

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ*MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

**MEDİKAL CİHAZLAR İÇİN ANAHATLAMALI GÜÇ KAYNAĞI,
1 MHz & 3 MHz FREKANS ELDE ETME VE MOSFET SÜRME**

MÜHENDİSLİK TASARIMI III

**Zeynep SAKLI
160207013**

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

Prof. Dr. Ali TANGEL

KOCAELİ,2021

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Günümüzde kullanılan elektronik araç ve gereçlerin çalışması için güç kaynaklarına ihtiyaç vardır. Teknoloji geçmişten günümüze gelişmiştir ve gelişmeye devam etmektedir. Bu gelişmelerle birlikte, kullanılan her elektronik araç ve gereçler için çeşitli güç kaynakları bulunmaktadır. Bununla birlikte, güç kaynakları bir yükü sürebilmek için kullanılan MOSFET sürücü devrelerinde oldukça gereklidir. MOSFET sürme devreleri, tercih edilen MOSFET'e ve kullanılan sürücü entegresine göre çeşitli frekanslarda işlev gösterebilmektedir.

TÜBİTAK UME Medikal Metroloji Laboratuvarı tarafından desteklenen bu projede, bir fizyoterapi cihazı için gereken çeşitli besleme değerleri ile anahtarlamalı güç kaynağı, MOSFET sürücü devresi ve 1 MHz & 3 MHz frekans elde etmek için PLL devresi tasarlanmıştır.

Bu proje üzerinde çalışırken fikirleriyle ve tecrübeleriyle projeyi daha ileriye taşımama yardımcı olan Dr. Cengiz Birlikseven'e ve her konuda yardımlarını eksik etmeyen Prof. Dr. Ali Tangel'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

OCAK 2021, KOCAELİ

ZEYNEP SAKLI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	2
İÇİNDEKİLER	2
ŞEKİLLER VE TABLOLAR	3
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR	4
1. GİRİŞ	7
2. SMPS	2
2.1 SMPS Çeşitleri	4
2.1.1 Buck Dönüştürücü (Alçaltan)	4
2.1.1.1 LM2596 Entegresi	7
2.1.1.2 Buck Devre Tasarımı	8
2.1.2 Boost Dönüştürücü (Yükselten).....	11
2.1.2.1 LM2577 Entegresi	14
2.1.2.2 Boost Devre Tasarımı	15
2.2 Lineer Voltaj Regülatörleri Kullanarak Sabit Voltaj Elde Etme.....	17
3. 16 MHZ KRİSTAL OSİLATÖR KULLANARAK 1 MHZ & 3 MHZ FREKANS ÇIKIŞI ELDE ETME	19
3.1 CD4060BE Osilatör Entegresi	19
3.2 PLL.....	20
3.2.1 CD4046 PLL Entegresi ve Çalışma Mantığı	22
3.3 Flip-Flop.....	24
3.3.1 CD4081BE, CD4071BE ve CD4069 CMOS Lojik Kapılar	25
3.4 1 MHz ve 3 MHz Frekans Çıkış Elde Etme Devre Tasarımı.....	26
4. HIP4081 MOSFET SÜRÜCÜ DEVRESİ İLE IRFZ44N MOSFET SÜRME.....	29
4.1 Bootstrap Tekniği ile MOSFET Sürme	30
KAYNAKÇA.....	32

ŞEKİLLER VE TABLOLAR

Şekil 2. 1: Anahtarlama Güç Kaynağı Genel Şema.....	3
Şekil 2. 2: Buck Dönüştürücü Devresi	4
Şekil 2. 3: MOSFET İletim Durumu	5
Şekil 2. 4: MOSFET Kesim Durumu	5
Şekil 2. 5: Her İki Modda Bobin Gerilimleri.....	6
Şekil 2. 6: İndüktör Akım Grafiği	6
Şekil 2. 7: İndüktör Dalgalanma Akım Grafiği	6
Şekil 2. 8: LM2596 Pin Bağlantısı	7
Şekil 2. 9: 30V- 12V Buck Devresi.....	8
Şekil 2. 10: 30V-5V Buck Devresi.....	9
Şekil 2. 11: İndüktans Değer Grafiği.....	10
Şekil 2. 12: Breadboard Görseli	10
Şekil 2. 13: 5V Avometre Çıktısı	11
Şekil 2. 14: İndüktör Akım Grafiği Multisim vs Osiloskop Çıktısı.....	11
Şekil 2. 15: Boost Devre Yapısı	12
Şekil 2. 16: MOSFET İletim Durumu	12
Şekil 2. 17: MOSFET Kesim Durumu	13
Şekil 2. 18: İndüktans Akım Grafiği.....	14
Şekil 2. 19: LM2577 Pin Bağlantıları.....	14
Şekil 2. 20: Boost Devre Şeması	15
Şekil 2. 21: Breadboard Görseli	16
Şekil 2. 22: Avometre Çıktısı	16
Şekil 2. 23: Altium Şematik	17
Şekil 2. 24: Lineer Regülatör ile Besleme Kaynağı Altium Şematiği	18
Şekil 2. 25: Lineer Regülatör ile Besleme Kaynağı Altium PCB Tasarımı.....	18
Şekil 3. 1: CD4060 Bacak Yapısı	20
Şekil 3. 2: CD4060 Altium Şematik.....	20
Şekil 3. 3: Temel FKÇ Blok Diyagramı	21
Şekil 3. 4: CD4046 PLL Entegre İç Yapısı	22
Şekil 3. 5: f_0 'a Kilitlenmiş PLL'nin Faz Karşılaştırıcı 1'ine Ait Tipik Dalga Şekilleri.....	23
Şekil 3. 6: Frekans Bölücü Yapısı	24
Şekil 3. 7: 1/3 Flip-Flop Blok Diyagramı [11]	25
Şekil 3. 8: CD4013BE Pinout.....	25
Şekil 3. 9: CD4081, CD4071 ve CD4069 CMOS Kapı İç Yapıları	25
Şekil 3. 10: 1 MHz & 3 MHz Frekans Elde Etme Devresi.....	26
Şekil 3. 11: 1 MHz & 3 MHz Altium PCB Tasarımı	27
Şekil 3. 12: 1MHz & 3MHz Frekans Çıktı Devresi Breadboard Görseli	27
Şekil 3. 13: 1 MHz & 3MHz Osiloskop Çıktıları	28
Şekil 4. 1: Bootstrap Yapısı	30
Şekil 4. 2: HIP4081 Full Bridge MOSFET Sürücü Devresi.....	31
Şekil 4. 3: MOSFET Sürme Devresi Breadboard Görseli ve 10kHz'de Osiloskop Çıktısı.....	31

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

ADJ : Adjustable

AC : Alternating Current

CMOS : Complementary Metal Oxide Semi-conductor

CCM : Continious Conduction Mode

DC : Direct Current

IC : Integrated Circuit

IGBT : Insulated Gate, Bipolar, Transistor

MOSFET: Metal Oxide Semi-conductor Field Effect Transistor

PLL : Phase Locked Loops

SMPS : Switch Mode Power Supply

MEDİKAL CİHAZLAR İÇİN ANAHTARLAMALI GÜÇ KAYNAĞI, 1 MHz & 3 MHz FREKANS ELDE ETME VE MOSFET SÜRME

ZEYNEP SAKLI

Anahtar Kelimeler: Anahtarlama, SMPS, Güç Kaynağı, Buck, Boost, Gerilim, Frekans, AC/DC, CMOS, PLL, Bootstrap, Multisim, Osiloskop, Altium, PCB Tasarımı, Flip- Flop, MOSFET Sürücü

Özet: Bu projede; fizyoterapi cihazı için gereken anahtarlama gücü kaynağı, MOSFET sürücü devresi ve 1 MHz & 3 MHz frekans elde etme devresi tasarlanmıştır. Bu cihazda 3 farklı çıkış gerilimine ihtiyaç duyulmaktadır.

Öncelikle trafodan gelen AC gerilimi DC gerilime çevirdikten sonra, devrenin giriş geriliminde bulunan 30V'u, 5V ve 12V'a dönüştüren bir Buck (Alçaltan) devresi tasarlanmıştır. Tek bir devrede bulunan 5V ve 12V gerilim değerleri devrenin çıkışından alınmıştır. 30V giriş gerilimini 56V çıkış gerilimine dönüştüren bir Boost (Yükselten) devresi tasarlanmıştır. Üretilen 12V ile 1 MHz & 3 MHz frekans çıkışları elde edilen devrenin entegreleri beslenmekte ve 56V ile NPN MOSFETlere besleme sağlanmaktadır.

Sonuç olarak 5V, 12V ve 56V çıkış gerilimleri ile 1 MHz & 3 MHz frekans çıkışları MOSFET sürücü devresinde kullanılmak üzere elde edilmiştir.

SWITCH MODE POWER SUPPLY, GENERATING 1 MHz & 3 MHz FREQUENCY AND MOSFET DRIVER CIRCUIT

Zeynep SAKLI

Keywords: Switching, SMPS, Power Supply, Buck, Boost, Frequency, Voltage, AC/DC, CMOS PLL, Bootstrap, Multisim, Oscilloscope, Altium, PCB Design, Flip- Flop, MOSFET Driver

Abstract: The necessary switch mode power supply, generating 1 MHz & 3 MHz frequency and MOSFET driver circuit were designed for the physiotherapy device that drawn in this project. This device requires three different output voltages.

Firstly, after converting the AC voltage from the transformer to DC voltage, a Buck converter circuit was designed that converts the 30V in the input voltage of the circuit to 5V and 12V. 5V and 12V output voltages are available at the output of a single circuit. A Boost circuit are designed that converts 30V input voltage to 56V output voltage. The circuit that has 1 MHz & 3 MHz frequency outputs is supplied with the produced 12V. 56V is supplied to NPN MOSFETs.

Consequently, output voltages of 5V, 12V and 56V, generating 1 MHz & 3 MHz frequency outputs and MOSFET driver circuit are designed.

1. GİRİŞ

Herhangi bir elektrik ve elektronik devredeki güç kaynağı devresi, tüm devreye güç sağlamak için hayati bir rol oynar. Farklı devreler, farklı aralıklarda ve özelliklerde çeşitli güç türlerini gerektirir. Böylece farklı güç dönüştürücüleri kullanılarak istenen akım ve gerilim sağlanmış olur. Bu kaynaklara güç kaynağı adı verilir. Çeşitli elektronik aletler için çeşitli güç kaynağı türleri bulunmaktadır. Anahtarlama güç kaynakları, doğrusal güç kaynakları, pil kaynağı bu türlerin içinde yer almaktadır.

Proje kapsamında temel olarak yüksek verimliliğinden ve trafonun daha küçük olması sebeplerinden dolayı anahtarlama güç kaynağı tasarımı, MOSFET sürücü devre kartı ve 1 MHz & 3MHz PLL devre tasarımı yapılmıştır.

Anahtarlama güç kaynağı devresinde ilk olarak trafodan gelen AC gerilim DC gerilime dönüştürülmüştür. 30V DC giriş gerilimi Buck dönüştürücü devresi tasarlanıp 5V ve 12V olmak üzere iki farklı çıkış elde edilmiştir. Buck dönüştürücü devresi için LM2596 entegresi kullanılmıştır. 30V DC giriş gerilimi Boost dönüştürücü devresi tasarlanıp 56V'a dönüştürülüp çıkış gerilimi elde edilmiştir. Boost dönüştürücü devresi için LM2577 entegresi kullanılmıştır.

Üretilen bu çıkış gerilimleri yine bu projede tasarlanmış olan 16 MHz kristal osilatörden CD4060, CD4046 ve 1/3 Flip-Flop yapıları kullanılarak 1 MHz ve 3 MHz frekans çıktıları ve bu frekansları kullanarak sürülecek olan MOSFET sürme devresinin entegrelerini beslemek için oldukça önemlidir.

HIP4081 MOSFET sürücü entegresi ile IRFZ44N NPN MOSFET'ler bir H-Bridge yapısı oluşturularak direnç üzerinden sürülmüştür.

2. SMPS

Anahtarlamaalı güç kaynağı standart yöntemlerle gerekli çıkış voltajlarını elde etmek yerine bu voltajı yarı iletkenli anahtarlama tekniklerini kullanarak sağlayan bir sistemdir.

SMPS'lere ait özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir;

- 1) Girişteki şebeke dalgalanmalarından çok fazla etkilenmemektedirler.
- 2) Çıkış gürültü seviyeleri oldukça yüksektirler.
- 3) Yüksek frekans değerlerinde çalışmaktadırlar.
- 4) Şebeke gerilimi 160V-260V arası değişimleri dışındaki yükün çalışabilme özelliğinin bozulmaması için kullanılmaktadırlar.
- 5) En önemli avantajları çok yüksek verimlerde dönüşüm yapabilmeleridir. Bu dönüşüm devrenin içindeki transistör veya MOSFET anahtarlamaı ile elde edilir.
- 6) Çok daha verimli olmalarına karşın daha maliyetlidirler.

Anahtarlamaalı Güç Kaynağı ve Doğrusal Besleme Arasındaki Temel Farklılıklar;

- 1) Doğrusal regülatörler, SMPS'e göre daha verimsizdir çünkü giriş voltajı ile düzenlenmiş çıkış voltajı arasındaki fark sürekli olarak ısı olarak dağıtılmaktadır.

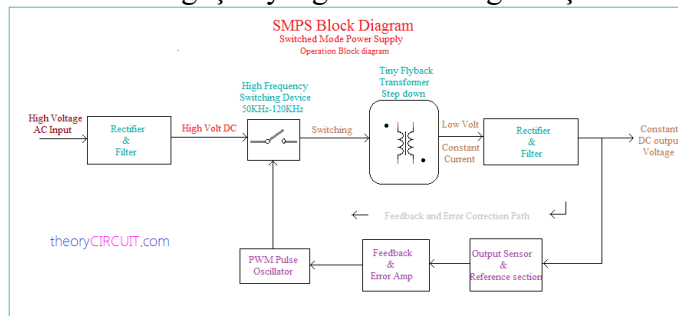
- 2) SMPS daha verimlidir çünkü seri elemanla kapalı olduğu neredeyse hiç güç dağıtmamaktadır. SMPS %65-%75 verimliliğe sahiptir. Lineer beslemelerin verimliliği, omik kayıplardan dolayı yaklaşık %20-25 düşük olduğu bilinmektedir.
- 3) Anahtarlama regülatörleri, lineer regülatörlerin aksine giriş voltajından daha yüksek veya zıt polaritede çıkış voltajları üretebilmektedir.
- 4) Doğrusal güç kaynakları SMPS'e göre çok daha büyüktür çünkü giriş trafosu, üzerinde çalıştığı düşük frekans nedeniyle büyük olmalıdır. Bir voltaj regülatöründe daha fazla ısı üretildiğinden, soğutucu da kullanılmalıdır.

Anahtarlama Güç Kaynaklarının Üç Önemli Eleman;

- 1) MOSFET
- 2) Besleme Çıkış Trafosu
- 3) PWM Osilatör Entegresi

DC kıyıcılar, regüle edilmemiş DC gerilimi, regüle edilmiş DC çıkış gerilimine çevirmek için anahtarlama mod regülatörler olarak kullanılabilirler. Regülasyon genellikle, sabit bir frekansta Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM) ile gerçekleştirilebilir ve anahtarlama elemanı genellikle güç transistörü, güç MOSFET'i veya IGBT'dir. Anahtarlama mod regülatör, regüle edilmemiş bir DC gerilim girişini bir anahtarlama elemanı ile kıyarak ve daha sonra bu kıyılmış çıkış gerilimini filtreleyerek anahtarlama elemanının doluluk boşluk oranını değiştirerek çıkış gerilimi regüle edilebilir [1].

Şekil 2. 1' de anahtarlama güç kaynağı devresinin genel şeması bulunmaktadır [1].



Şekil 2. 1: Anahtarlama Güç Kaynağı Genel Şema

2.1 SMPS Çeşitleri

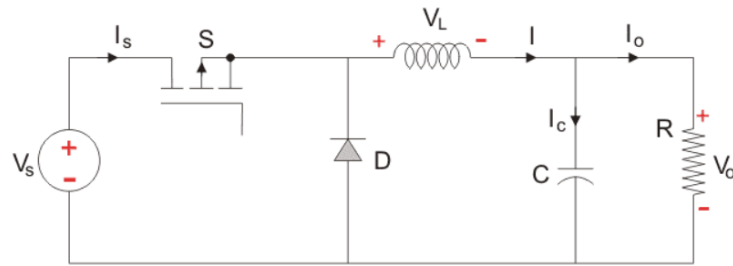
Giriş ve çıkış gerilimleri arasındaki ilişkiye göre, anahtarlama DC güç kaynakları üç gruba ayrılabilir: alçaltan (Buck), yükselten (Boost), alçaltan-yükselten (Buck-Boost) regülatörler. Ayrıca, izole edilmiş geri-dönüştürücü (Flyback) anahtarlama güç kaynağı, ticari uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Alçaltan ve yükselten anahtarlama güç kaynağı topolojileri bu proje kapsamında ele alınmıştır.

2.1.1 Buck Dönüştürücü (Alçaltan)

Buck dönüştürücü, voltaj çıkışı gerilim girişinden daha düşük olan bir anahtarlama dönüştürücüdür.

Devrenin temelinde S anahtarının açık ve kapalı konumuna göre çıkışta ortalama bir gerilim elde edilir. Devre şeması diyot, bobin (indüktans), kapasitör ve anahtarlama görevi üstlenen MOSFET'ten oluşmaktadır. Devrede L bobinin görevi akımı sürekli hale getirmek ve başlangıç anında kalkınma akımını sınırlamaktır. L ne kadar büyük seçilirse akım değerinin sıfıra inmesi o kadar engellenmiş olunur. Akımının sıfıra inmemesi durumuna sürekli bobin akımı denir. Şekil 2. 2' de Buck dönüştürücü devresi görülmektedir [2].



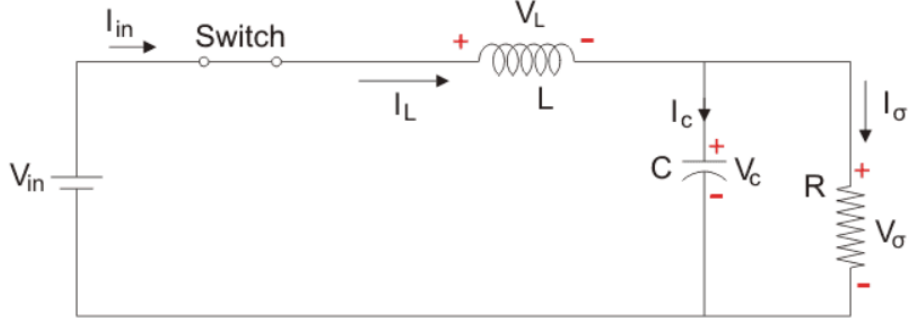
Şekil 2. 2: Buck Dönüştürücü Devresi

Devrenin çalışma mantığı; MOSFET iletimdeyken diyot kesimde, MOSFET kesimdeyken de diyot iletimde olacak şekilde ilerlemektedir.

Mod 1' de indüktör, doğrudan çıkış ile giriş arasına bağlanmıştır. Bu durumda bu modda indüktörün uçları arasındaki gerilim, giriş gerilim ile çıkış gerilimi arasındaki fark kadardır. MOSFET doygunluk (çok düşük voltaj düşmesi) ile yürütülmektedir.

Diyot kesimde olduğu zaman açık devre olarak davranmaktadır. Akım V_{in} üzerinden akarak MOSFET kanalına gider ardından bobin ve kapasiteyi şarj eder. MOSFET' in iletimde olduğu durum Şekil 2. 3' te gösterilmektedir [2].

$$V_L = V_{in} - V_o$$

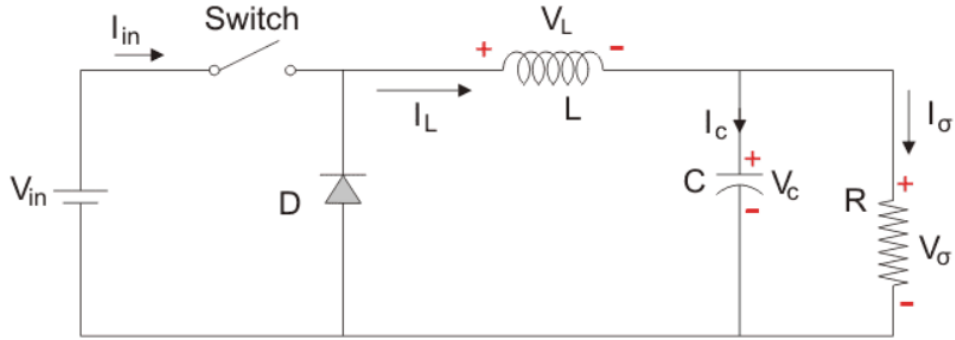


Şekil 2. 3: MOSFET İletim Durumu

Mod 2 durumunda ise MOSFET kesimde; diyotun iletimde olduğunu görülmektedir. Bu durumda indüktör üzerinde, çıkış gerilimine eşit ve ters polariteli bir gerilim gözlemlenmektedir.

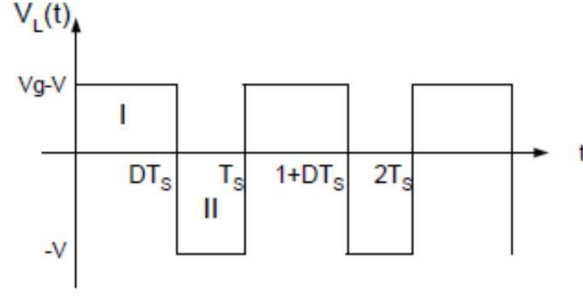
Şekil 2. 4' te MOSFET'in kesimde olduğu durum gösterilmektedir [2].

$$V_L = -V_o$$



Şekil 2. 4: MOSFET Kesim Durumu

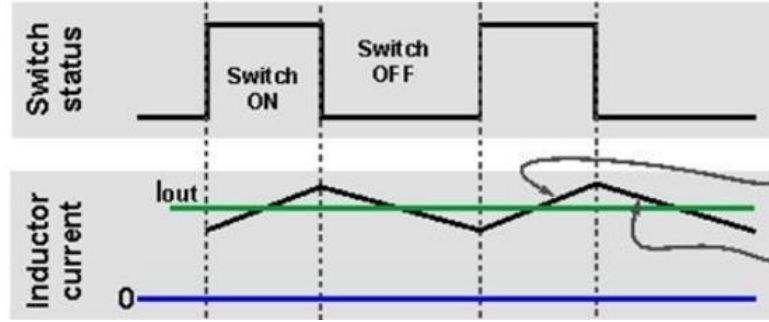
Şekil 2. 5' te her iki modda da bobinin üzerinde gerilim olduğu görülmektedir.



Şekil 2. 5: Her İki Modda Bobin Gerilimleri

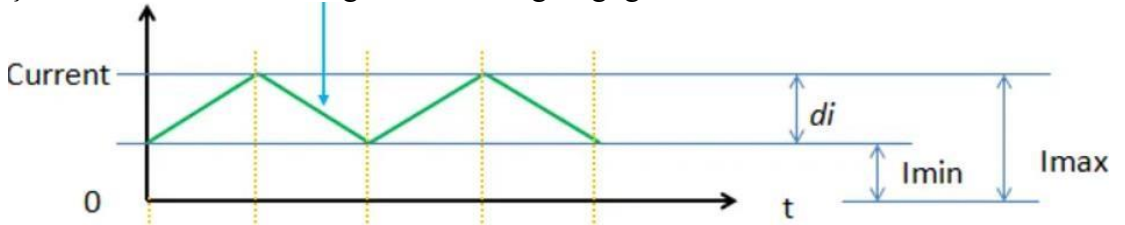
İndüktör Üzerindeki Akım;

Buck dönüştürücü devresinde Şekil 2. 6' da görüldüğü üzere, bobin üzerindeki akım sıfıra düşmez ve belli bir minimum değerindedir. Bu yüzden 'Sürekli Mod' olarak adlandırılan CCM (Continuous Conduction Mode)' de çalışmaktadır [2].



Şekil 2. 6: İndüktör Akım Grafiği

Şekil 2. 7' de indüktör dalgalanma akım grafiği gösterilmektedir [2].



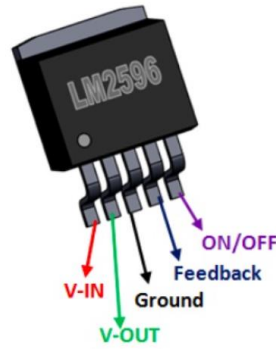
Şekil 2. 7: İndüktör Dalgalanma Akım Grafiği

LM2596S-ADJUSTABLE entegresi Buck (Alçaltan) Dönüştürücü için tasarlanan devrede kullanılmıştır.

2.1.1.1 LM2596 Entegresi

LM2596 özelliklerinden en önemlisi, dönüştürücü bir anahtarlama güç kaynağı olması nedeniyle, özellikle daha yüksek giriş voltajlarına sahip popüler üç terminalli lineer regülatörlere kıyasla verimliliği önemli ölçüde yüksektir. Maksimum 40V DC giriş geriliminde ve 150 KHz'lik bir anahtarlama frekansında çalışmaktadır. Böylece daha düşük frekanslı anahtarlama düzenleyicileri ile gerekenden daha küçük boyutlu filtre bileşenlerine izin vermektedir.

Şekil 2. 8' de LM2596 pin bağlantıları görülmektedir [\[3\]](#).

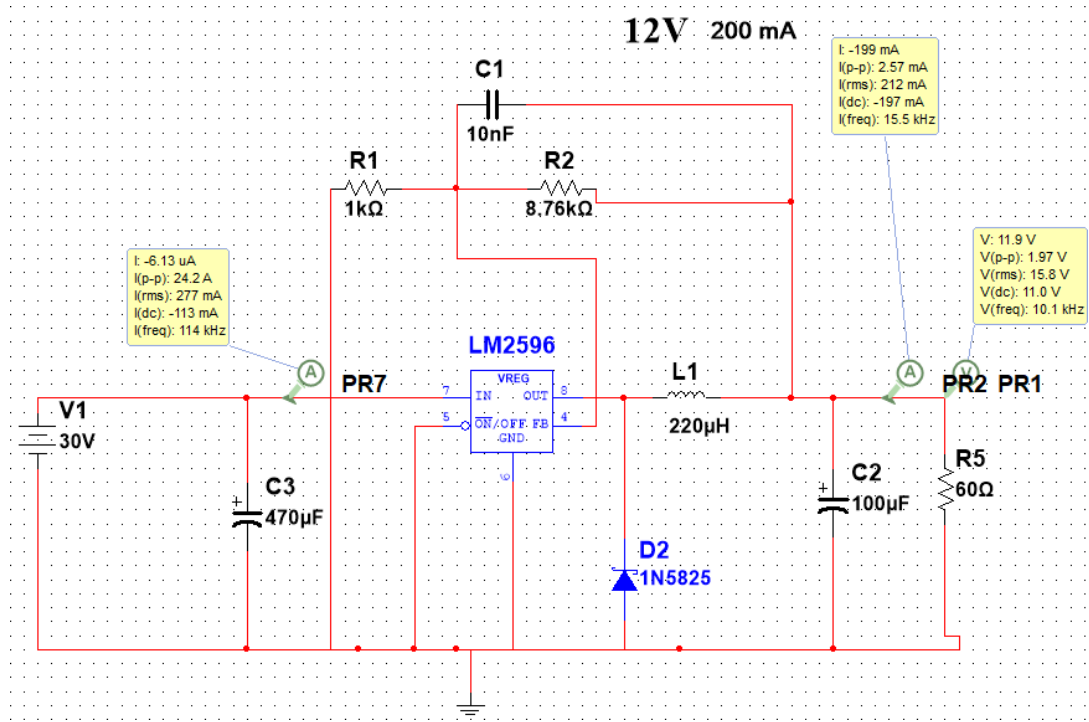


Şekil 2. 8: LM2596 Pin Bağlantısı

2.1.1.2 Buck Devre Tasarımı

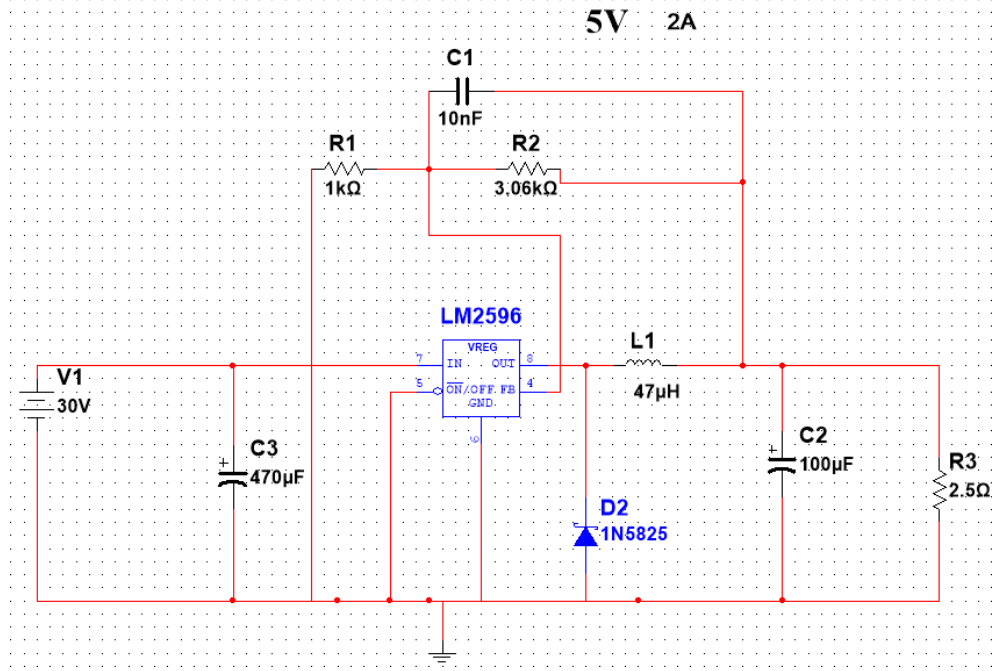
Tasarlanan devrede, trafodan gelen AC sinyal DC sinyale çevrildikten sonra, köprü diyottan 30V giriş voltajı alınarak 5V ve 12V olacak şekilde iki çıkış voltajı elde edilmeye çalışıldı. Alçaltan devresi için gerekli hesaplamalar yapıp; bobin ve kapasite değerleri iki çıkış gerilimi için de hesaplandı, daha sonra ilgili devre NI Multisim programında simüle edildi.

Şekil 2. 9’ da 12V çıkış gerilimi elde edilen devrenin Multisim simülasyonu görülmektedir.



Şekil 2. 9: 30V- 12V Buck Devresi

Şekil 2. 10’da 5V çıkış gerilimi elde edilen devrenin Multisim simülasyonu görülmektedir.



Şekil 2. 10: 30V-5V Buck Devresi

Şekil 2. 9 ve Şekil 2. 10’da R1 direnci 1 Kohm kabul edilerek R2 dirençleri;

$R2 = R1 \cdot (V_{out} / V_{ref} - 1)$ formülü ile hesaplandı. ($V_{ref} = 1.23$ V kabul edildi.)

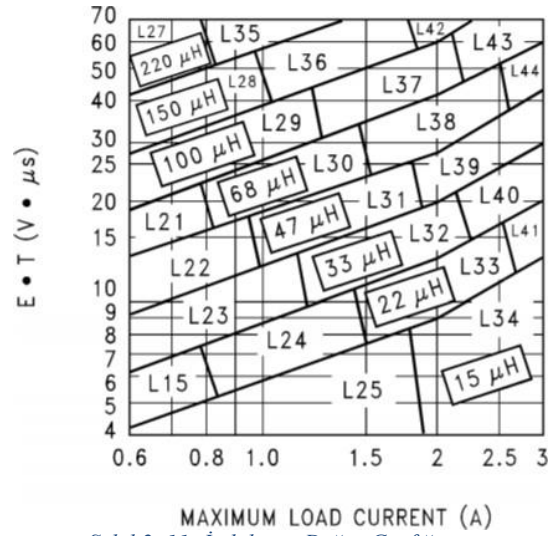
İndüktör seçimi için $V_{sat} = 1.16$ V, $F_{sw} = 150$ kHz ve $V_{diot} = 0.5$ V kabul edilerek;

$$E.T \quad (V.us) = (V_{in} - V_{out} - V_{sat}) \cdot (V_{out} + V_{diot}) / (V_{in} - V_{sat} + V_{diot}) \cdot (1000 / 150 \text{ kHz})$$

değeri iki durum için de hesaplandı.

5 V için $E.T = 18.89$ V.us ve 12V için $E.T = 11.24$ olarak hesaplandı. E.T sonuçlarına göre LM2596S-ADJUSTABLE datasheetinden yararlanarak bulunan grafik üzerinden yük akımı 2A ve 250 mA’e göre uygun indüktans değeri okundu.

Şekil 2. 11’de indüktans değer grafiği görülmektedir. [3]



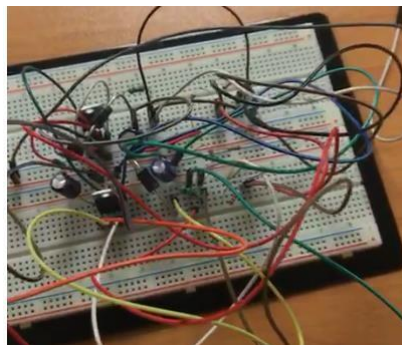
Şekil 2. 11: İndüktans Değer Grafiği

Çıkış kapasitesi için, yine datasheet üzerinden istenen çıkış gerilimleri dikkate alınarak değerler belirlendi. Giriş kapasitesi ve ileri besleme kapasiteleri iki çıkış için de aynı kabul edildi. Giriş kapasitesi girişteki dalgalanmaları engellemek için kullanıldı.

Akım değerlerine uygun olacak ve üzerindeki gücü karşılayabilecek şekilde datasheet üzerinden ilgili Schottky Diyot seçilmiştir. 1N5819, 1N5821, 1N5822 gibi muadilleri de seçilebilmektedir.

LM2596 için 3.3, 5.0 ve 12.0 modellerini seçmek yerine bu devrelerde de tek sabit çıkış gerilimi almamak için LM2596S- ADJ kullanılmıştır.

Şekil 2. 12' de ve 2. 13' te 5V çıkış gerilimine sahip Buck devresinin breadboard üzerinde gerçekleştirilmiş hali bulunmaktadır.

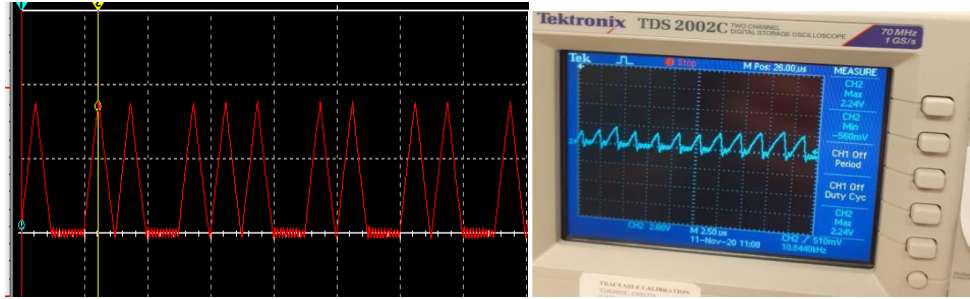


Şekil 2. 12: Breadboard Görseli



Şekil 2. 13: 5V Avometre Çıktısı

Şekil 2. 14' te 5V çıkış voltajı elde edilen devrenin indüktör akım grafiği Multisim simülasyonunda ve osiloskop üzerinde sırasıyla yer almaktadır.



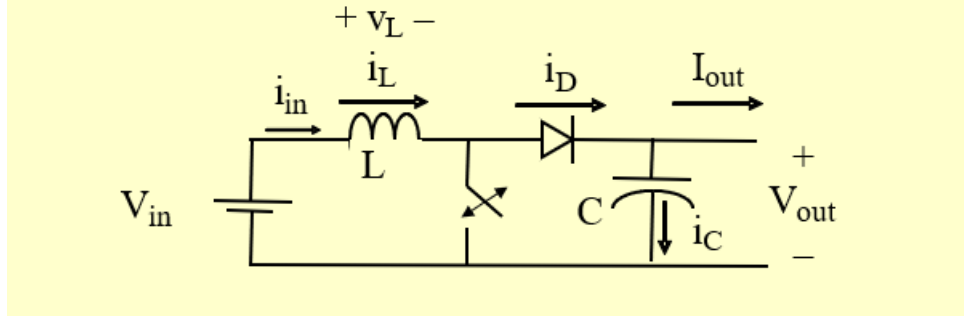
Şekil 2. 14: İndüktör Akım Grafiği Multisim vs Osiloskop Çıktısı

2.1.2 Boost Dönüştürücü (Yükselten)

Bu tip konvertörler, regüleli DC güç kaynaklarında ve DC motorlarının dinamik frenlenmesinde yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Boost dönüştürücü, voltaj çıkışı gerilim girişinden daha yüksek olan bir anahtarlama dönüştürücüdür. Anahtar kapatıldığında diyot ters kutuplandığı için ilettime geçmez. Böylece çıkış katı girişinden izole edilmiş olur. Anahtar açıldığında, çıkış katı bobin üzerinden beslenir. Kararlı durum analizinden, sabit bir çıkış gerilimi elde etmek için çıkış filtre kondansatörünün kapasitesi oldukça büyük olmalıdır.

Devre şeması diyot, bobin (indüktans), kapasitör ve anahtarlama görevi üstlenen MOSFET'ten oluşmaktadır.

Şekil 2. 15' te Boost Dönüştürücü devresi görülmektedir [\[4\]](#).

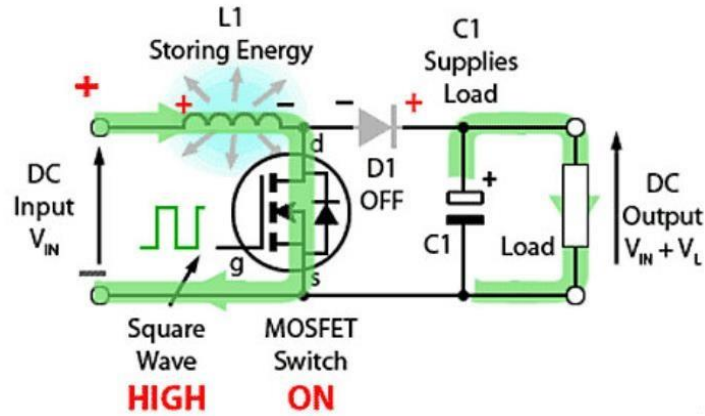


Şekil 2. 15: Boost Devre Yapısı

Devrenin çalışma mantığı; MOSFET iletimdeyken diyot kesimde, MOSFET kesimdeyken de diyot iletimde olacak şekilde ilerlemektedir.

İletim modunda, devredeki anahtarlama elemanı yani MOSFET çalışır durumda olmaktadır. Devrede enerji, kaynaktan gelip bobin ve anahtarlama elemanı üzerinden akmaktadır. Devredeki bobinin enerjilendiği görülmektedir. İletim modunda devre, iki ayrı şekilde incelenmesi gerekmektedir. İlk olarak bobinin enerjilendiği devreye, ikinci olarak ise kondansatör ve yükten oluşan kısma bakılabilir.

Bu iki kısım şekil 2. 16' da bulunmaktadır [4]. Devrede anahtar iletimde olduğu zaman dilimi içerisinde L1 bobini enerjilenirken aynı zamanda, kesim modunda enerjilenmiş kondansatör yük üzerinden boşalmaktadır. İletim modunda yükü sadece kondansatör beslerken kesim modunda ise yükü bobin üzerinden gelen enerji de beslemektedir.



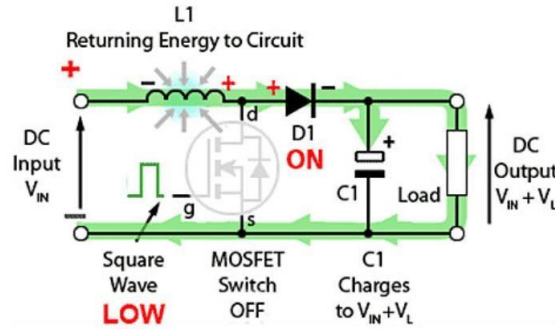
Şekil 2. 16: MOSFET İletim Durumu

$$\begin{aligned} V_{out} &= V_{in} + V_L \\ V_L &= V_{in} \end{aligned}$$

MOSFET kesimdeyken, anahtarlama elemanının iletimde olmadığı durum söz konusudur. İletim modunda bobin üzerinde depolanan enerji D1 diyotu üzerinden geçerek C1 kondansatörü ve yük üzerine iletilmektedir. Önceki modda C1 kondansatörü boşaldığı için kesim modunda kondansatörün bobin üzerinden yeniden enerjilenmesi sağlanmaktadır.

Boost (Yükselten) Dönüştürücü devrelerinde bobinin yapısı gereği üzerindeki akım tek yönlü olabileceğinden dolayı, iki mod arasında bobinin uçları arasındaki gerilim iki farklı polaritede indüklenir. Kondansatörün gerilimi, bu devrede kondansatörün yapısı gereği ters indüklenemeyeceğinden kondansatör üzerinden akım iki modda iki farklı yönde akar. Bu sayede devre sürekli haldeyken bobinin ortalama voltajı ve kapasitörün ortalama akımı sıfır olmuş olur.

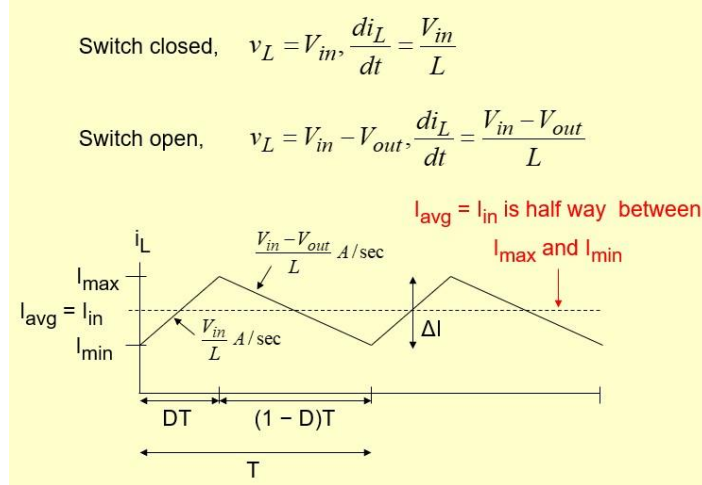
Şekil 2. 17’ de MOSFET kesim durumu görülmektedir [4].



Şekil 2. 17: MOSFET Kesim Durumu

$$V_L = V_{in} - V_{out}$$

Şekil 2. 18’ de MOSFET’in iletim ve kesim durumlarında, bobin üzerinden akan akımın grafiği bulunmaktadır [4].



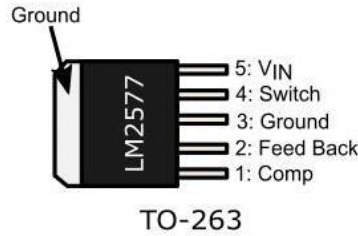
Şekil 2. 18: İndüktans Akım Grafiği

LM2577S-ADJUSTABLE entegresi Boost (Yükselten) Dönüştürücü için tasarlanan devrede kullanılmıştır.

2.1.2.1 LM2577 Entegresi

LM2577 entegresi; akım, termal sınırlama ve düşük gerilim kilitlemesinden oluşan bir 3A NPN anahtar transistörü içerir. Harici bileşen gerektirmeyen 52 kHz sabit frekanslı dâhili osilatör, başlama anında ani akımı azaltmak için soft başlatma modu ve giriş voltajının, çıkış yük geçişlerinin daha iyi reddedilmesi için akım modu kontrolü bulunmaktadır.

Şekil 2. 19’ da LM2577 pin bağlantıları görülmektedir [\[5\]](#).



Şekil 2. 19: LM2577 Pin Bağlantıları

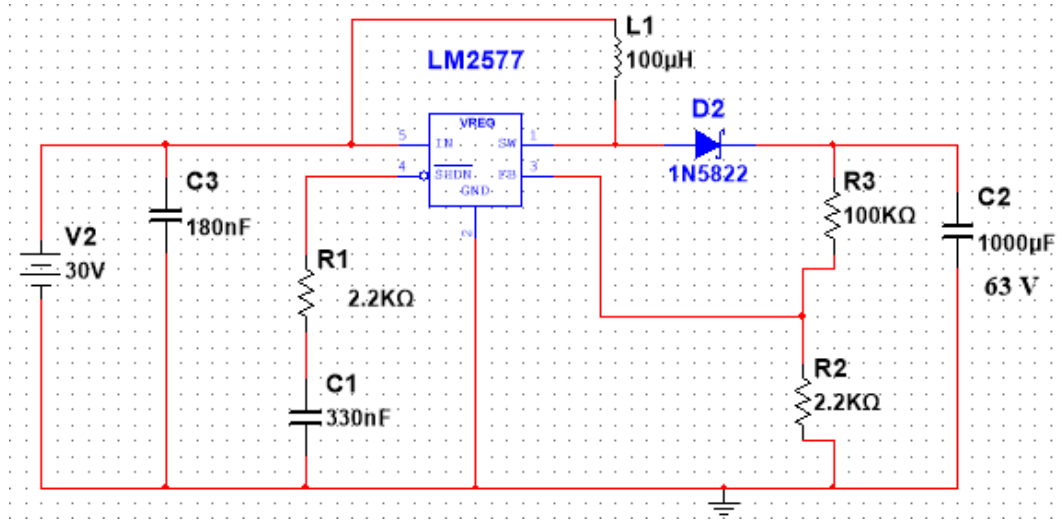
2.1.2.2 Boost Devre Tasarımı

Boost devre tasarımı için LM2577-ADJ Step-up Voltage Regulator kullanılmıştır. Entegrenin datasheetinden anlaşılağı üzere; 60V'a kadar çıkış gerilimi sağlamaktadır, 52 KHz çalışma frekansı bulunmaktadır.

30V giriş gerilimine karşılık, 50 – 60V çıkış gerilimi ve 250mA akım hedeflendi.

Boost devresi için gerekli hesaplamalar yapıp bobin ve kapasite değeri bulundu, ardından devre Multisim programında simüle edildi.

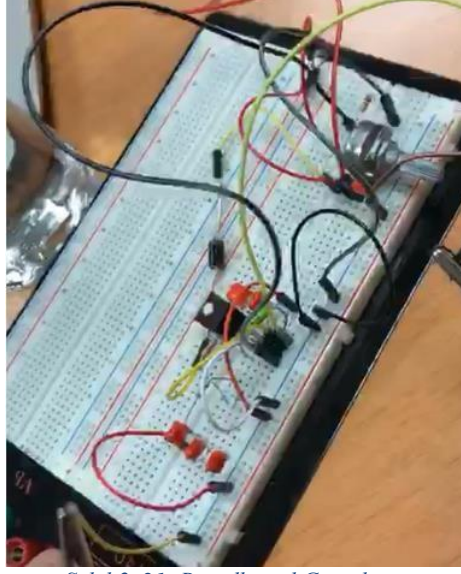
Şekil 2. 20' de tasarlanan Boost (Yükselten) Devre şematığı Multisim ile gösterilmektedir.



Şekil 2. 20: Boost Devre Şeması

Buck devresinde yapıldığı gibi tüm parametreler için aynı işlemler uygulanmıştır. 3A 1N5822 Schottky Diyot, üzerinden geçebilecek maximum akıma göre seçilmiştir.

Şekil 2. 21 ve Şekil 2. 22'de sırasıyla 56V çıkış gerilimi elde edilen devrenin breadboard üzerinde gerçekleşmiş hali bulunmaktadır.

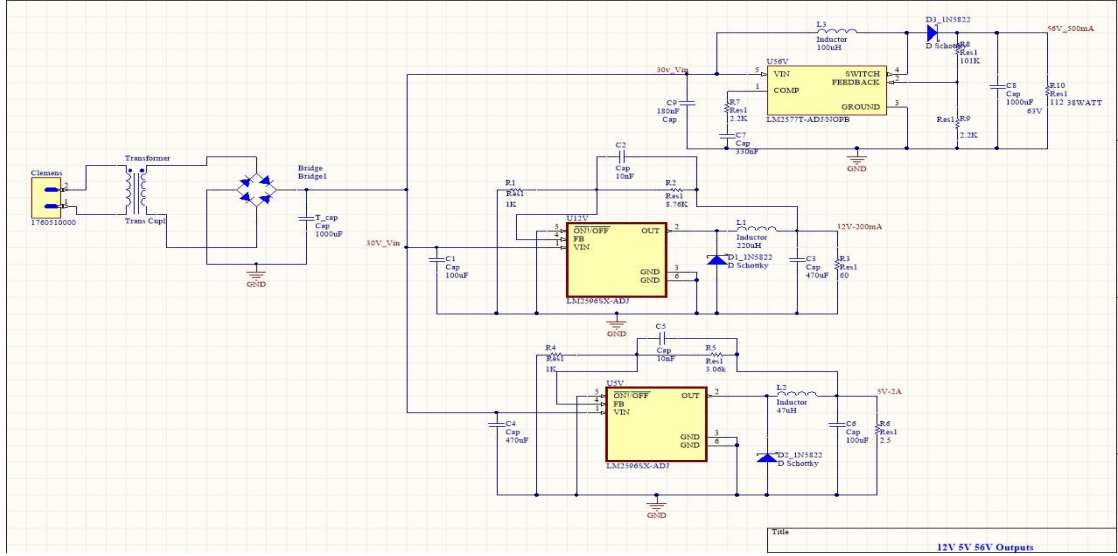


Şekil 2. 21: Breadboard Görşeli



Şekil 2. 22: Avometre Çıktısı

Şekil 2. 23'te Buck ve Boost topolojileri kullanılarak tasarlanan ilgili gerilim kaynakları için Altium devre şematiği yer almaktadır. Daha sonra 1MHz ve 3MHz çıkış frekansları alınacağı için PCB çizim aşamasına henüz geçilmemiştir.



Şekil 2. 23: Altium Şematik

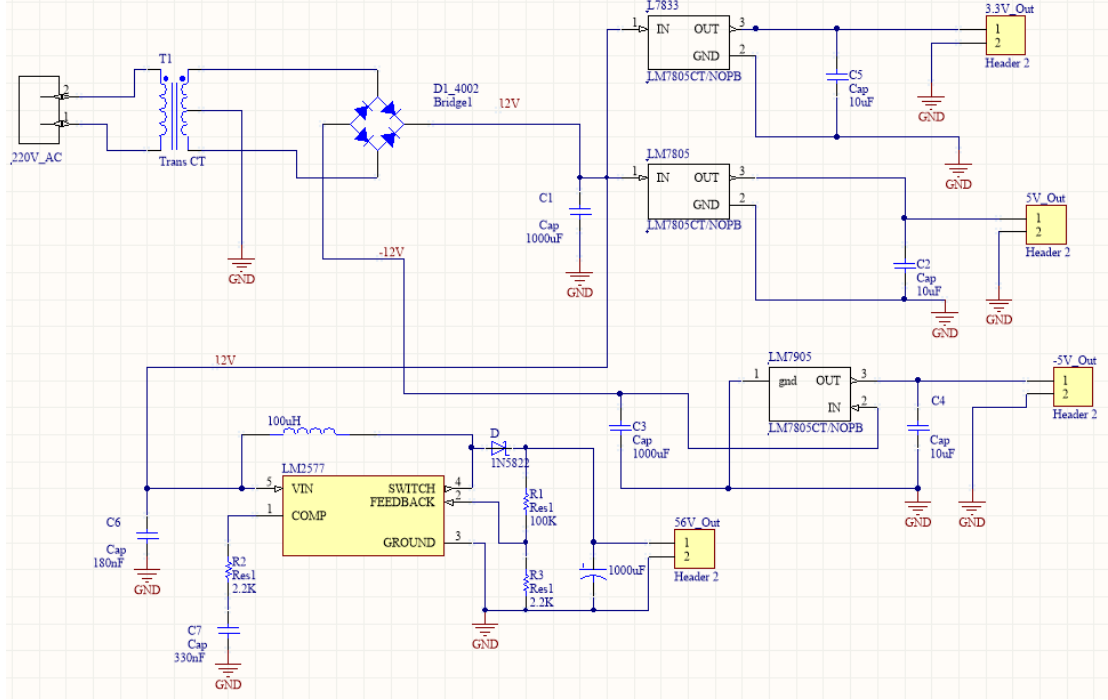
2.2 Lineer Voltaj Regülatörleri Kullanarak Sabit Voltaj Elde Etme

Doğrusal regülatörler, devrede bir voltaj bölücü görevi görür. Düşük güçte ve düşük maliyetli uygulamalar tasarlanırken sıkça kullanılan bir regülatör türüdür. Doğrusal regülatörle, değişken bir rezistör rolünü oynayan bir güç, transistöründen (BJT veya MOSFET) faydalanır; giriş kaynağı değiştikçe devrenin çıkış voltajını yükseltir ve düşürür.

Devreye ne tür bir yük yüklendiğine bakılmaksızın, doğrusal bir voltaj regülatörü sabit bir çıkış voltajı sağlamak için her zaman hızı koruyacaktır. Örneğin, LM7805 gibi bir 3-pinli doğrusal voltaj regülatörü, giriş voltajı 36 voltu aşmadığı sürece tutarlı, 5 volt 1 amp'lik bir çıkış sağlar [6].

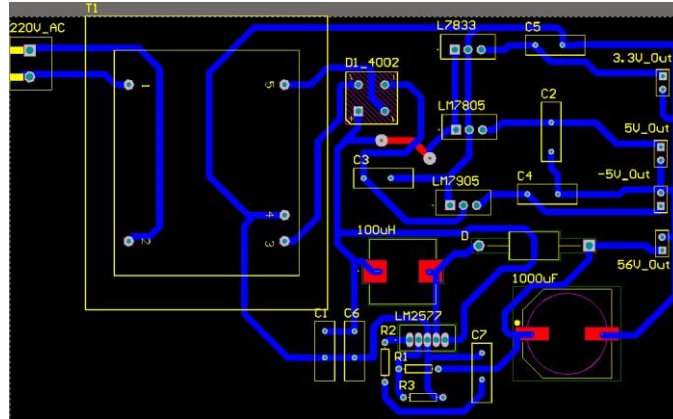
Bir motor sürücü kartı için 3.3V, 5V, -5V, 56V değerinde yüksek besleme kaynağı gerekmektedir. 56V besleme, Şekil 2. 20'de Boost dönüştürücü topolojisi kullanılarak tasarlanmıştır. Lineer regülatörler kullanılarak LM7833 ile 3.3V, LM7805 ile 5V, LM7905 ile -5V üretilmektedir. -5V için trafonun 3. Bacağı toprağa götürülmektedir ardından bir bacağından negatif 12V diğerinden ise pozitif 12V köprü diyot çıkışında alınmaktadır.

Şekil 2. 24'te doğrusal regülatörler ile tasarlanan devrenin Altium şematiği gösterilmektedir.



Şekil 2. 24: Lineer Regülatör ile Besleme Kaynağı Altium Şematiği

Şekil 2. 25'te, ilgili devrenin Altium PCB tasarımı bulunmaktadır.



Şekil 2. 25: Lineer Regülatör ile Besleme Kaynağı Altium PCB Tasarımı

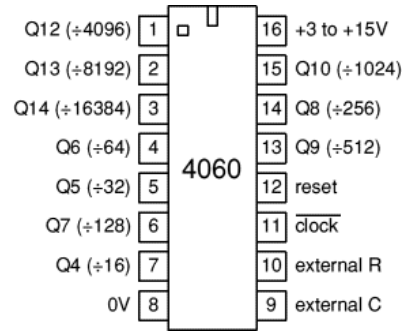
3. 16 MHZ KRİSTAL OSİLATÖR KULLANARAK 1 MHZ & 3 MHZ FREKANS ÇIKIŞI ELDE ETME

Bu projede 16 MHz frekansı CD4060 osilatör entegresi kullanılarak 1 MHz frekans çıkışı elde edildi. Ardından CD4013 1/3 frekans bölücü Flip-Flop entegresi, CD4081 AND kapısı, CD4071 OR kapısı, CD4069 INVERTER kapısı ve CD4046 PLL entegresi kullanılarak 3 MHz frekans çıkışı elde edildi. Devre entegreleri 12V ile beslenmektedir.

3.1 CD4060BE Osilatör Entegresi

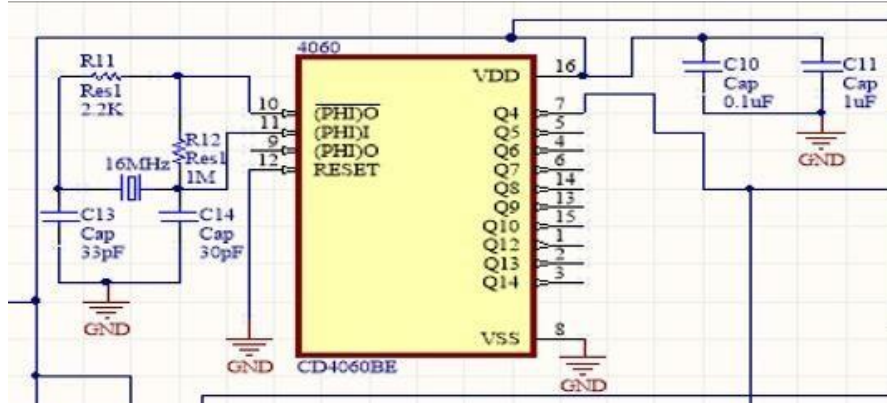
CD4060BE içerisinde osilatör bölümü ve 14 Bit dalgalanma, taşıma sayacı bulundurmaktadır. Osilatör konfigürasyonu RC veya kristal osilatör devrelerinin tasarımına izin vermektedir. Reset girişi tüm çıkış durumlarını ve osilatörü devre dışı bırakır. Tüm sayaç aşamaları master-slave Flip-Flop'tur. Tüm girişler ve çıkışlar tamamen tamponlu olmakla birlikte Schmitt Trigger eylemi giriş-darbe hattında sınırsız izin yükselme ve düşmelere izin vermektedir. 15V beslemede 12 MHz clock rate bulunmaktadır [\[7\]](#).

Şekil 3. 1' de CD4060BE entegresinin bacak bağlantıları bulunmaktadır [\[8\]](#). Proje kapsamında kristal osilatörden alınan 16 MHz'i 1 MHz'e düşürmek için 7. bacak kullanılmaktadır.



Şekil 3. 1: CD4060 Bacak Yapısı

Şekil 3. 2’ de 1 MHz frekans elde etmek için CD4060 yapısının Altium devre şematiği bulunmaktadır.

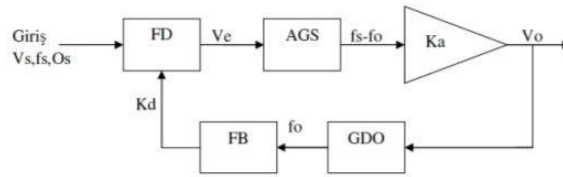


Şekil 3. 2: CD4060 Altium Şematik

3.2 PLL

Faz kilitlemeli çevrim (FKÇ) (Phase Lock Loop, PLL) dijital ve analog haberleşme ve kontrol uygulamalarında sıkça kullanılan bir elektronik devredir. FKÇ, faz dedektörü (FD), alçak geçiren süzgeç (AGS), yükselteç ve gerilim denetimli osilatörden (GDO) oluşur. Bazı uygulamalarda GDO’nun çıkışına frekans bölücü (FB) eklenebilir. Gerilim denetim osilatör işaretinin fazı, gelen işaretle aynı frekans ve fazda olmaya çalışır.

Kilitlenmede, gelen işaretin frekansı ile GDO'nun frekansı aynıdır. Eğer devrede frekans bölücü varsa GDO'nun frekansı, gelen işaretin frekansının bölme oranı kadar çarpılmışıdır. Gelen işaretin frekansı GDO'nun frekansından farklı ise FD'nin çıkış işareti GDO'nun frekansını gelen işaretin frekansı ile aynı yapmaya çalışır. GDO'ya uygulanan kontrol gerilimi, gelen işaretin frekansının bir fonksiyonudur. Radyo, manyetik disk, seri haberleşme, uzaktan kumanda sistemleri vb. FKÇ uygulama alanlarının bir kısmıdır.



Şekil 3. 3: Temel FKÇ Blok Diyagramı

FKÇ yalnız kitleme bölgesi içinde doğrusal davranış sergiler ama bunun dışında davranışı eğriseldir. Şekil 3. 3'teki blokların parametreleri doğrusal çalışma için tanımlanmıştır. Sisteme giriş işareti uygulanmazsa, kontrol gerilimi $V_o(t)$ sıfırdan farklıdır ve GDO serbest salınım frekansında çalışır. Eğer giriş işareti sisteme uygulanırsa FD, giriş işareti ile GDO işaretinin faz ve frekansını karşılaştırır ve hata gerilimi $V_e(t)$ 'yi üretir. $V_e(t)$ iki işaret arasındaki faz ve frekans farkı ile bağlantılıdır. Hata gerilimi süzülür, yükseltilir ve GDO'nun frekansı f_o ile giriş işaretinin frekansı f_s arasındaki frekans farkını azaltacak yönde GDO'yu zorlar. Eğer giriş frekansı f_s , f_o 'ya yeterince yakınsa FKÇ'nin geri besleme özelliğinden dolayı GDO'nun işareti giriş işaretine kilitlenir. Yani iki işaretin frekansı ve fazı aynı olur. Sistem kilitlendikten sonra giriş işaretinin frekansı ile GDO frekansı aynıdır. Fakat iki işaret arasında faz farkı vardır. Bu faz farkı GDO'nun frekansını serbest salınım değerinden giriş frekansı değerine kaydırması için gereklidir. Dolayısıyla bu faz farkı FKÇ'yi kitlemede tutar. FKÇ kilitlendikten sonra, giriş işaretindeki frekans değişimini belirli bir sınır içerisinde izler. Kilitlenme sağlandıktan sonra, FKÇ'nin kilitlenmede kaldığı frekans bölgesine kilit bölgesi (lock range) f_k denir.

Kilitlenme yokken FKÇ'nin gelen işaretle kilitlenme elde edilebildiği frekans bölgesine yakalama bölgesi (capture range) f_y denir.

Yakalama bölgesi kilitlenme bölgesinden küçüktür. Faz dedektörü aslında bir çarpıcı devresidir. Giriş işareti ile GDO'nun işareti çarpılır. Çarpım sonucu toplam ve fark frekanslar ($f_s \pm f_o$) ortaya

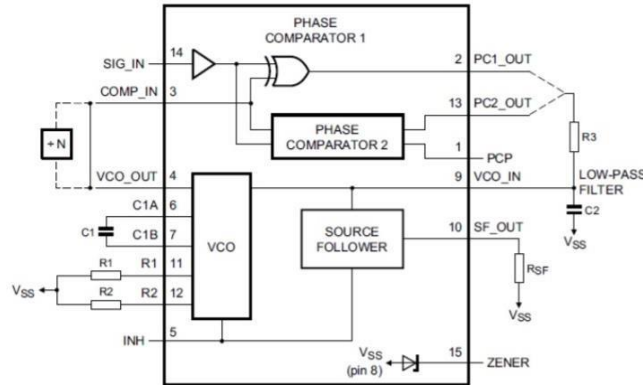
çıkır. FD'nin özeğrisi sinüs, üçgen veya testere dişi şeklinde olabilir. FD'nin çıkışı bir DA (doğru akım) bileşeni içerir. Bu DA bileşeni süzülüp yükseltildikten sonra denetim gerilimi olarak GDO'ya uygulanır.

Alçak geçiren süzgeç ise FD çıkışındaki $f_s + f_o$ frekanslı bileşeni süzüp atar. Yükselteç, süzgeçten gelen işaretleri yükseltmek için gereklidir. Gerilim denetimli osilatör ise denetim geriliminin işlevi olarak f_o frekanslı bir işaret üretir. GDO işaretinin frekansı $f_{oi+1} = f_{oi} \pm k f_s$ olarak verilebilir [9].

3.2.1 CD4046 PLL Entegresi ve Çalışma Mantığı

4046 entegresi lineer gerilim denetimli osilatör (VCO) ve iki farklı faz karşılaştırıcından oluşan faz kilitlemeli çevrim devresidir. Bu tümleşik devre VDD ucundan uygulanan 3V 15V aralığındaki besleme gerilimiyle çalışabilmektedir. Şekil

3. 4'te PLL entegresinin iç yapısının blok diyagramı verilmiştir [9].



Şekil 3. 4: CD4046 PLL Entegre İç Yapısı

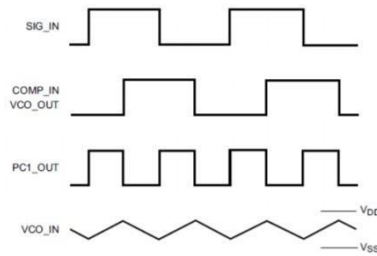
VCO denetimi: VCO bir harici kapasitör (C1) ve bir direnç (R1) gerektirir, bir tane de opsiyonel direnç (R2) barındırır. R1 ve C1, VCO'nun frekans aralığını belirlerken R2 ise gerektiğinde VCO'nun belirli bir frekans ofsetine sahip olmasını sağlar. VCO'nun yüksek giriş empedansı alçak-geçiren filtrenin tasarımını kolaylaştırır, tasarımcıya geniş bir kapasitör/direnç seçim aralığı sunar.

VCO çıkışı (pin 4), COMP_IN (pin 3) komparatör girişine doğrudan veya bir frekans bölücü üzerinden bağlanabilir. INH_IN (pin 5) ucuna alçak seviyeli sinyal uygulamak VCO'yu ve

kaynak izleyiciyi aktif hale getirir. Diğer yandan, bu uca yüksek seviyeli sinyal uygulamak ise her iki bileşeni de kapatarak güç tüketimini minimize eder.

Faz Karşılaştırıcılar: 1. faz karşılaştırıcı bir EXCLUSIVE-OR elemanından ibarettir. Sinyal ve karşılaştırıcı giriş frekansları, maksimum kilitlenme bölgesini elde etmek için, %50 duty cycle'a sahip olmalıdır. Faz karşılaştırıcı 1'in ortalama çıkış gerilimi, sinyal girişinde bir sinyal uygulanmazken $0.5V_{DD}$ 'dir. Şekil 3. 5'teki VCO giriş ucundaki VCO_IN ortalama gerilimi, 1. faz karşılaştırıcının çıkışına bağlı olan alçak geçiren filtre tarafından sağlanır. Bu durum ayrıca VCO'nun f_0 merkez frekansının civarında salınım yapmasına neden olur. Başlangıçta kilitli değilken PLL'nin kilitleneceği giriş sinyallerinin frekans aralığı, frekans yakalama bölgesi ($2f_c$) olarak tanımlanır. Başlangıçta kilitli iken PLL'nin kilitli kalacağı frekans aralığı frekans kilit bölgesi ($2f_l$) olarak tanımlanır. Yakalama bölgesi, kilit bölgesine eşit ya da ondan daha küçüktür.

1. faz karşılaştırıcı ile PLL'nin kilit kazanacağı frekansların aralığı (bölgesi) alçak geçiren filtre karakteristiğine bağlıdır ve bu bölge kilit bölgesi kadar geniş yapılabilir. 1. Faz karşılaştırıcı, giriş sinyaline yüksek gürültülere rağmen PLL'nin kilitli kalmasına olanak tanır. Bu tarz karşılaştırıcının iki tipik davranışı vardır. Birincisi, VCO merkez frekansının harmoniklerine yakın frekanslara kilitlenebilir. Diğerisi ise sinyal ve karşılaştırıcı girişi arasındaki faz açısı 0° ile 180° arasında değişir. Bu değer, merkez frekansta 90° 'dir. f_0 'a kilitlenmiş PLL'nin 1. faz karşılaştırıcısına ait dalga şekilleri şekil 3. 5'te gösterilmiştir. [9]

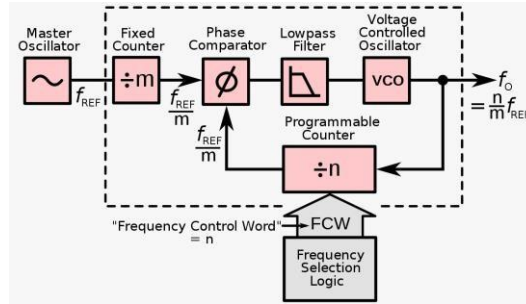


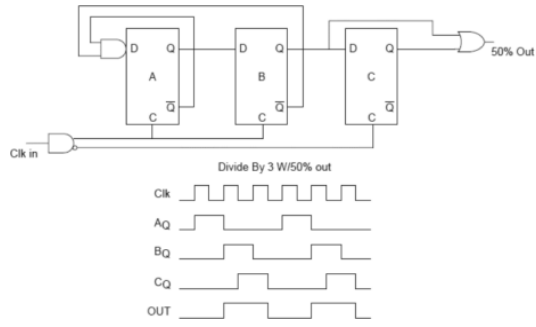
Şekil 3. 5: f_0 'a Kilitlenmiş PLL'nin Faz Karşılaştırıcı 1'ine Ait Tipik Dalga Şekilleri

3.3 Flip-Flop

Flip-Flop (FF)lar, girişlerine uygulanan sinyal ile çıkışları iki kararlı olan elektronik elemanlardır. Devreye çalışma gerilimi uygulandığı sürece durumu ve buna bağlı olarak çıkışındaki değeri devamlı olarak koruyabilen multivibratörlere “Flip-Flop” denir. Yapısında lojik kapılar bulunduran, değişken giriş gerilimlerine karşılık farklı çıkış değerlerine sahip olan elemanlardır. Flip-Flopların bu anlık değişimine tetiklenme denmektedir. SET (1) ve Reset (0) olmak üzere iki kararlı duruma sahiptir. Bu devre elemanları bu iki kararlı durumdan birisinde kalırlar. Bu nedenle Flip-Floplar depolama elemanı olarak kullanılırlar. Girişlerine uygulanan sinyal değiştirilmediği sürece çıkış durumunu korurlar ve 1 bitlik bilgiyi saklayabilirler. Giriş sinyaline göre çıkış Lojik-0 ya da Lojik-1 olur. Flip-Floplar, belleklerde kullanılan sayıcılarda, kaydedicilerde ve ardışık devrelerde kullanılmaktadır. Ardışık devrelerde bir önceki çıkış, var olan girişlerle birlikte sonraki çıkışı belirler. Bu devrelerin bellek özelliği vardır. Yani Flip-Flopların çıkış değerleri bir önceki çıkışa mutlaka bağlıdır.

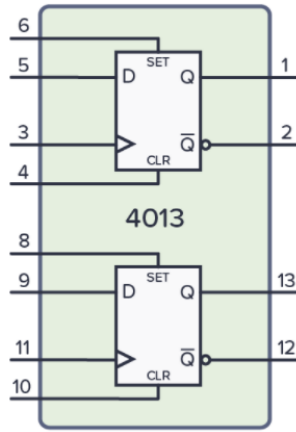
Şekil 3. 6 ve şekil 3. 7’de sırası ile 3 MHz frekans üretmek için kullanılan 1/3 frekans bölücü yapısı ve PLL blok diyagramı bulunmaktadır [10].





Şekil 3. 7: 1/3 Flip-Flop Blok Diyagramı [11]

Şekil 3. 8’de CD4013BE Flip-Flop entegresinin pin çıkışları bulunmaktadır [12].

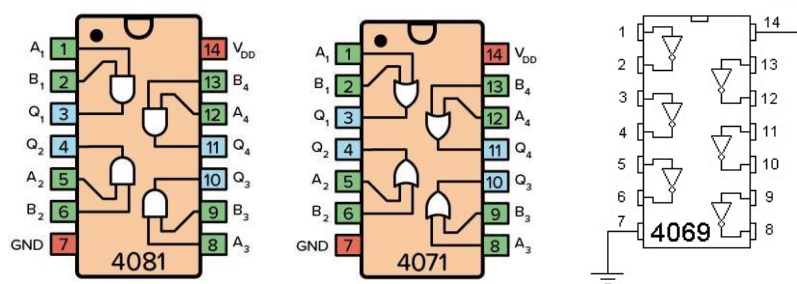


Şekil 3. 8: CD4013BE Pinout

3.3.1 CD4081BE, CD4071BE ve CD4069 CMOS Lojik Kapılar

CD4081, AND kapısı, CD4071 OR kapısı ve CD4069 ise bir INVERTER lojik kapı olarak çalışmaktadır. Şekil 3. 8’deki blok şemada görüldüğü üzere 1/3 Flip-Flop devresi için kullanılmaktadırlar.

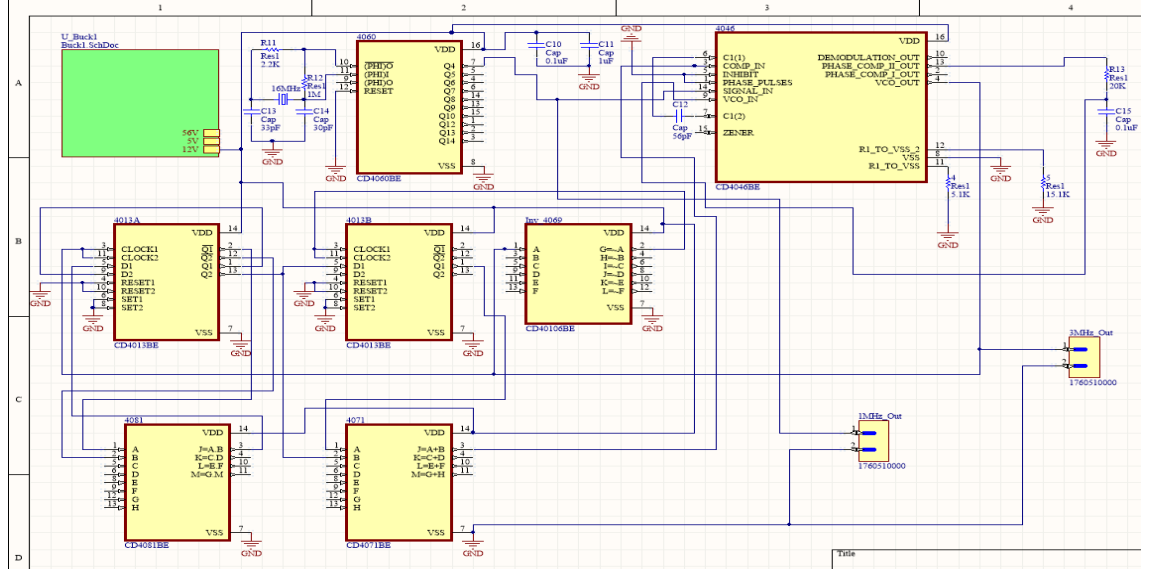
Sırası ile şekil 3. 9’ da gösterilmektedir [13].



Şekil 3. 9: CD4081, CD4071 ve CD4069 CMOS Kapı İç Yapıları

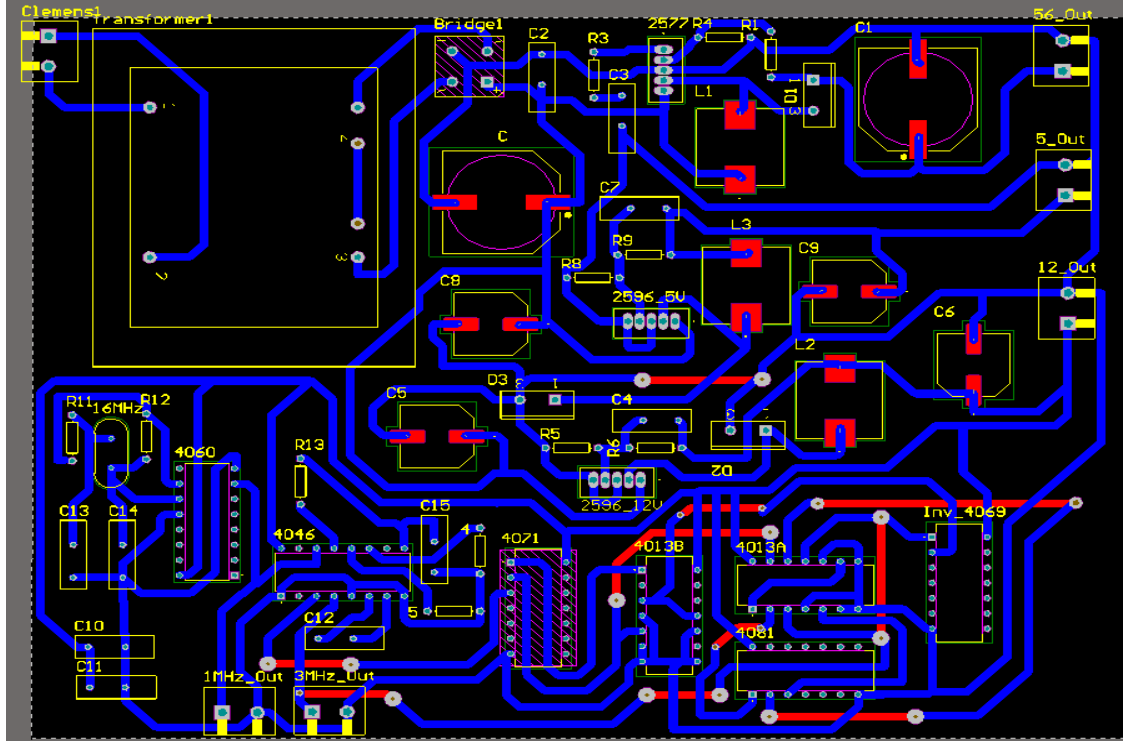
3.4 1 MHz ve 3 MHz Frekans Çıkış Elde Etme Devre Tasarımı

Şekil 3. 10'da, Şekil 3. 2 ve Şekil 3. 7 kullanılarak oluşturulan 1 MHz ve 3 MHz frekans çıkışları verenin Altium devre şematığı bulunmaktadır. Devreyi Şekil 2. 24'te bulunan güç kaynağı beslemektedir.

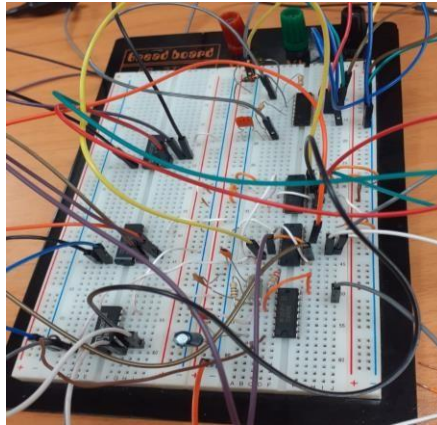


Şekil 3. 10: 1 MHz & 3 MHz Frekans Elde Etme Devresi

Şekil 3.11'de, 1 MHz ve 3 MHz frekans elde edilen devrenin güç kaynağı tasarımı ile birlikte Altium PCB çizimi bulunmaktadır. 220V AC sinyal trafo ve doğrultucu köprü diyottan geçerek 30V DC' ye dönüştürülür; daha sonra Buck ve Boost dönüştürücü kullanılarak 5V, 12V ve 56V çıkış gerilimleri elde edilir. Elde edilen 12V; PLL devresinde kullanılan gerekli entegrelerin beslemesini sağlamaktadır.

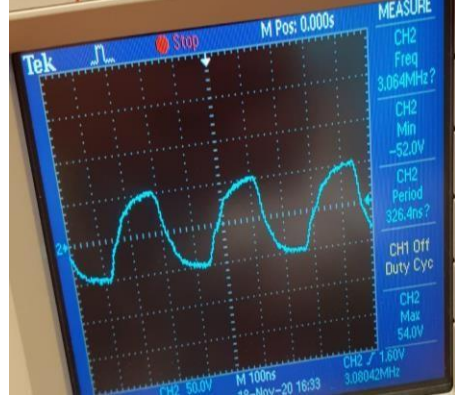
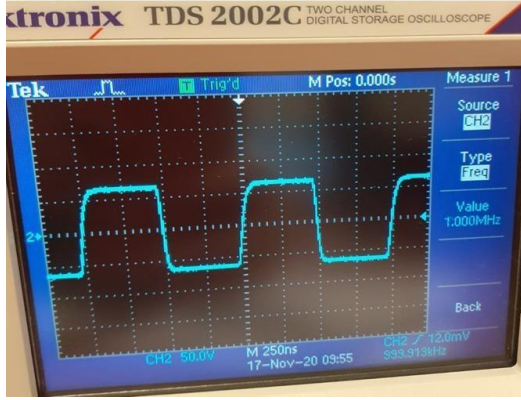


Şekil 3. 11: 1 MHz & 3 MHz Altium PCB Tasarımı



Şekil 3. 12: 1MHz & 3MHz Frekans Çıktı Devresi Breadboard Görşeli

Şekil 3. 13'te breadboard üzerinde kurulan Şekil 3. 12' deki PLL devresinin osiloskop çıktısı sırasıyla 1MHz ve 3 MHz olarak gözlemlenmektedir.



Şekil 3. 13: 1 MHz & 3MHz Osiloskop Çıktıları

4. HIP4081 MOSFET SÜRÜCÜ DEVRESİ İLE IRFZ44N MOSFET SÜRME

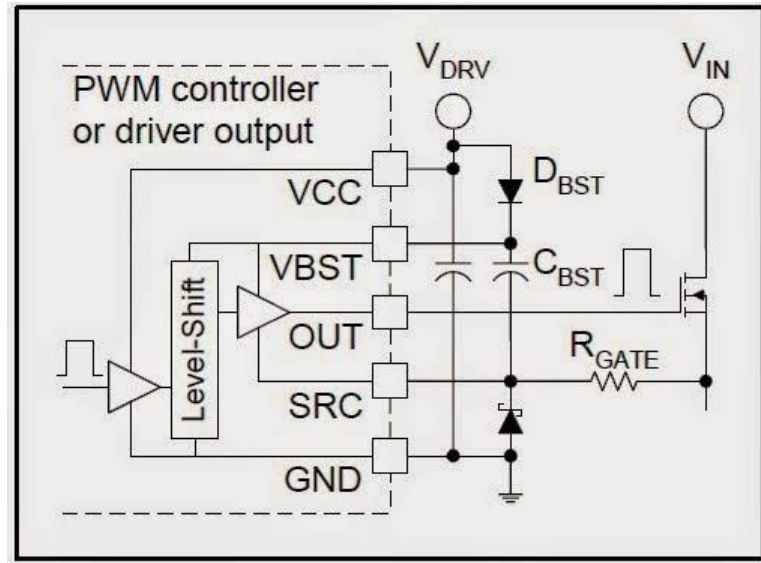
MOSFET ve IGBT gibi anahtarlama elemanlarının yüksek frekansla çalıştırdığımız zaman; anahtarlama işlemlerini, açılıp kapanma işlemlerini olabildiğince hızlı yapabilmek zorundalardır. Kimi zaman bu hızı artırma amacı ile kimi zaman PWM sinyalinin gate ucuna daha temiz ve düzgün gelmesi amacı ile çeşitli sürme teknikleri uygulanmaktadır.

MOSFET'i yeterince hızlı sürebilmek için, GS uçları arasına MOSFET'i saturasyona sokacak miktarda voltaj uygulamamız gerekmektedir ve ayrıca, hızlı bir şekilde deşarj edebilmek için de entegreye doğru olan direnç miktarını da düşürmek zorundayız. Gate ucu kapasitansa sahip olduğu için, MOSFET'i bir kapasitör gibi düşünüp, kapasitörü şarj edip deşarj ettiğimizi söylesek yanlış olmayacaktır. Gate direnci MOSFET'in açılıp kapanma hızını belirleyen bir faktör olduğu için 27 ohmdan büyük direnç kullanılması önerilmemektedir. Büyük gate direnci kullanımı, anahtarlama kayıplarını artırır ve bunun yanında osilasyonlara sebebiyet verebilmektedir. IGBTlerde gate ucuna sahip olup, MOSFETlerle aynı gate karakteristiğini barındırdıkları için, tüm MOSFET sürme yöntemleri IGBTler içinde kullanılabilir [14].

4.1 Bootstrap Tekniği ile MOSFET Sürme

Elektronik alanında, bir bootstrap devresi, amplifikatörün giriş empedansını değiştirmek için bir amplifikatör aşamasının çıkışının bir kısmının girişe uygulandığı devredir. Kasten uygulandığında, amaç genellikle empedansı azaltmaktan çok artırmaktır. Genel olarak, başlangıçta bir sistemin çıkışının bir kısmının kullanıldığı herhangi bir teknik, önyükleme olarak tanımlanır. MOSFETleri sürmenin, özellikle High Side MOSFETleri sürmenin bir yolu ise Bootstrap tekniğini kullanan driver entegreleri kullanmaktır. Bu entegreler Bootstrap kapasitörünü şarj için kullanarak, gate voltajının source voltajından her zaman Bootstrap kapasitöründeki voltaj kadar fazla olmasını sağlar. Bu sayede MOSFET ve IGBT anahtarlama yapılabilir.

Şekil 4. 1’de ilgili bootstrap yapısı bulunmaktadır [\[15\]](#).

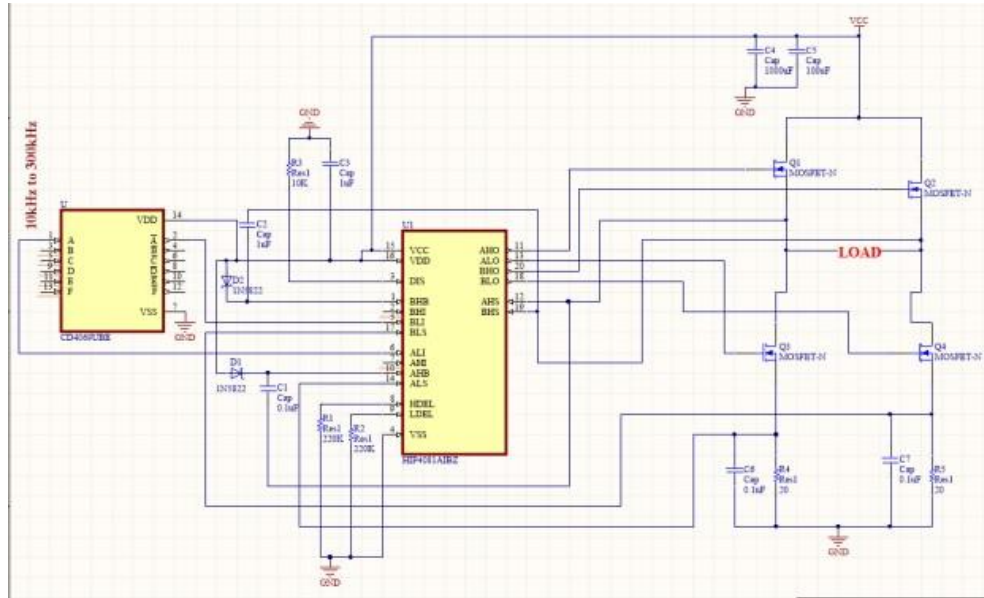


Şekil 4. 1: Bootstrap Yapısı

Negatif voltaj sıçramalarından korunmak için, yukardaki resimdeki gibi SRC (VS) pini ile GND arasına Schottky diyot bağlanmalıdır. Schottky diyodun anot tarafı entegrenin referans noktasında olmalıdır. Bu devrede ise, R_{gate} direnci hem turn on hem turn off hızını belirlemektedir ve ayrıca ters, negatif voltaj sıçramaları olduğu durumda; Schottky diyottan geçecek akımı da sınırlamaktadır. Bununla birlikte, Bootstrap kapasitöründeki voltajda sabit kalacaktır. Bu devrenin tek dezavantajı ise, Bootstrap kapasitöründeki şarj, R_{gate} üzerinden deşarj olmalıdır ki bu da C_{bst} ve R_{gate}’in yer aldığı time constant dediğimiz şarj deşarj süresini belirleyen bir faktördür ve duty cyclein 1’e yaklaştığı durumlarda sorun çıkartabilir [\[15\]](#).

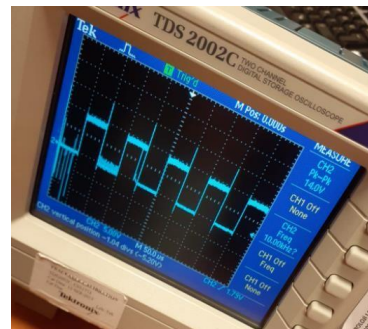
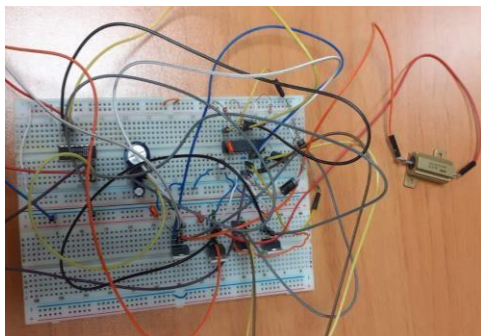
HIP4081 MOSFET sürücü entegresi ile IRFZ44N NPN MOSFETler bir H-Bridge yapısı oluşturularak direnç üzerinden sürülmüştür. İlgili devrenin Altium şematiği Şekil 4. 2’de bulunmaktadır. Deneme devresi olduğu için frekansı sinyal jeneratöründen verilip yavaşça artırılarak bozunum görülmeye çalışılmıştır.

MOSFET sürücü devresi için 1MHz ile 3MHz frekans aralığı istenmektedir. Deneme aşamasında, 10kHz ile başlayıp 300kHz civarlarında IRFZ44N MOSFET sinyalinin bozunuma uğradığı görülmüştür. Devre beslemesi 12V ile sağlanmıştır. Devrede MOSFET Drain ucuna 56V uygulanacaktır.



Şekil 4. 2: HIP4081 Full Bridge MOSFET Sürücü Devresi

Şekil 4. 3’te, tasarlanan devrenin breadboard üzerinde 25W 10 R yük ile gerçekleştirilen hali ve 10kHz frekansındaki osiloskop çıktısı bulunmaktadır.



Şekil 4. 3: MOSFET Sürme Devresi Breadboard Görseli ve 10kHz’de Osiloskop Çıktısı

KAYNAKÇA

- [1]«[https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/smpps-\(anahtarlamali-guc-kaynagi\)-nedir-elektrikport-akademi/17070#ad-image-0](https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/smpps-(anahtarlamali-guc-kaynagi)-nedir-elektrikport-akademi/17070#ad-image-0),» Ekim,2020.
- [2]«<https://learnabout-electronics.org/PSU/psu31.php>,» Ekim,2020.
- [3]«https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf?ts=1608502666053&ref_url=http%253A%252F%252Fwww.google.com%252F,» Ekim,2020.
- [4]«https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2577.pdf?ts=1608564774158&ref_url=http%253A%252F%252Fwww.google.com%252F,» Ekim,2020.
- [5]«<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4060b.pdf>,» Kasım,2020.
- [6]«<https://www.build-electronic-circuits.com/4000-series-integrated-circuits/ic-4071/>,» Ekim,2020.
- [7]«<https://components101.com/articles/boost->,» Ekim,2020.
- [8]«<https://diyot.net/flip-flop-devresi/>,» Aralık,2020.
- [9]«<https://diyot.net/mosfet-ve-igbt-surme/>,» Aralık,2020.
- [10]«<https://electronics.stackexchange.com/questions/174420/divide-by-3-with-square-output>,» Aralık,2020.
- [11]«<https://www.electroschematics.com/4060-datasheet/>,» Kasım,2020.
- [12]«<https://learnabout-electronics.org/PSU/psu31.php>,» Ekim,2020.
- [13]«<http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/4013-D-flip-flop-circuit.php>,» Aralık,2020.
- [14]«<https://www.maximintegrated.com/en/products/power/mosfet-drivers-controllers.html>,» Ekim,2020.
- [15]«<https://www.muhendis.tv/regulator-nedir>,» Kasım,2020.
- [16]«<http://ww3.ticaret.edu.tr/usanver/files/2019/09/Deney5-Faz-Kilitlemeli-%C3%87evrim.pdf>,» Aralık,2020.

