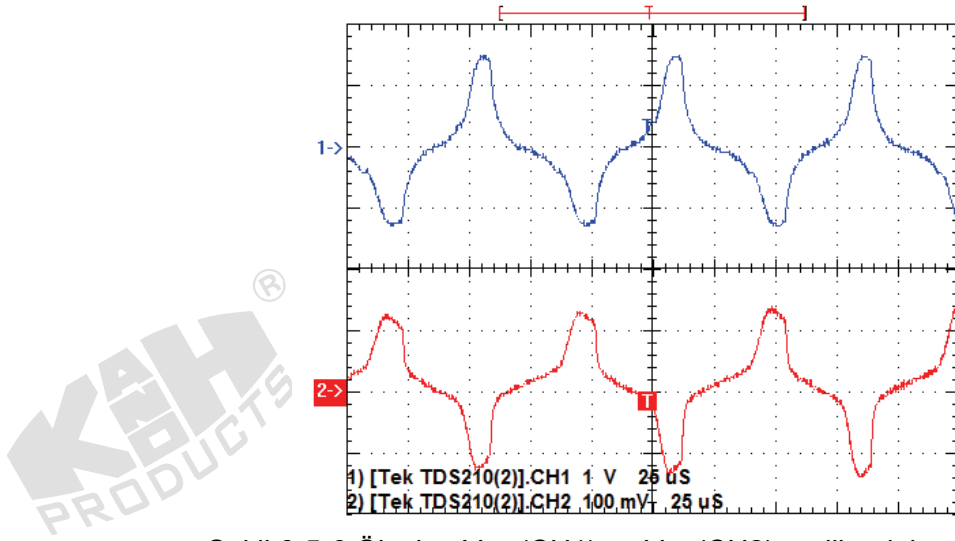
Şekil 6-5-4 Ölçülen V_{C3} (CH1) ve V_{C5} (CH2) gerilim dalga şekilleri

7. Elektronik Balast Floresan Lamba modülünü kapatın. Fark Yükseltecinin Ch.A ve Ch.C girişlerini, şekil 6-5-5'te gösterildiği gibi, yeniden bağlayın.



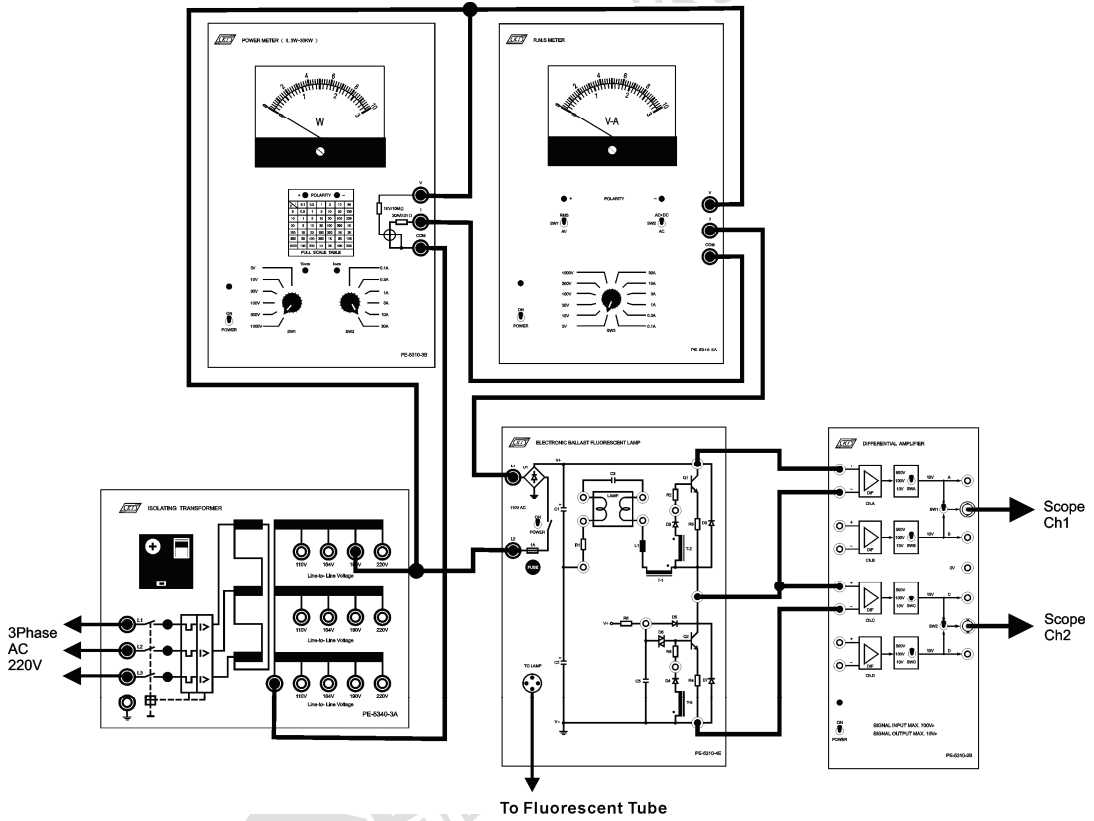
Şekil 6-5-5 Elektrot gerilimi ve akımını ölçmek için bağlantı diyagramı

8. Elektronik Balast Floresan Lamba modülünü açın. Osiloskop kullanarak, elektrot gerilimini (VE) ve R1 uçlarındaki gerilimi (VR1), şekil 6-5-6'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



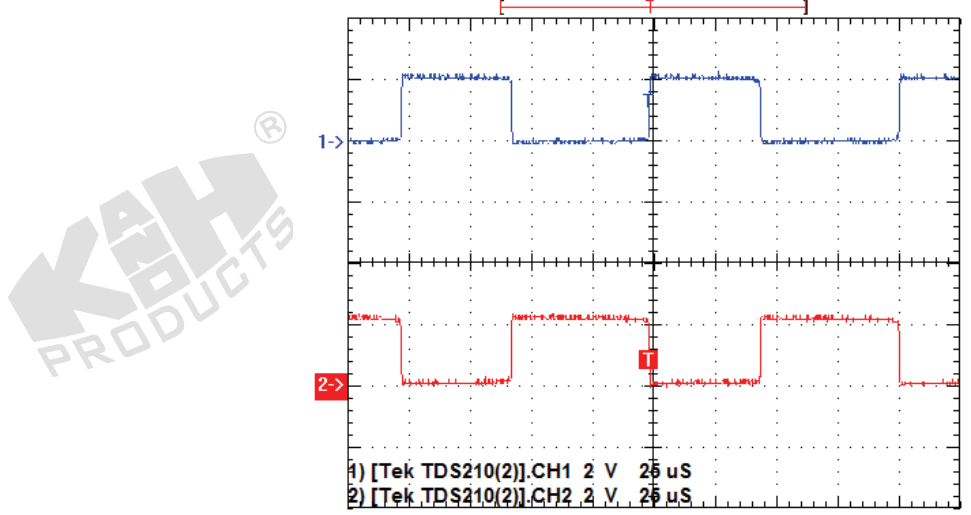
Şekil 6-5-6 Ölçülen V_E (CH1) ve V_{R1} (CH2) gerilim dalga şekilleri

9. Elektronik Balast Floresan Lamba modülünü kapatın. Fark Yükselticinin Ch.A ve Ch.C girişlerini, şekil 6-5-7'de gösterildiği gibi, yeniden bağlayın. Ch.A ve Ch.C için V Aralık Seçici anahtarlarını 500V konumuna getirin.



Şekil 6-5-7 Anahtarlama transistörlerinin V_{CE} 'lerini ölçmek için bağlantı diyagramı

10. Elektronik Balast Floresan Lamba modülünü açın. Osiloskop kullanarak, V_{D2} ve V_{D7} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-5-8'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin. V_{D2} ve V_{D7} , sırasıyla V_{CE1} ve V_{CE2} 'ye eşdeğerdir.



Şekil 6-5-8 Ölçülen V_{D2} (CH1) ve V_{D7} (CH2) gerilim dalga şekilleri

11. Şekil 6-5-8'de kaydedilen dalga şekillerinden, balastın anahtarlama frekansını belirleyin $f = \underline{\hspace{2cm}}$ KHz (yaklaşık 10KHz).