

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTIMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
DENİZALTI BATARYALARININ ŞARJI VE UZAKTAN İZLENMESİ	x
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Kurşun-Asit Bataryalar	1
1.1.1 Kurşun-Asit Akülerin Güç Kaynağı ile Şarj Edilmesi	4
1.1.2 Kurşun-Asit Akülerin Şarj Durumunun Giriş Geriliminden Ölçülmesi.....	5
1.1.3 Kurşun-Asit Akülerin Çalışma Sürelerinin Hesaplanması	5
2. Batarya İzleme Sistemi	7
2.1 Denizaltı Bataryaları	7
2.2 Batarya İzleme ve Şarj Devresinin Açıklanması.....	8
3. Batarya Şarj Devresinin Güç Kaynağı.....	14
3.1 Geri Dönüştürülebilir Güç Kaynakları	14
3.2 Flyback Güç Kaynağının Diğer Kaynaklarla Karşılaştırılması.....	16
3.2.1 Lineer Güç Kaynağı.....	16
3.2.2 Düşük Çıkışlı (Buck) Dönüştürücü	16
3.2.3 Yüksek Çıkışlı(Boost) Dönüştürücü.....	17
3.2.4 Çok Anahtarlı Dönüştürücüler	17
3.2.5 Rezonanslı Dönüştürücüler	18
3.2.6 Sonuç	18
3.3 FB Güç Kaynağının Çalışması	18
3.3.1 Modelin İdeal Olması Durumunda Kesintili Çalışma Modu	19
3.3.2 Modelin İdeal Olmaması Durumunda Kesintisiz Çalışma Modu	20
3.3.3 Modelin İdeal Olmaması Durumunda Kesintili ve Kesintisiz Mod.....	22
3.4 Çok Çıkışlı Flyback Güç Kaynağı Tasarımı	25
3.4.1 Transformator Hesabı	25
3.4.2 Tel çaplarının hesabı:.....	26

4.	Gömülü Sistem ve Kullanıcı Arabirim Yazılımları.....	28
4.1	Batarya İzleme Arabirim Yazılımı	28
4.2	DSP Firmware Yazılımı.....	32
5.	Dijital Sinyal İşleyici	33
5.1	Genel Özellikler.....	33
5.2	DSP Motoru Özellikleri	33
5.3	Arabirim Özellikleri.....	33
5.4	Motor Kontrol PWM Modülü Özellikleri.....	33
5.5	Dijital Analog Dönüştürücü Özellikleri.....	34
5.6	Diğer Özellikler	34
5.7	Pin ve Blok Diyagramı.....	34
5.8	CPU Mimarisine Bakış	35
5.9	Giriş Çıkış Pinleri	35
5.10	Paralel Giriş-Çıkış Pinleri	36
5.11	TRIS Registerleri.....	37
5.12	PORT Registerleri	37
5.13	LAT Registerleri.....	37
5.14	10 bitlik Analog Dijital Dönüştürücü	37
6.	Sonuç	40
	KAYNAKLAR.....	42
	EKLER.....	43
	EK-1.....	43
	ÖZGEÇMİŞ.....	54

SİMGE LİSTESİ

D	Bağıl İletim Oranı
I	Akım
P	Güç
V	Gerilim
Z	Empedans
η	Verim

KISALTIMA LİSTESİ

ADC	Analog Dijital Converter
AGK	Anahtarlama Güç Kaynağı
DSP	Digital Signal Processor
FB	Flyback
I_I	Giriş Akımı
I_O	Çıkış Akımı
I_{PRI}	Primer Akımı
I_{SEC}	Sekonder Akımı
LAT	Latch
MUX	Multiplexer (Çoklayıcı)
N_p	Primer Sarım Sayısı
N_s	Sekonder Sarım Sayısı
OPAMP	Operational Amplifier
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
V_{IN}	Giriş Gerilimi
V_O	Çıkış Gerilimi
V_{DS}	Drain-Source Gerilimi
V_{OR}	Yansıyan Gerilim

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Batarya şarj anında akım ve gerilim eğrileri.....	2
Şekil 1.2 Bataryaların hücre gerilimine ve C faktörüne göre deşarj olma eğrileri.....	6
Şekil 2.1 Dört hücreli denizaltı bataryası.....	7
Şekil 2.2 Denizaltı bataryaları bağlantı şekli.....	8
Şekil 2.3 Denizaltı bataryası ölçüm terminali	9
Şekil 2.4 Veri İzleme ve Şarj Sistemi Blok Diyagramı	9
Şekil 2.5 Batarya terminalleri, akım sensörü, akım kontrol devresi.....	10
Şekil 2.6 12 adet batarya gerilimi ölçme devresi.....	11
Şekil 2.7 Akım transdüserinin çıkış geriliminin içinden geçen akımla değişimi	11
Şekil 2.8 Kontrol devresi.....	12
Şekil 2.9 PWM doluluk oranı %90.....	13
Şekil 2.10 PWM doluluk oranı %10.....	13
Şekil 3.1 Flyback güç kaynağı temel devresi	15
Şekil 3.2 Lineer güç kaynağı	16
Şekil 3.3 Buck dönüştürücü.....	17
Şekil 3.4 Boost dönüştürücü.....	17
Şekil 3.5 Kesintili çalışma modu	20
Şekil 3.6 Kesintisiz çalışma modu.....	22
Şekil 3.7 Modelin ideal olmaması durumunda kesintili çalışma.....	22
Şekil 3.8 İdeal olmayan kesintisiz çalışma modunda çalışma.....	24
Şekil 3.9 Batarya izleme ve şarj devresi	27
Şekil 4.1 Batarya izleme yazılımı	28
Şekil 4.2 Çalışma modu seçme menüsü.....	29
Şekil 4.3 Sürekli izleme ekranı.....	29
Şekil 4.4 5. Batarya geriliminin izlenmesi	30
Şekil 4.5 Şarj akımının izlenmesi	31
Şekil 4.6 Pilot batarya sıcaklığının izlenmesi	31
Şekil 4.7 Haberleşme Ayarları	32
Şekil 5.1 DSPIC 30F3011 Pin Diyagramı.....	34
Şekil 5.2 DSPIC 30F3011 Blok diyagramı	36
Şekil 5.3 DSPIC 30F3011'in port yapısı	38

Şekil 5.4 Analog dijital dönüştürücü blok diyagramı	39
---	----

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1 Hücre sayısına göre değişen faktörler	1
Çizelge 1.2 Gerilim sınırına göre bataryaların avantaj ve dezavantajları	3
Çizelge 1.3 Bataryanın gerilimine göre şarj durumu	5
Çizelge 1.4 Bataryaların çalışma sürelerinin hesaplanması	6
Çizelge 3.1 Uygulama devresinin genel karakteristiği	25

ÖNSÖZ

Bataryalar günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Kullanım alanlarına, amper-saat değerlerine, iç yapılarına göre değişik sınıflara ayrılan bataryalar denizaltılarda suyun altında itici gücü sağlayan enerji kaynaklarıdır.

Bu tez çalışması ile denizaltılarda kullanılan bataryaların; gerilim, akım ve sıcaklık değerleri batarya izleme devresi ve bilgisayar aracılığı ile okunarak, gerekli iş gücü azaltılmış ve işlemlerin hızlı bir şekilde yapılması sağlanarak gerçek zamanlı veri izlemesi gerçekleştirilmiştir. Tezde denizaltıların seri bağlı bataryalarının şarj işlemini gerçekleştirmek üzere oniki adet seri bağlı bataryadan oluşan batarya grubunun şarj işlemini gerçekleştirecek şarj devresi de verilmiştir.

Bu tezin hazırlanmasında beni yönlendiren yüksek lisans tez hocam Yrd. Doç. Dr. A. Faruk BAKAN'a, yüksek lisans eğitimim süresince derslerini aldığım tüm hocalarıma ve eğitim hayatım boyunca benden yardımlarını esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

DENİZALTI BATARYALARININ ŞARJI VE UZAKTAN İZLENMESİ

ÖZET

Denizaltılar nükleer, dizel ve elektrik gücü olarak üç çeşit itici güce sahiptirler. Dizel ve elektrik gücünü birlikte kullanan denizaltılar deniz üstünde dizel jeneratörü kullanırken, sahip oldukları bataryalar ile denizaltında hareket ederler. İşte bu sebeple denizaltıların denizaltında hareketleri esnasında batarya gerilimlerinin sürekli izlenmesi ve takibinin tek merkezden yapılması gerekmektedir.

Bu tezde denizaltı bataryalarının şarjı ve uzaktan izlenmesine ilişkin mikrodenetleyicili bir kontrol sistemi gerçekleştirilmiştir.

Tezin birinci bölümünde bataryalarla ilgili genel bilgiler verilmiştir. Pil çeşitleri, denizaltılarda kullanılan kurşun-asit bataryaların şarj ve deşarj karakteristikleri gibi kavramlar üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümde batarya izleme sistemi hakkında bilgi verilmiş, batarya şarj ve izleme sisteminin küçük ebatlı prototipi olarak yapılan devrede, 12 adet pilin şarj durumunun izlenmesi üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde ise batarya şarj kısmı için, anahtarlamalı güç kaynağı yapılarak çalışması anlatılmış ve bu devreyi yaparken gerekli olan hesaplamalara yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde uygulama olarak yapılan batarya şarj ve izleme sistemine ait devrenin hem kullanıcı arabirim izleme yazılımı hem de sinyal işleyici için yazılan aygıt yazılımı anlatılmıştır.

Beşinci bölümde devrenin şarj, haberleşme, sinyal işleme işlemlerini gerçekleştiren sinyal işleyicinin teknik özellikleri kısa şekilde özetlenmiştir.

Son bölümde devrenin uygulanabilirliği ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Batarya İzleme, Akü Şarjı, DSP, Güç Elektroniği

CHARGING AND MONITORING OF SUBMARINE BATTERIES

ABSTRACT

Submarines have three main power sources which are nuclear, diesel and electric. While submarines that have diesel and electric power moving on the sea surface, they consume diesel fuel. On the other hand they consume electric power under the sea. Submarine batteries voltage must be observed continuously during moving under the sea. So "Battery monitoring system" was realized.

In the first section of the thesis, brief information was given about types of batteries, charge and discharge characteristics of the lead-acid batteries used in the submarines.

In the second section, "battery monitoring" system was defined and its application circuit is given.

In the third section a switched mode power supply was realized and given information about circuit, operating principles and calculation of circuit requirements. In the fourth section, software that developed for "battery monitoring system" was defined in addition firmware software for DSP was included.

In the fourth section, software that monitoring battery's voltage was cleared and firmware of the DSP described.

In the fifth section, hardware specification of the Digital Signal Processor which used in the thesis was defined.

In the last section, applicability of the circuit and results was considered.

Keywords: Battery Monitoring, Battery Charging, Digital Signal Processor, Power Electronics

1. GİRİŞ

Kimyasal anlamda enerji depolayan ve gerektiğinde bu kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çeviren cihazlara akü denir. Aküler yapı olarak birbirine benzerlik göstermelerinin yanı sıra bir grup elektrokimyasal hücreden oluşur. Denizaltı bataryaları kurşun-asit yapısındaki bataryalardır. Bu bölümde öncelikle kurşun-asit bataryaların yapısı hakkında bilgi verilecek daha sonra bu bataryaların şarj ve deşarj karakteristikleri ve sıcaklıkla ilişkisi ve diğer bataryalarla karşılaştırılması incelenecektir.

1.1 Kurşun-Asit Bataryalar

Kurşun asit aküler ağır işletme şartlarında büyük güçlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kurşun asit akülerin kullanma yerlerinden biri de denizaltılardır. Denizaltılarda kullanılan akülerin amper saatleri 2000 Ah'den 10000 Ah değerlerine kadar çıkmaktadır. Kurşun asit akülerde çalışma durumuna göre farklı gerilim tanımları yapılır. Aküden akım çekilmediği durumda akü uçlarında ölçülen gerilim "Yüzen (Float) Gerilim" olarak adlandırılır. Akünün şarj edildiği gerilim "Şarj Gerilimi", aküden akım çekilmeye başladıktan sonra akünün uçlarında ölçülen gerilim ise "Deşarj Gerilimi" olarak tanımlanır.

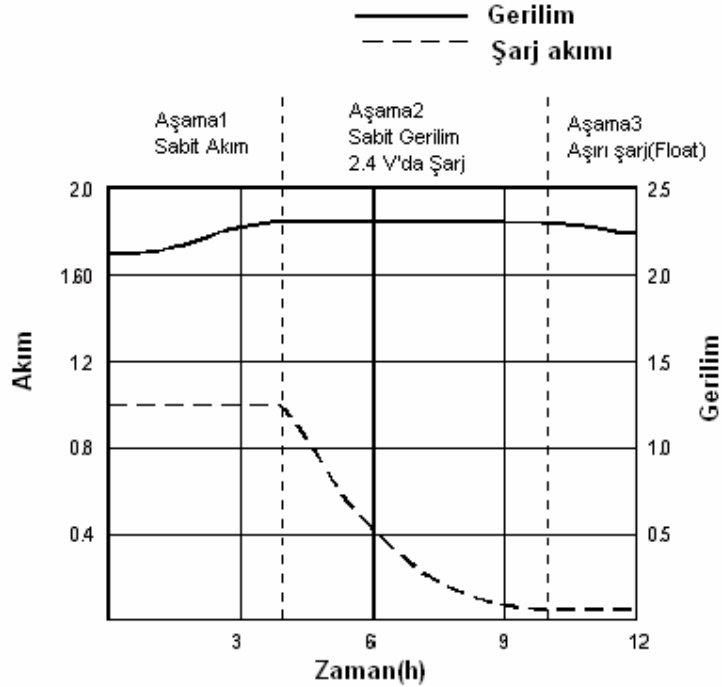
Şarj gerilimi akü kapasitesinin (Ah) 5'e bölünmesiyle elde edilecek akım değerini verecek şekilde tespit edilen gerilim değeridir. Mesela 10 Ah'lik akünün şarj akımı 2 A 'dır ve şarj gerilimi 2 A verecek şekilde tespit edilir. Deşarj gerilimi ise akünün verebilecek akım kapasitesinin 20'ye bölümüyle elde edilecek akım değeriyle deşarj olurken akü uçlarındaki gerilim değeridir. Örneğin 10 Ah'lik bir akü $10 \text{ Ah}/20 = 0.5 \text{ A}$ ile deşarj edilirken akü uçlarında ölçülen gerilim değeridir. Aşağıdaki tabloda hücre sayısına bağlı olarak akülerde ölçülen şarj, deşarj yüzen ve nominal gerilimler verilmiştir.

Çizelge 1.1 Hücre sayısına göre değişen faktörler

Hücre sayısı	Nominal gerilim	Tam şarjda yüzen gerilim	Tam deşarjda yüzen gerilim	Deşarj gerilimi Ah/20	Şarj gerilimi Ah/5
1	2	2.15	1.9	2.0 - 1.7	2.1 – 2.3
6	12	12.9	11.4	12 – 10.2	12.6 – 13.8
12	24	25.8	22.8	24 - 20.4	25.2 – 27.6

Kurşun asit akülerin şarj algoritması Li-ion akülerin şarj algoritmasına benzer, nikel temelli pillerden farklılık gösterir. Aküler şarj edilirken sabit gerilimle şarjdan ziyade sabit akımla şarj tercih edilir. Kurşun asit akülerin şarj süresi 12 ile 16 saat civarındadır. Büyük kapasiteli akülerde bu süre 36 saate kadar çıkabilir. Yüksek şarj akımları ve çok kademeli şarj bu süreyi kısaltabilir ve 10 saate kadar düşürebilir. Kurşun asit aküler nikel ve lithium temelli aküler kadar hızlı şarj edilemezler. Kurşun asit akülerin şarj süresi deşarj süresinin 5 katıdır. Nikel temelli akülerde bu süre 1:1, lithium temelli akülerde bu süre 1:2'dir. Aküler şarj edilirken akünün ömrü açısından kademeli şarj önemlidir. Kademeli şarj üç aşamalı yapılıır. 1. aşamada tespit edilen bir gerilim seviyesine kadar akü sabit akımla şarj edilir. 1. kademe yaklaşık 5 saat sürer ve şarj edilecek gerilim akü geriliminin %70'i kadardır. İkinci kademede şarjda, şarj akımı kademeli olarak azaltılır ve akü gerilimi doyma noktasına yaklaşır. Bu süre de yaklaşık 5 saattir. Bu süre sonunda akü tam şarjlı kabul edilir.

Şekil 1.1'de kurşun asit akülerin şarjı esnasında gerilim ve akımının zamana bağlı olarak değişimi verilmiştir. Kademeli akü şarjında kademeler ve buna bağlı olarak akım ve gerilimler görülmektedir.



Şekil 1.1 Batarya şarj anında akım ve gerilim eğrileri

İkinci kademe akü akımı sabit şarj akımının %3'üne düşünceye kadar devam eder. 3. kademede ise yüzen şarj devam eder, yüzen şarj kendi kendine boşalan aküyü şarjda tutar. Kurşun asit akülerde bir hücrenin gerilimi 2 V olarak kabul edilir. 2.3 V ile 2.45 V arasındaki gerilim değeri akü için kritik gerilim değeridir. Akü şarj edilirken bu değerlerin aşılmamasına dikkat edilmesi gerekir. Akülerin tam şarj olması, onların maksimum kapasiteye ulaşmasını sağlar. Ancak aşırı şarj elektrotlarda sülfatlaşmaya sebep olabilir. Sürekli aşırı şarj akülerin plakalarının bozulmasına sebep olur, aynı zamanda ortama gaz salınımına sebep olur ve neticede elektrotlar bozulur. Gerilimin sınırlandırılması sıcaklık artışını engeller. Akünün şarjı esnasında gerilim ve sıcaklık değerlerinin izlenmesi optimum şarj için gereklidir.

Çizelge 1.2 Gerilim sınırına göre bataryaların avantaj ve dezavantajları

Gerilim sınırı	2.3 V/hücre – 2.35 V/hücre	2.40 V/hücre – 2.45 V/hücre
Avantaj	<ul style="list-style-type: none"> • Maksimum hizmet ömrü • Akü şarj esnasında sıcaklığı sabit • Ortam sıcaklığı 30 ° yi aşabilir 	<ul style="list-style-type: none"> • Daha hızlı şarj süresi, • Ah kapasitesi daha iyi • Sülfatlaşmaya meyili daha az
Dezavantaj	<ul style="list-style-type: none"> • Yavaş şarj süresi • Her şarj esnasında kapasitede değişiklik olma ihtimali 	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek oda sıcaklıklarında şarjı uygun değil • Sıcaklık akü gerilimi sınır değerlerini aşabilir • Aşırı şarja sebep olabilir • Korozyon ortaya çıkabilir

Aküler maksimum gerilim değerinde uzun süre kalamaz. Bu süre maksimum 48 saat olabilir. Tam şarja ulaşınca gerilim düşürülmelidir. Bu gerilim değeri 2.25 V/hücre ile 2.27 V/hücre arasındadır. Büyük akü üreticileri akülerin yüzen şarj gerilimi olarak 25 C° de 2.25 V olarak tavsiye etmektedir. Kurşun asit aküler 2.37 V'ta gaz çıkarmaya başlar. Bu durum elektrot kaybına ve sıcaklığın artmasına neden olur. Küçük kapasiteli kurşun asit akülerde bu gerilim değeri 2.5 V/hücre olarak verilir. Küçük kapasiteli aküler büyük kapasiteli olanlara göre yüksek gerilimde daha az problem oluşturur. Büyük kapasiteli akülerde yüzen gerilimiyle şarj etmek (2.25 V/hücre) birkaç gün sürebilir. Bu tip akülerde yüzen şarj, akülerin ömrünü önemli ölçüde artırır. Akü hücrelerinin ömürleri birbirinden farklıdır. Hücreler seri bağlandığından hücrelerin tek tek gerilimlerini ölçerek şarj yapmak mümkün değildir. Aküye uygun gerilim uygulanırsa bile zayıf hücre kendi gerilim seviyesini üretecek ve daha sonraki zamanlarda bu farklılık daha da artacaktır. Kurşun asit akülerin darbeli akımla şarj edilmeleri bazı uzmanlar tarafından doğru bulunmasına rağmen, akü üreticileri ve teknisyenler bu tip şarjı kutuplarda asitleşme oluşmaması nedeniyle uygun bulmamaktadır. Akülerin periyodik olarak % 10 gerilimine kadar deşarj edilmesi akü açısından faydalıdır. Kurşun asit aküler daima şarjlı tutulmalıdır. Aküler 6 ayı geçmemek şartıyla gerimi 2.1 V/hücre değerinin altına düşmeden şarj edilmelidir. Kritik gerilimin altına düşen aküleri uzun süre bu durumda bekletmek elektrotların sülfatlaşmasına sebep olur, bu durumdan geri dönüş zordur.

1.1.1 Kurşun-Asit Akülerin Güç Kaynağı ile Şarj Edilmesi

Kurşun asit aküler piyasadaki sabit gerilim ve sabit akım veren şarj devreleriyle şarj edilebilir. Şarj gerilimini akü hücresine göre hesaplayarak ve istenen üst şarj gerilimine göre şarj etmek gerekir. Örnek olarak 12 V'luk bir aküyü şarj etmek için (6 hücre), hücre gerilimi 2.4 V ve şarj için gerekli gerilim 14.4 V olmalıdır. Küçük kapasiteli akülerde şarj akımı % 10 ile % 30 arasında seçilmelidir. Örneğin 120 Ah lik bir aküyü % 30 kapasiteyle şarj etmek istersek şarj akımı $0.30 \cdot 120 \text{ Ah} = 36 \text{ A}$ olmalıdır. Büyük kapasiteli akülerde şarj akımı daha küçük seçilir. Büyük akımlarla da şarj edilebilir ancak bu durumda akünün kapasitesi (Ah) düşer. Akü şarj edilirken gerilim, akım ve sıcaklığının izlenmesi gerekir. Şarj oda sıcaklığında ve havalandırılmalı odalarda yapılmalıdır. Akünün şarj akımı, normal akımının %3'üne düştüğünde tam olarak şarj olmuş demektir. Sağlam akülerde tam şarjda şarj akımı 40 mA'in altına düşer. Bozuk akülerde bu değerde bu değer 100 mA'in altına düşmez. Akü tam şarj olduktan sonra şarj aletinden ayrılmalıdır. Yüzen şarj isteniyorsa o takdirde şarj gerilimi 13.5V (2.25 V/hücre)'a düşürülmelidir. Çoğu şarj aletleri bu durumu otomatik olarak algılar ve gerilimi kendiliğinden düşürür. Yüzen şarj, herhangi bir süre kısıtlaması olmadan

kullanılabilir.

1.1.2 Kurşun-Asit Akülerin Şarj Durumunun Giriş Geriliminden Ölçülmesi

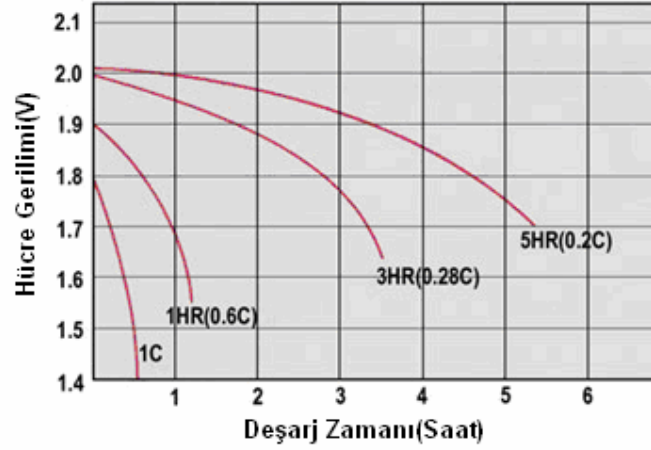
Kurşun asit akülerinin şarj durumunu öğrenebilmek için, akü yükten ayrıldıktan sonra uçlarındaki gerilim ölçülmelidir. Akü şarjdan ayrıldıktan sonra 4 – 8 saat dinlendirilir. Kapalı bir yerde sabit oda sıcaklığında ölçüm yapılır. Soğuk bir ortamda akü geriliminin artması daha yavaş, ısınmış bir akünün geriliminin artması daha hızlı olur. Akülerin içine kalsiyum veya antimon çubuklar koymak suretiyle akünün açık devre durumundaki gerilimi artırır. Akülerin tamamen boşalmasına izin verilmemelidir. Akü uçlarındaki gerilime bakarak akünün şarj durumu çizelge 1.3’ de gösterilmiştir.

Çizelge 1.3 Bataryanın gerilimine göre şarj durumu

Açık devre gerilimi	Şarj durumu
12.65 V	% 100
12.45 V	% 75
12.06 V	% 25
11.89 V veya daha az	Akü boş

1.1.3 Kurşun-Asit Akülerin Çalışma Sürelerinin Hesaplanması

Bir akü düşük akımda uzun sürede, yüksek akımda ise kısa sürede deşarj olur. Aşağıdaki tablo kurşun asit akülerin deşarj karakteristiğini göstermektedir. Burada C parametresine göre deşarj eğrileri çizilmiştir. C oranı şöyle tanımlanmaktadır. 10 Ah bir akü 1 saate boşalırsa bu akünün C değeri 1 C dir, aynı akü 1 A ile 10 saate boşalırsa bu durumda C oranı 0.1 C olur. Kurşun asit aküler deşarj olurken uçlarındaki gerilim de aynı anda azalmaya başlar. Lithium ve cadmium menşeli aküler deşarj olurken uçlarındaki gerilim sabit kalır ancak deşarjın sonuna doğru gerilim azalmaya başlar.



Şekil 1.2 Bataryaların hücre gerilimine ve C faktörüne göre deşarj olma eğrileri

Eğer aküye bağlanan yük hafifse gerilim daha yavaş değişir, ancak aküye büyük bir yük bağlanırsa akü uçlarındaki gerilim daha hızlı düşer. Aşağıdaki tabloda 10 Ah'lik bir akünün deşarj akımına göre deşarj süresi ve deşarj sonu gerilimi gösterilmiştir.

Çizelge 1.4 Bataryaların çalışma sürelerinin hesaplanması

Deşarj akımı	C oranı	Deşarj süresi	Deşarj sonu
0.5 A	0.05 C	20 saat	1.75 V/hücre
0.1 A	0.1 C	10 saat	1.75 V/hücre
2 A	0.2 C	5 saat	1.70 V/hücre
2.8 A	0.28 C	3 saat	1.64 V/hücre
6 A	0.6 C	1 saat	1.55 V/hücre
10 A	1 C	0.5 saat	1.40 V/hücre

2. Batarya İzleme Sistemi

Bu bölümde batarya izleme sistemine ait bilgiler ve resimler verilmiştir.

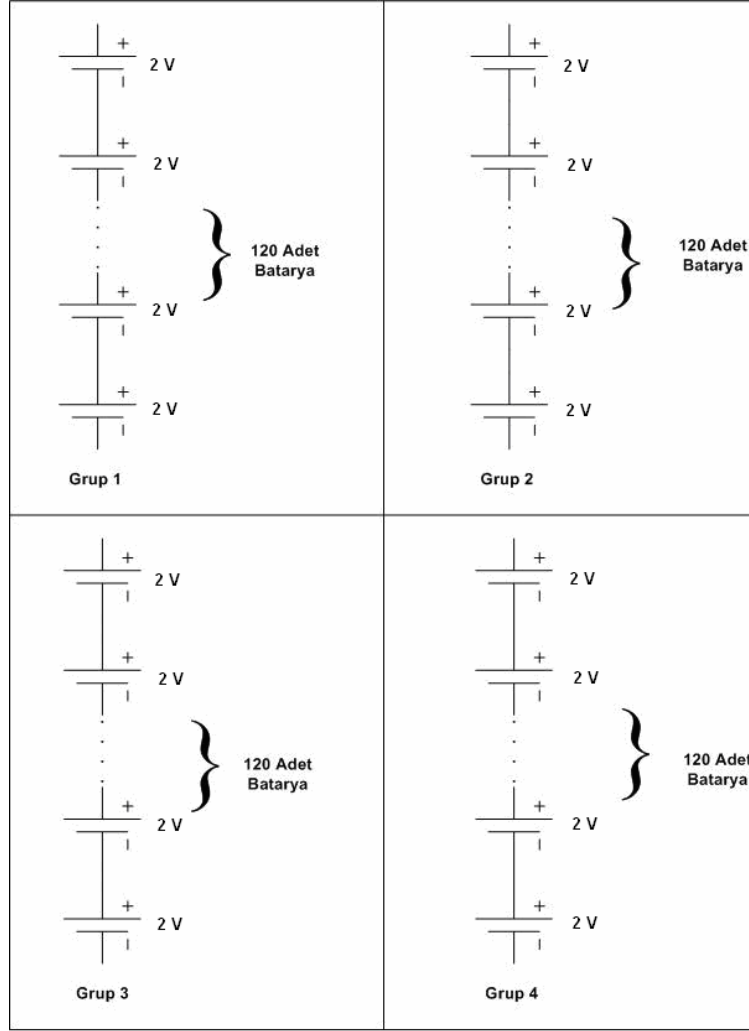
2.1 Denizaltı Bataryaları

Denizaltı bataryalarında toplamda 480 adet, her birinin potansiyel farkı yaklaşık 2 V olan bataryalar bulunmaktadır. Bu bataryalar 4 grup halinde 120 adet bataryanın birbirine seri bağlanması şeklinde bulunurlar. Bunun sonucunda her grup bataryanın ucunda yaklaşık 240 V'luk potansiyel oluşur. İhtiyaca göre bu batarya grupları da seri veya paralel bağlanarak istenilen güç sağlanır. Şekil 2.1'de bir denizaltı bataryası görülmektedir.



Şekil 2.1 Dört hücreli denizaltı bataryası

Denizaltı bataryaları kurşun-asit bataryalar olup düşük gerilim ve yüksek akım sağlayan enerji kaynaklarıdır. Denizaltının, deniz altında yol alırken gereksinim duyduğu enerjiyi sağlarlar. Deniz üstüne çıktıklarında ise sahip oldukları dizel jeneratörler tarafından şarj edilirler ve itici güç bu jeneratörler tarafından sağlanır.

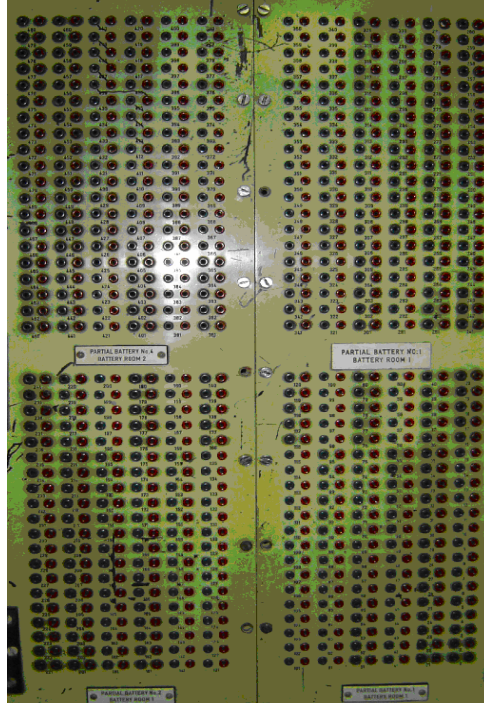


Şekil 2.2 Denizaltı bataryaları bağlantı şekli

2.2 Batarya İzleme ve Şarj Devresinin Açıklanması

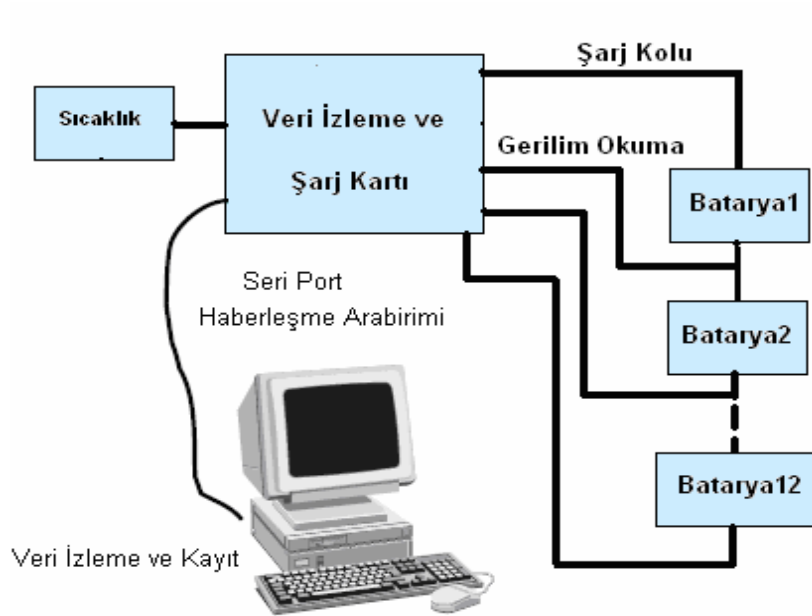
Denizaltı batarya izleme sistemi, denizaltı batarya gerilimlerinin yanı sıra her bir gruptan çekilen akımı ve pilot bataryaların sıcaklık değerlerinin izlenmesini sağlayan bir sistemdir. Eski denizaltılarda batarya izleme her bir bataryanın geriliminin voltmetre ile manüel olarak okunup not edilmesi şeklinde yapılmaktadır. Bu durum hem gereksiz iş gücü hem de vakit kaybına neden olmaktadır.

İşte bu sebeple gerçek zamanlı olarak bataryaların şarj durumunu izlemek için bu proje gerçekleştirilmiştir.



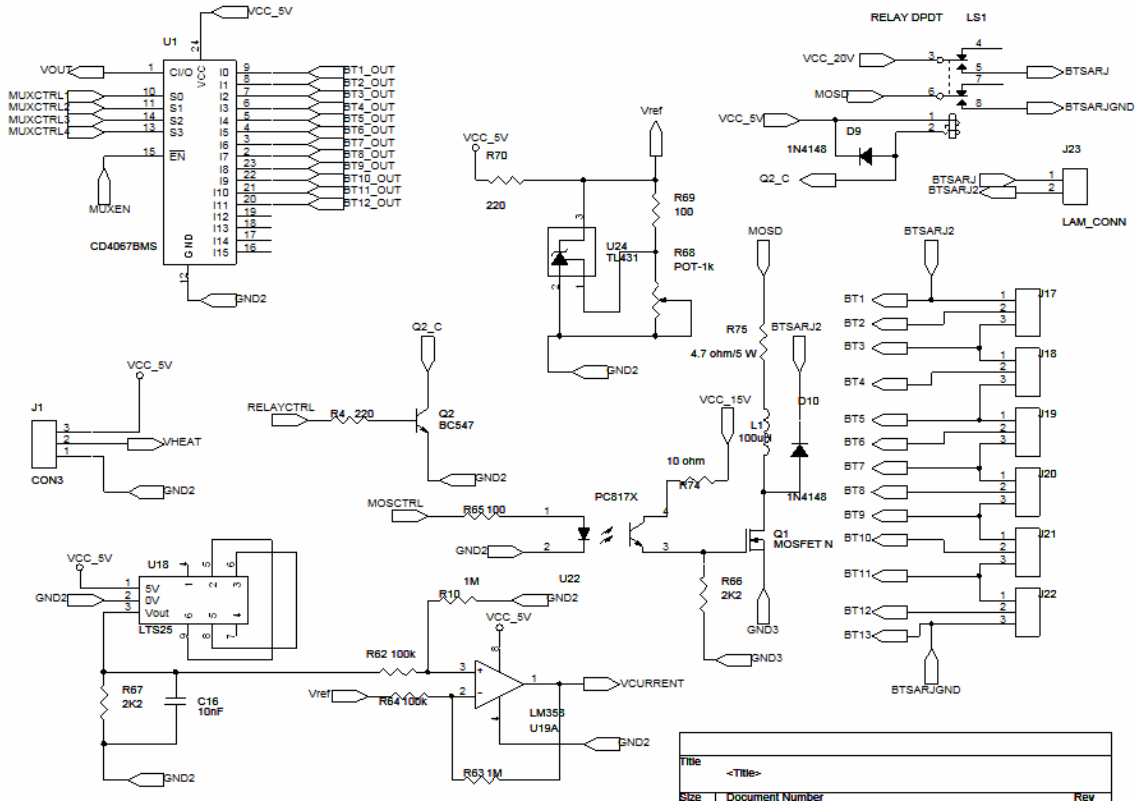
Şekil 2.3 Denizaltı bataryası ölçüm terminali

Sistemde 480 adet batarya, endüstriyel bilgisayar aracılığı ile kullanıcı arabirimi olarak yazılan programdan izlenmektedir. Ayrıca her bir batarya grubundan geçen akım ve batarya gruplarında bulunan pilot bataryaların sıcaklığı da aynı yazılım aracılığı ile izlenebilmektedir.



Şekil 2.4 Veri İzleme ve Şarj Sistemi Blok Diyagramı

Batarya izleme kartında her batarya için diferansiyel opamp kullanılmıştır. Her diferansiyel opampın çıkışı sinyal işleyici tarafından kontrol edilen çoklayıcının girişine bağlıdır. Çoklayıcıdan çıkan analog işaret, sinyal işleyicinin analog dijital dönüştürme birimine girer. Sinyal işleyicide okunan analog işaret değerlendirilerek arabirim yazılımına gönderilir.

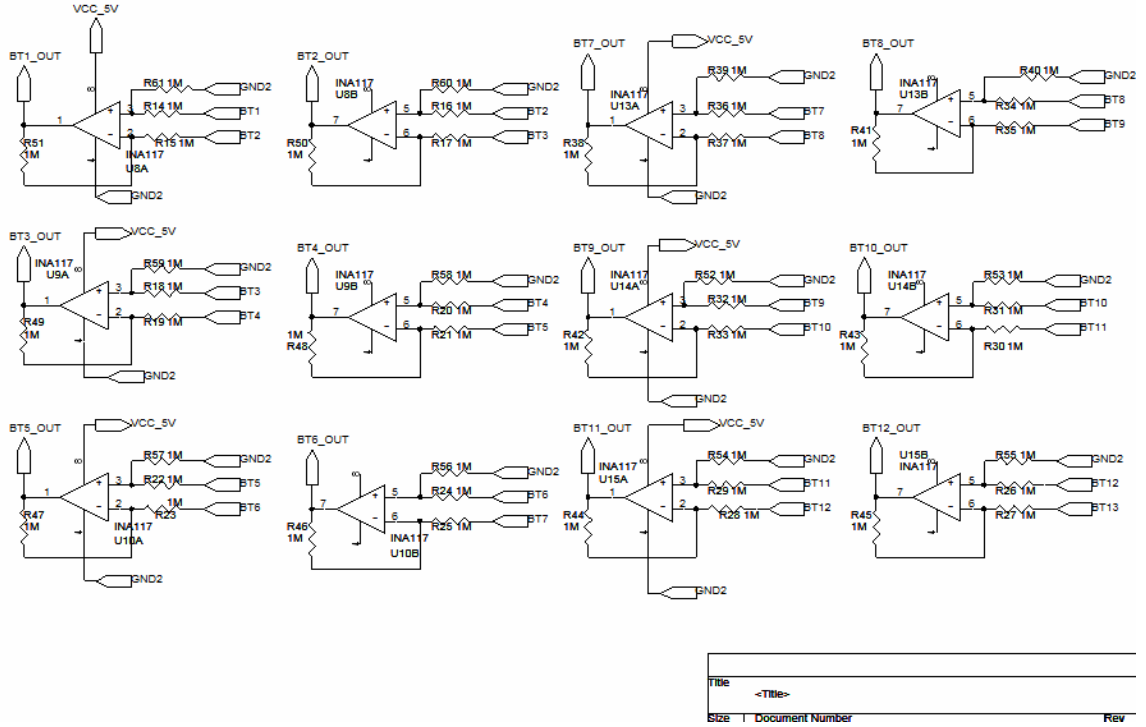


Şekil 2.5 Batarya terminalleri, akım sensörü, akım kontrol devresi

Şekil 2.5’de, J17-J22 terminalleri batarya girişleridir. Bu terminaller sırasıyla birbirine seri bağlıdır. Batarya girişleri, şekil 2.6’da gösterilen opamp’lara girerler. Diferansiyel Opamp’lardan çıkan sinyaller şekil 2.5’de görülen CD4067 entegresinde kendilerine ait kanallara girerler. Bu entegrede kanal seçimi için 4 adet logic giriş bulunur. Sinyal işleyici ile okunmak istenen bataryaya ait kanal seçilerek gerilim okunur.

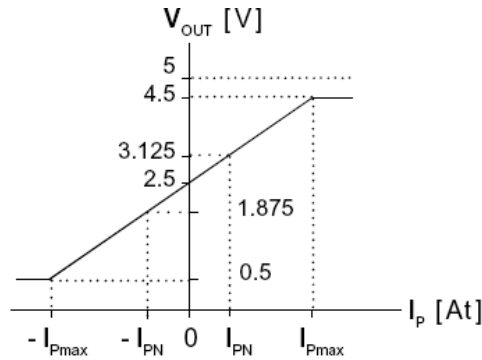
Şekil 2.5’deki devrede bataryaları şarj eden akım yolu üzerinde bir adet röle bulunmaktadır. Bu röle koruma amaçlı olup bataryaları devreden tamamen izole etmek için kullanılır. Ani sıcaklık değişiminde veya yazılım aracılığı ile istenilen zamanda önce mosfetin sinyali kesilir

daha sonra rölenin kontakları serbest bırakılarak rölenin kontaklarının yüksüz halde açılması sağlanır. Böylece rölenin ömrü uzar ve uzun zamanlı çalışma sağlanır. Devrede bulunan röle, doğrudan sinyal işleyicinin çıkışından sürülemeyeceği için şekil 2.5’de görülen Q2(BC547) transistörü ile yükseltip sürülür.

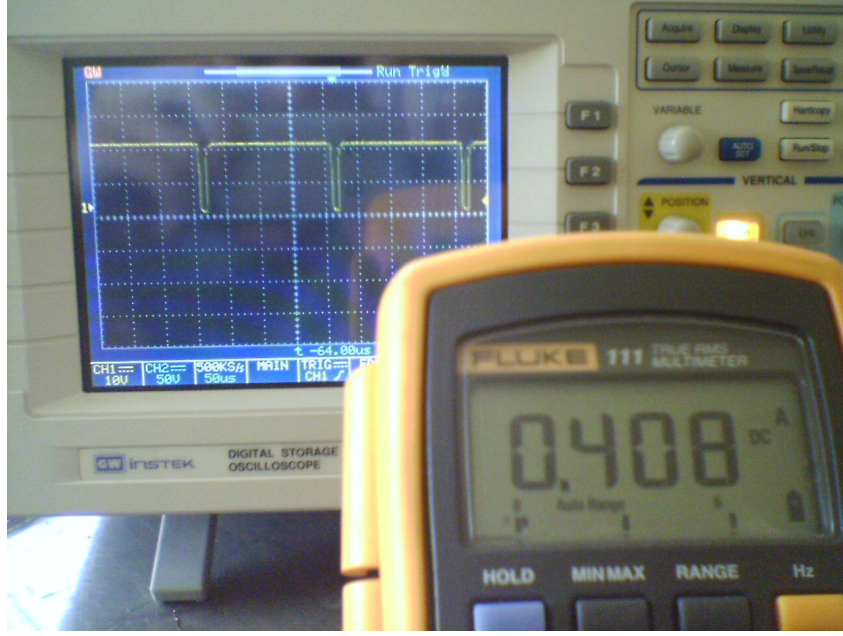


Şekil 2.6 12 adet batarya gerilimi ölçme devresi

Şekil 2.5’de görülen akım transdüseri, 2.5 volt sabit çıkış gerilimi üzerine akım değişimine göre her 1 amper akım için 0.8 volt gerilim vermektedir.(LEM LTS25NP DataSheet)

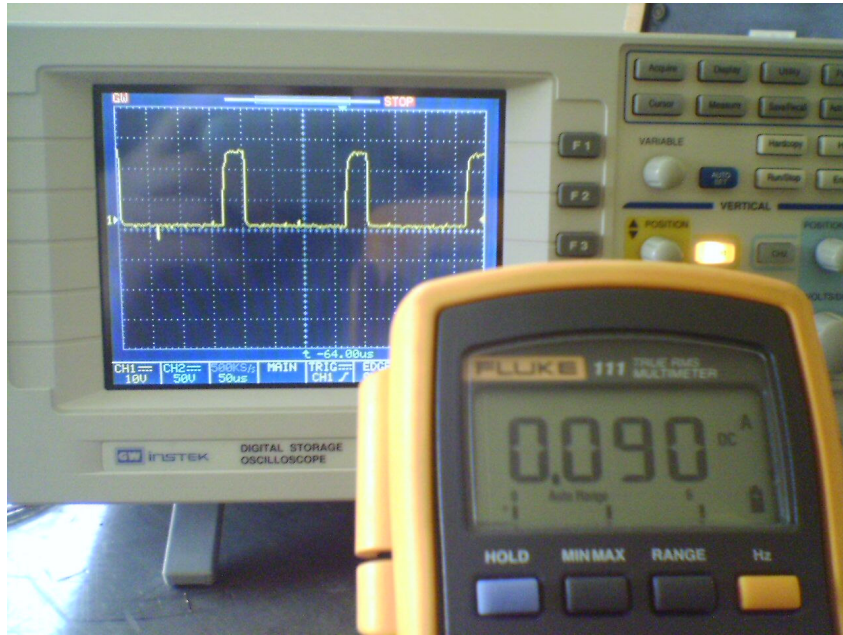


Şekil 2.7 Akım transdüserinin çıkış geriliminin içinden geçen akımla değişimi



Şekil 2.9 PWM doluluk oranı %90

Şekil 2.9 'da PWM'in doluluk oranı %90 iken ampermetrede okunan akım görülmektedir. Şekil 2.10'da ise PWM'in doluluk oranı %10 iken ampermetrede okunan akım değeri görülmektedir. Görüleceği gibi PWM'in doluluk oranı değişikçe akım değışmekte böylece şarj akımının kontrolü sağlanmaktadır.



Şekil 2.10 PWM doluluk oranı %10

3. Batarya Şarj Devresinin Güç Kaynağı

Bu bölümde batarya şarjı için gerçekleştirilen flyback topolojisindeki anahtarlama gücü kaynağının temel yapısı anlatılacak daha sonra diğer kaynaklarla karşılaştırılması yapılarak avantajları incelenecektir. En son bölümde ise güç kaynağının hesaplamalarına yer verilmiştir.

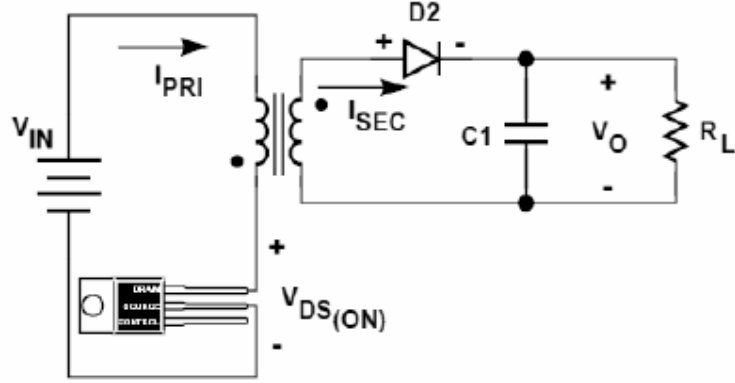
3.1 Geri Dönüştürülebilir Güç Kaynakları

Geri dönüştürülebilir (Flyback) güç kaynağı (FB) , çıkışında yüksek gerilim elde etmek amacıyla yaygın olarak kullanılan bir anahtarlama gücü kaynağı (AGK) türüdür. Kullanılan eleman sayısının azlığı ve ekonomik olmasından dolayı son zamanlarda düşük gerilim ve orta güç uygulamalarında hızla yaygınlaşmaya başlamıştır.

FB güç kaynağı yüksek çıkışlı AGK' dan türetilmiştir ve bobinin enerji depo etme prensibine göre çalışır. FB güç kaynağının temel güç devresi Şekil 1'de gösterilmiştir. Temel güç devresinde kullanılan transformatörün primeri DC giriş kaynağı ve güç elemanına bağlanmıştır. Sekonder sargı diyot üzerinden kapasite ve yüke bağlanmıştır. FB AGK'da genellikle güç elemanı olarak MOSFET kullanılır. MOSFET iletimde iken giriş gerilimi transformatörün primerine uygulanır. Transformatörün sekonderindeki diyot bu aralıkta ters kutuplanır. Dolayısıyla kaynaktan yüke enerji akışı sağlanamaz. Bu aralıkta transformatörün primeri bir bobin gibi davranır ve enerji depo eder. Depo edilen enerjinin miktarı değiştirilerek çıkış gücünün kontrolü ve regülasyonu sağlanır. (Bakan, 2002)

İstenilen çıkış gerilimini sağlamak amacıyla PWM metodu ile sabit frekansta güç elemanının iletim süresi değiştirilerek kontrol yapılır. Bu kontrol gerilim ve akım kontrolü olmak üzere iki şekilde yapılabilir.

FB güç kaynağının en önemli kısmı transformatördür. Manyetik devrenin tasarımı istenilen çıkış gücüne göre yapılır. Bu tasarım devrenin çalışma aralığını ve FB dönüştürücünün verimi etkiler.



Şekil 3.1 Flyback güç kaynağı temel devresi

Flyback Güç Kaynağının Özellikleri:

- Off-line, izoleli güç kaynaklarında kullanılır.
- En az elemana sahiptir.
- Geniş giriş gerilimi aralığında çalışır.
- Özel bir gerilim geri besleme metodu kullanılır.
- Tek veya çok çıkış elde edilebilir.
- Çıkış gerilimi girişten düşük veya yüksek olabilir.
- Çıkış gerilimi pozitif veya negatif olabilir.

Güç kaynaklarının çoğunda güvenlik ve standartlara uygunluk açısından giriş ve çıkış gerilimi arasında izolasyon mevcuttur. Bu izolasyonu sağlamak için bir transformatör kullanılır. Transformatör aynı zamanda gerilimin istenilen oranda dönüştürülmesini de sağlar. Çoğu güç kaynağında bir enerji depolama elemanı ve PWM şeklindeki çıkış gerilimini DC gerilime çevirmek için alçak geçiren filtrenin bir parçası olarak ayrıca bir bobin kullanmak gerekir. FB güç kaynağı düşük güçlerde tercih edilebilir, çünkü, transformatör ve bobin de enerji depo edilmesini, izolasyonu ve gerilim dönüşümünü sağlayan tek bir manyetik elemandır. Forward dönüştürücü ve diğer dönüştürücüler ile karşılaştırıldığında, FB dönüştürücü daha azmanyetik ve devre elemanına sahiptir. FB topolojisinin bu avantajları yaklaşık olarak çıkış gücü 100 W ve çıkış akımı 10 A'e kadar geçerlidir. Bu değerlerin üzerinde elemanların maruz kaldığı akım ve gerilim stresleri artar, daha pahalı elemanların kullanılması nedeniyle fiyat avantajı kaybolur.

FB güç kaynağının diğer bir avantajı ise çıkış gerilimi ile orantılı bir gerilimin güç transformatörüne bir geri besleme sargısı eklenerek elde edilmesidir. Bunun anlamı sekonder regülasyonunun primer tarafında opto eleman gibi ek bir izolasyon elemanı kullanılmadan

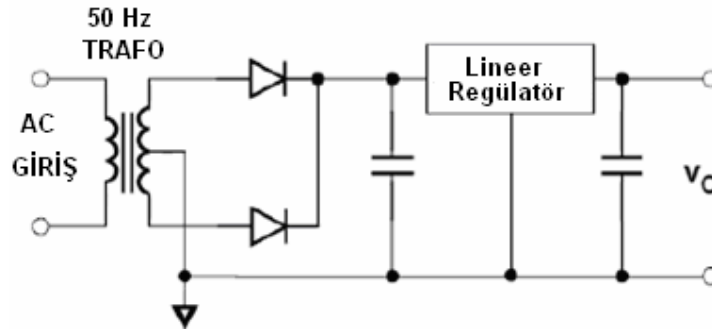
sağlanabileceğidir.

3.2 Flyback Güç Kaynağının Diğer Kaynaklarla Karşılaştırılması

FB güç kaynaklarının düşük güç uygulamalarındaki alternatifleri lineer güç kaynakları ve buck, boost, forward gibi diğer AGK topolojileridir.

3.2.1 Lineer Güç Kaynağı

Şebeke frekansında çalışan 50–60 Hz'lik transformatör, doğrultucu, filtre ve lineer regülatörden oluşur. Bu kaynak türü ucuz ve sağlam olup aşağıdaki dezavantajlara sahiptir.

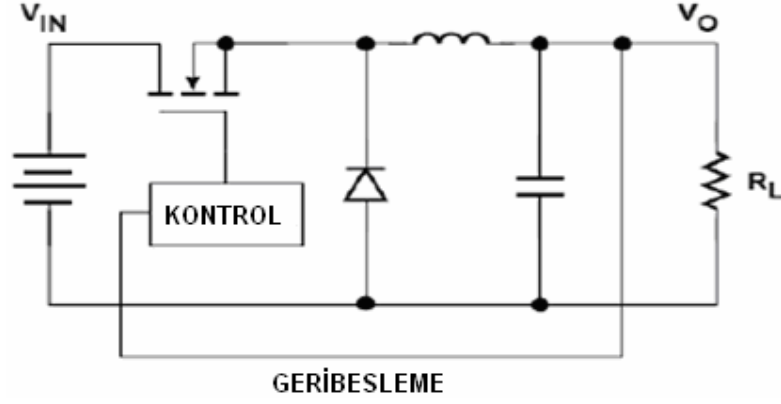


Şekil 3.2 Lineer güç kaynağı

- Büyük hacim
- Büyük ağırlık
- Düşük verim
- Dar giriş gerilim aralığı

3.2.2 Düşük Çıkışlı (Buck) Dönüştürücü

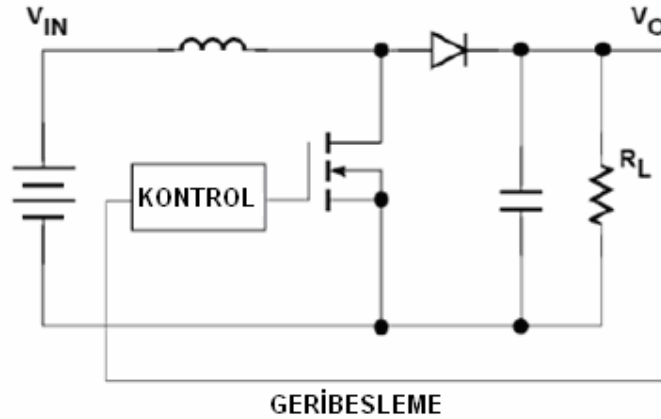
- Giriş geriliminden daha düşük ve pozitif çıkış gerilimi üretir.
- İzoleli değildir.
- Üstte olan güç elemanın sürülmesi için seviye yükseltici veya bootstrap türü bir devre gereklidir.
- Dönüştürme oranı bağlı iletim süresine bağlı olarak 10:1 oranı ile sınırlıdır.



Şekil 3.3 Buck dönüştürücü

3.2.3 Yüksek Çıkışlı(Boost) Dönüştürücü

- Giriş geriliminden daha yüksek bir çıkış gerilimi sağlar
- İzoleli değildir
- Dönüştürme oranı bağlı iletim süresine bağlı olarak 10:1 oranı ile sınırlıdır.



Şekil 3.4 Boost dönüştürücü

3.2.4 Çok Anahtarlı Dönüştürücüler

Çok anahtarlı dönüştürücüler push-pull, yarım köprü, tam köprü, iki transistörlü FB ve iki transistörlü forward türleridir. Bu devreler en az bir ilave güç anahtarı içerir ve yapıları karmaşıktır. Bu dönüştürücüler düşük güçler için ekonomik değildir ve 200 W'tan birkaç kW'a kadar güçlerde kullanılırlar.

3.2.5 Rezonanslı Dönüştürücüler

Rezonanslı dönüştürücüler yüksek frekanslarda çalışır ve diğer güç kaynaklarına göre daha fazla eleman gerektirir. Maksimum gerilim ve akım stresleri diğer güç kaynaklarından fazladır. Sıfır akım veya sıfır gerilimde anahtarlama gerçekleştirilir. Düşük çıkış güçlerinde fiyat açısından tercih edilmez.

3.2.6 Sonuç

İncelenen çeşitli güç kaynaklarından görüleceği gibi en avantajlı çözüm olarak geri dönüşlü güç kaynağının kullanılması gerektiği açıktır. Bu nedenle devrede geri dönüşlü güç kaynağı kullanılmıştır. Devrenin çalışması ve tasarımı bir sonraki başlıklarda anlatılmıştır.

3.3 FB Güç Kaynağının Çalışması

FB güç kaynağında enerji depolama, çıkış izolasyonu ve çıkış gerilim dönüşümü amacıyla bir transformatör kullanılır. Şekil 3.1'de MOSFET iletimde iken D2 diyodu ters kutuplanır ve transformatörün primerindeki akım (3.1) eşitliğine göre yükselir.

$$I_{PRI} = I_I + \frac{(V_{IN} - V_{DS(ON)})x t_{ON}}{L_p} \quad (3.1)$$

Burada I_1 , transformatörün primerinden geçen akımın başlangıç değeri, V_{IN} köprü doğrultucu çıkışındaki gerilimin DC değeri, $V_{DS(ON)}$ MOSFET'in iletim gerilim düşümü, t_{ON} MOSFET'in iletim süresi ve L_p Henry cinsinden transformatörün primer endüktansdır. Bu aralıkta, transformatör çıkıştaki yükten D2 diyotu ile izole olduğu için yüke aktarılan enerji C çıkış kondansatörü tarafından sağlanır. MOSFET kesime girdiğinde transformatörün nüvesindeki manyetik akı azalmaya başlar dolayısıyla çıkış sargısının polaritesi yön değiştirir. D2 diyodu iletime girer ve MOSFET iletimde iken transformatörde depo edilen enerji yük devresine aktarılır. Bu aralıkta hem kondansatör şarj olur hem de yük akımı sağlanır. MOSFET kesime ve D2 diyotu iletime girdiğinde sekonder akımının başlangıç değeri $I_P \times N_P / N_S$ olur. Burada I_P , MOSFET iletimde iken primerden geçen I_{PRI} akımının maksimum değeridir. N_S sekonderdeki sarım sayısı ve N_P primerdeki sarım sayısıdır. Sekonder akımı (3.2) nolu eşitliğe göre azalır.

$$I_{SEC} = \frac{I_P \times N_P}{N_S} - \frac{(V_O + V_{D2})x t_{OFF} \times N_P^2}{N_S^2 \times L_p}, \quad I_{SEC} \geq 0 \quad (3.2)$$

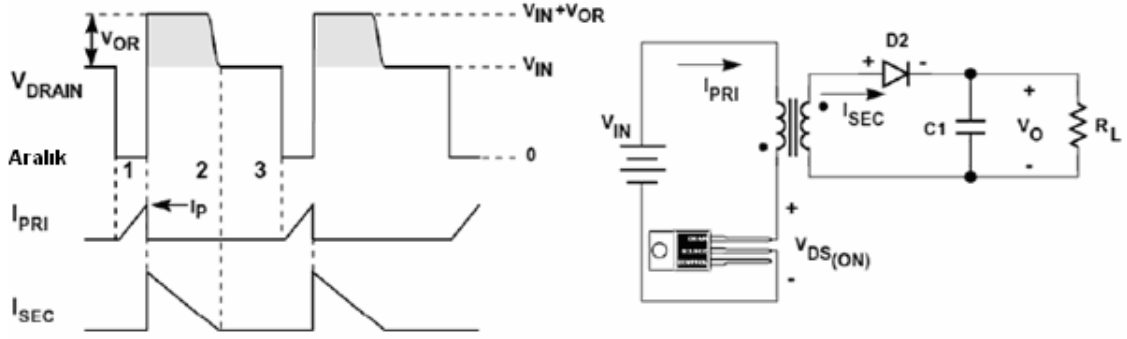
Burada çıkış gerilimi V_O , D2 diyodunun iletim gerilim düşümü ve MOSFET'in kesim süresi t_{OFF} olarak gösterilmiştir. Akım bu aralıkta sıfıra düşerse, C1 kondansatörü çıkış akımını sağlar. FB güç kaynağının iki farklı çalışma modu vardır. Eğer I_{SEC} akımı t_{OFF} süresi tamamlanmadan sıfıra düşerse bu çalışmaya kesintili mod denir. t_{OFF} süresi tamamlandığında akım sıfırdan büyükse bu çalışma kesintisiz mod olarak tanımlanır.

3.3.1 Modelin İdeal Olması Durumunda Kesintili Çalışma Modu

Kesintili çalışma modu üç farklı aralıktan oluşur. İlk aralık transformatörün primer sargısından geçen I_{PRI} akımının lineer olarak yükseldiği aralıktır. Bu aralıkta transformatörün nüvesinde bir manyetik alan oluşur. MOSFET'in $V_{DS(ON)}$ gerilimi bu aralıkta yaklaşık olarak sıfırdır. Çıkış diyodu transformatörün ters polaritesinden dolayı kesimde olduğundan (noktanın polaritesi çıkış diyoduna göre ters) sekonder çıkıştan izoledir ve akım C1 kondansatörü tarafından sağlanır. İkinci çalışma aralığı MOSFET kesime girince oluşur. Manyetik alanda depo edilen enerji hem primer hem de sekonder sargısında ters yönde gerilim oluşmasına neden olur. İdeal bir devrede I_{PRI} akımı hemen sıfır olur ve sekonder akımı hemen akmaya başlar. Pratikte ise ideal davranıştan farklı dikkate alınması gereken durumlar oluşur. Sekonder sargı gerilimi çıkış gerilimi ile iletimdeki diyodun gerilim düşümünün toplamına eşittir. Sekonder gerilimi transformatörün dönüştürme oranı V_{OR} (reflected output voltage) kadar primere yansır. Bu aralıkta MOSFET'in üzerindeki gerilim, yansıyan gerilim V_{OR} ile giriş gerilimi V_{IN} 'in toplamıdır. Yansıyan V_{OR} geriliminin MOSFET'in üzerinde gerilim stresi oluşturmaması için transformatör dönüştürme oranının seçimine dikkat edilmelidir. Bu yansıyan gerilim, çıkış geriliminin primer tarafından dolaylı olarak algılanması için kullanılır. Böylece primer çıkışını referans alan bir uyarma (bias) veya kontrol sargısı ile primer tarafından kontrol yapılması mümkün olur.

İlk aralıkta transformatörün primerinde depo edilen enerji, ikinci aralıkta yük devresine akım sağlar. Birinci ve üçüncü aralıkta deşarj olan C1 kondansatörü bu aralıkta şarj olur.

Üçüncü aralık nüvedeki manyetik alanın azalarak sıfır olması ($I_{SEC} = 0$) ile ortaya çıkar. Bu aralıkta sekonder ve primerden bir akım geçmez. MOSFET'in V_{DS} gerilimi giriş gerilimine kadar düşer. Transformatördeki enerji sıfır olduğu için çıkış akımı C1 kapasitesi tarafından sağlanır.



Şekil 3.5 Kesintili çalışma modu

Her çevrimde transformatör tarafından yüke aktarılan enerji:

$$E = \frac{1}{2} \times L_p \times I_p^2 \times \eta \quad (3.3)$$

ve çıkış gücü

$$P_o = \frac{1}{2} \times L_p \times I_p^2 \times \eta \times f_s \quad (3.4)$$

olarak hesaplanır. Burada η verim ve f_s çalışma frekansdır.

Bağıl iletim süresi $D = t_{ON} \times f_s$, $I_I = 0$ ve $V_{DS(ON)} = 0$ olduğuna göre (1) eşitliği kullanılarak çıkış gücü aşağıdaki şekilde yazılır.

$$P_o = \frac{V_{IN}^2 \times D^2 \times \eta}{2 \times L_p \times f_s} \quad (3.5)$$

Kesintili mod da çalışan bir güç kaynağında, kontrolör bağıl iletim süresini ayarlayarak istenilen çıkış gerilimini sağlayacak gücün yüke aktarılması sağlanır. Bağıl iletim süresi hem giriş geriliminin hem de çıkıştaki yükün bir fonksiyonudur.

3.3.2 Modelin İdeal Olmaması Durumunda Kesintisiz Çalışma Modu

Kesintisiz çalışma modunda sekonder akımı I_{SEC} sıfır olmaz ve üçüncü aralık oluşmaz. I_{PRI} akımı, başlangıç değerinden itibaren I_{SEC} akımının primere indirgenmiş değerine kadar yükselir. Kesim aralığında MOSFET üzerinde oluşan gerilim, giriş gerilimi V_{IN} ile

sekonderden primere yansıyan V_{OR} geriliminin toplamıdır. Sabit çıkış gerilimi elde etmek için iletim süresi boyunca primer endüktansından geçen akımın artış miktarı ile kesim aralığı boyunca oluşan azalma miktarı aynı olmalıdır. Bu durum aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$\frac{(V_{IN} - V_{DS(ON)})xD}{L_p x f_s} = \left(\frac{V_O + V_{D2}}{N_p} \right) x \frac{N_s}{N_p} x L_p x f_s$$

Buradan çıkış gerilimi

$$V_O = [(V_{IN} - V_{DS(ON)})x \frac{D}{1-D} x \frac{N_p}{N_s}] - V_{D2} \quad (3.6)$$

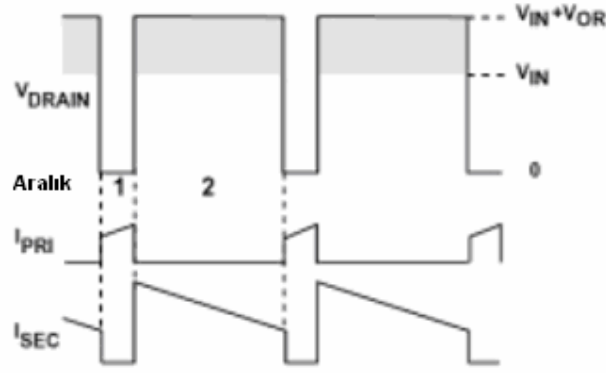
olarak elde edilir.

Kesintisiz akım modunda çalışmada çıkış gerilimi ile yük arasında bir ilişki yoktur. Bağlı iletim süresinin sabit kalması durumunda yük değişirse primer akımının başlangıç değeri değişir.

Transformatörün primer endüktansı, çıkış yükü ve MOSFET'in kesim süresi çalışmanın kesintili olup olmadığını belirler. Bu bağımlılık (3.2) eşitliğinde verilmiştir. Kesintili ve kesintisiz mod arasındaki sınır akım değeri I_{OB} aşağıdaki gibi hesaplanır. Bu eşitlik çıkış akımının bir periyot içindeki integrali, transformatör çıkış akımının bir periyodun kesim aralığındaki integraline eşitlenerek elde edilir. Yani bir periyot içinde yükün ihtiyacı olan enerji, kesim aralığında transformatörün yüke aktardığı enerjiye eşit ise sınır durumudur.

$$I_{OB} = \frac{V_{IN}^2 x V_O}{2x f_s x L_p x \left[\left(\frac{N_s}{N_p} x V_{IN} \right) + V_O \right]^2} \quad (3.7)$$

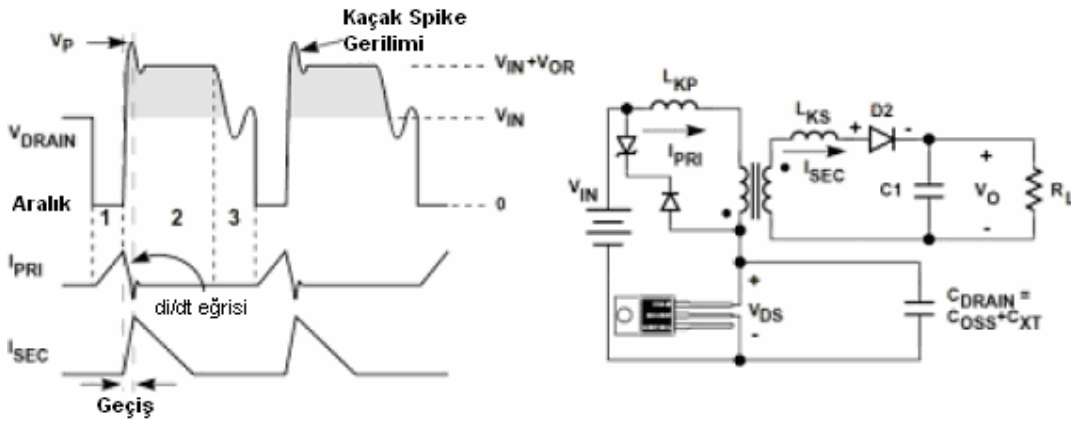
Çıkış akımı I_{OB} değerinden büyük ise kesintisiz modda, küçük veya eşit ise kesintili modda çalışma gerçekleşir. Transformatörün primer endüktansı küçük ise enerji hızlı bir şekilde azalır ve kesintili mod oluşur. Primer endüktansının değeri büyük ise güç kaynağı kesintisiz modda çalışır. Yük akımı I_{OB} değerinin altına düşerse güç kaynağı kesintili modda çalışır. Belirli bir yük için giriş gerilimi arttırılırsa yine kesintili mod oluşur, çünkü I_{OB} , giriş geriliminin artması ile artar.



Şekil 3.6 Kesintisiz çalışma modu

3.3.3 Modelin İdeal Olmaması Durumunda Kesintili ve Kesintisiz Mod

İdeal olmayan FB güç kaynağında ilave olarak iki kaçak endüktans ve bir parazitik kondansatör mevcuttur. Güç transformatörünün primer kaçak endüktansı L_{KP} , sekonder kaçak endüktansı L_{KS} 'dir. MOSFET'in çıkış kondansatörü C_{OSS} ile transformatör sargısının kondansatörü C_{XT} 'nin toplamı C_{DRAIN} 'dir. Bu kaçak devre elemanları uygulamada güç kaynağının performansını etkiler.



Şekil 3.7 Modelin ideal olmaması durumunda kesintili çalışma

Kesintili çalışma modunda ilk aralıkta MOSFET iletme girer ve C_{OSS} ile C_{XT} deşarj olur. Bu kondansatörlerin bir önceki periyodun sonunda depo ettikleri enerji, iletim aralığının başında MOSFET'te harcanır. Bu enerji parazitik kondansatörlerdeki gerilimin karesi ile orantılıdır. Bu nedenle yüksek değerli parazitik kondansatörler özellikle giriş gerilimi yüksek olduğunda güç kaynağının verimini önemli ölçüde azaltır. İletim aralığında kaçak endüktansın etkisi

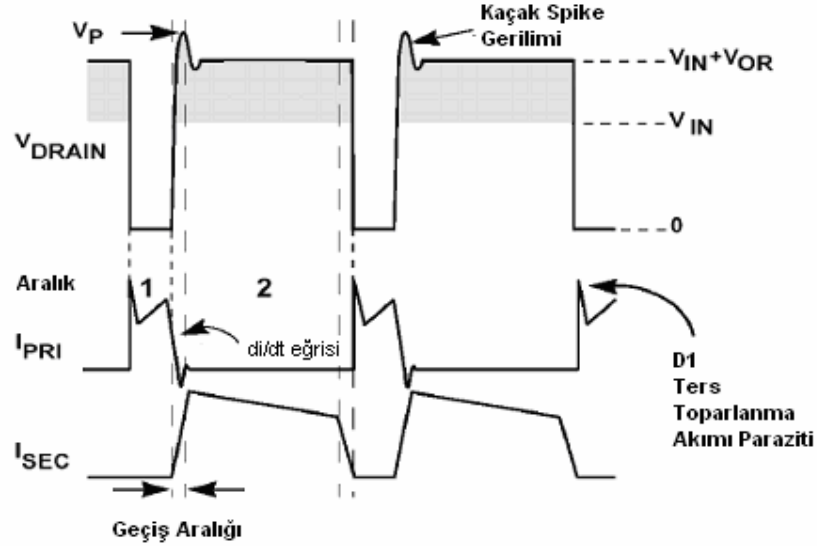
azdır çünkü transformatörün enerjisi ve çıkış akımının başlangıç değeri sıfırdır. İkinci aralıkta MOSFET kesime girer. Manyetik alanda depo edilen enerji sekondere aktarılır. Bu aktarım esnasında L_{KP} ve L_{KS} akımın değişmesine engel olmaya çalışır. L_{KP} primer akımına ve L_{KS} sekonder akımına engel olmaya çalışır. Primer akımı azalırken ve sekonder akımı artarken bir kesişme (crossover) bölgesi oluşur. Primer akımı devre gerilimi ve kaçak endüktans değerinin belirlediği eğim ile azalır, sekonder akımı ise devre gerilimi ve kaçak endüktans değerinin belirlediği eğim ile artar. Primer akımının bu kesişme aralığında geçmeye devam etmesi önemli bir problem kaynağıdır. Azalan primer akımı C_{OSS} ve C_{XT} 'nin V_p gerilimine kadar şarj olması ile son bulur. Kaçak endüktansın neden olduğu bu maksimum gerilim kaçak darbe gerilimi (leakage spike) olarak tanımlanacaktır. Pratik bir FB güç kaynağında kaçak darbe gerilimi güç anahtarının devrilme gerilimini (breakdown voltge) aşmamalıdır. Bunun için bu darbenin kırılması gereklidir.

Üçüncü çalışma aralığında V_{OR} gerilimi sıfır olur. Transformatörde depo edilen manyetik enerji bu aralıkta verilmiştir. MOSFET'in V_{DS} gerilimi, $V_{IN}+V_{OR}$ geriliminden V_{IN} gerilimine düşer. Gerilimin düşmesi ile kaçak kapasite ile primer endüktansı arasında rezonans oluşur. Rezonans ile C_{OSS} ve C_{XT} üzerindeki gerilimler bir tür modüle edilmiş olur. Rezonans kayıp nedeniyle azalarak devam eder. MOSFET'in iletme girmesi ile rezonans biter ve kondansatörler MOSFET üzerinden deşarj olur. Kondansatörlerin deşarj enerjisi MOSFET'te harcanır ve kayba dönüşür. Kesintisiz çalışma modunda da aynı parazitik elemanlar mevcuttur. Ayrıca doğrultucunun ideal olmayan karakteristikleri de dikkate alınmalıdır. İdeal bir doğrultucuda iletim gerilim düşümü sıfırdır ve anahtarlama hızı çok yüksektir. Gerçek bir diyotta ise belirli bir iletim gerilim düşümü ve kesime girme süresi mevcuttur. PN diyotuna ters gerilimin uygulanması ile azınlık yük taşıyıcılarının jonksiyonda yer değiştirmesi ve diyodun kesim durumuna geçmesi ters toparlanma süresi t_{tr} kadar bir süre alır. Schottky diyotta t_{tr} süresi jonksiyon kapasitesinden kaynaklanır. t_{tr} süresi boyunca, diyot kesime girinceye kadar diyottan ters toparlanma akımı geçer. Bu ters akım darbesi diyotta güç harcanmasına neden olur ve MOSFET'i iletme girerken yükler. Bu akım darbesinin genliği ve süresi diyodun hızına bağlıdır. 100 kHz'in üzerindeki çalışma frekanslarında diyodun t_{tr} süresinin 50 ns'den küçük olması gerekir. Yavaş diyotların kullanılması durumunda ters toparlanma esnasında aşırı bir güç harcanır ve verim düşer. FB güç dönüştürücüde ideal olmayan değişimler Şekil 3.7'de verilmiştir.

Kesintisiz çalışmanın ilk aralığında sekonderden akım geçmekte iken MOSFET iletme girer. Yani MOSFET iletme girdiğinde V_{DS} gerilimi V_{IN} giriş gerilimi ile transformatörün

sekonderinden yansıyan V_{OR} geriliminin toplamıdır. Bu durumda kaçak kondansatörler kesintisiz moda göre daha yüksek gerilimle dolu olduğundan MOSFET'in iletme girme kaybı daha yüksek olur. Sekonder akımının sıfır olması için önce sekonder kaçak endüktansındaki akımın deşarj olması gerekir. Dolayısıyla sekonder akımının azaldığı ve primer akımının arttığı aralıkta bir kesişme olur. Önce sekonder kaçak endüktansındaki akım sıfır olur. D2 çıkış diyoduna ters gerilim gelir. Diyottaki akım taşıyıcıları geri çekilir ve ters toparlanma akımı geçer. Bu akım primer akımının yükselen kenarında görülür. Diyot karakteristiğine bağlı olarak ilk akım darbesinin genliği, primer akımının son değerine göre yüksek olabilir. Bu durum akım sınırlama devresinin gereksiz yere çalışmasına neden olur. Bunun için uygulamada kontrol devresinde yükselen kenardaki akım darbesi değerlendirilmeden bir süre sonra akım koruması yapılır.

Kesintisiz çalışma modunda MOSFET'in kesime girmedeki davranışı, kesintili çalışma modundaki davranışına benzer. Primer ve sekonder akımı transformatörün kaçak endüktansı nedeniyle kesişir. Bu durum primerde kesintili modda olduğu gibi bir kaçak darbe geriliminin oluşmasına neden olur. MOSFET iletme girene kadar V_{DS} gerilimi V_{IN} giriş gerilimi ile transformatörün sekonderinden yansıyan V_{OR} geriliminin toplamı olur.



Şekil 3.8 İdeal olmayan kesintisiz çalışma modunda çalışma

3.4 Çok Çıkışlı Flyback Güç Kaynağı Tasarımı

Uygulamada yapılacak olan devre çizelgede belirtile özelliklere sahip olacak ve bu parametrelere göre tasarım yapılacaktır.

Çizelge 3.1 Uygulama devresinin genel karakteristiği

Giriş gerilimi	195 V - 265 V		
1. çıkış gerilimi	5 V DC	1.5 A	7.5 W
2.çıkış gerilimi	20 V DC	1 A	20 W
Toplam çıkış gücü			27.5 W

3.4.1 Transformör Hesabı

5 V çıkış için sekonder sarım sayısı:

$$N_{S5} = 5V * 0.6 = 3 \text{ sarım} + 1 \text{ sarım diyot için} = 4 \text{ sarım.} \quad (3.8)$$

V_{PT} = Primerin sarım başına volt değeri

$$V_{pt} = \frac{V_0 + V_D}{N_s} = \frac{5 + 0.7}{4} = 1.425 \text{ Volt / Sarım} \quad (3.9)$$

$$N_{S30} = \frac{V_0 + V_D}{V_{PT}} \quad (3.10)$$

30 V çıkış için

$$V_0 = 30 \text{ V} \quad V_D = 0.7 \text{ V} \quad V_{PT} = 1.425$$

$$N_s = \frac{30 + 0.7}{1.425} = 21.5 \cong 22 \text{ Sarım seçilir.} \quad (3.11)$$

$$K_{RA} = \frac{I_{SRMS}}{I_0} = \frac{2}{1.5} = 1.33 \quad (3.12)$$

$$I_{SRMS} \quad 2 \text{ A}$$

I_{SRMS} ve I_0 tablodan alınan değerler,

$$I_{RMSX} = I_X * K_{RA}$$

5 V için çıkış akımının efektif değeri

$$I_{RMS5} = 1.5 * 1.33 = 2 \text{ A} \quad (3.13)$$

30 V için çıkış akımının efektif değeri

$$I_{RMS30} = 1 * 1.33 = 1.33 \text{ A} \quad (3.14)$$

3.4.2 Tel çaplarının hesabı:

Tel çapları sargılardaki harcanan güce göre seçilmelidir. Akım yoğunluğu 4 A/mm^2 ile 10 A/mm^2 arasında ise buna göre tel çapları şöyle hesaplanır.(Power Integration Co., AN22)

5 V çıkışında 2 A akım çekileceğine göre tablodan 2A'e karşılık gelen 0.550 mm tel çapı (24 AWG) kullanılır

30 V çıkışından çekilecek akım 1.33 A olduğuna göre yine tablodan $\text{cm}^2 10^{-3}$ sütunundan 0.450 mm tel çapı (25AWG) seçilir.

SMPS çıkışları birbirinden bağımsız iki sarım halinde gerçekleştirilmiştir. Böylelikle sargıların nüve üzerinde yerleştirilmeleri daha kolaydır, aynı zamanda kaçak akıların azaltılması ve daha kuvvetli kuplaj sağlanması açısından fayda sağlamaktadır.

$$\text{Toplam çıkış akımı} = I_{RMS5} + I_{RMS30} = 2 + 1.33 = 3.33 \text{ A} \quad (3.15)$$

Tel çapının 3.33A'e göre seçilmesi hesaplamaları ve sarımı kolaylaştırır bunun için bu akım değerine uygun tel çapı olarak tablodan 0.75 mm çapındaki (21 AWG) telin seçimi uygun olacaktır.

Çıkış katında kullanılan doğrultucu diyotlar çıkış gerilimine ve akımına göre seçilirler. Bir diyot için PIV (pik inverse gerilim)

$$PIV_X = V_X + (V_{MAX} \times \frac{N_X}{N_P}) \quad (3.16)$$

V_X = çıkış gerilimi

$$V_{MAX} = V_{ACMAX} * \sqrt{2} = 265 * \sqrt{2} \quad (3.17)$$

$$N_P = 98.2$$

5 V çıkış gerilimi için

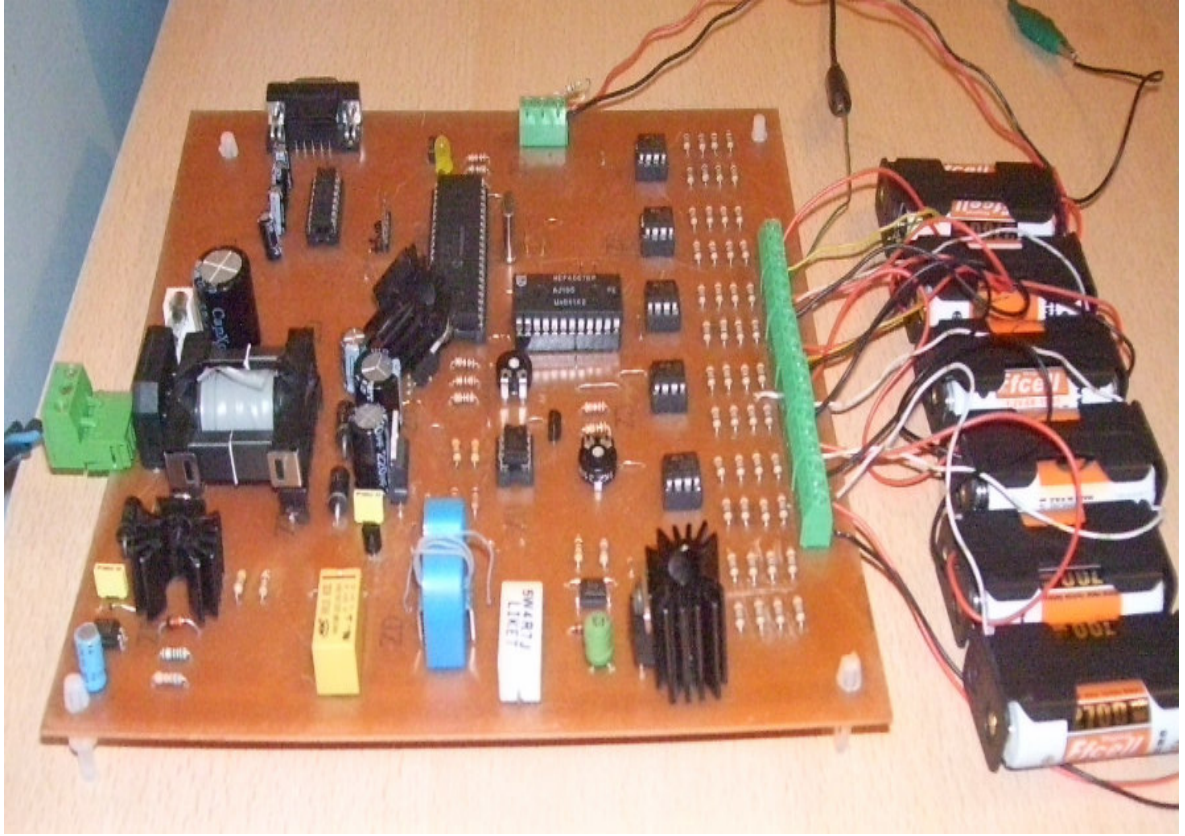
$$PIV_5 = 5 + [375X \frac{3}{98.2}] = 16.4 \text{ V} \quad (3.18)$$

$$PIV_{30} = 30 + [375X \frac{22}{98.2}] = 114 \text{ V} \quad (3.19)$$

Yukarıdaki hesaplamalara göre her diyotun ters kapama gerilimi $1.25 * PIV_x$ olmalıdır. Buna göre 5 V'luk diyotun gerilimi

$$1.25 * 16.4 \text{ V} = 20.5 \text{ V olur.} \quad (3.20)$$

Diyotun gerilimi 20.5 V tan büyük seçilmelidir. 30 V luk çıkışta kullanılacak diyotun gerilimi $1.25 * 114 \text{ V} = 142.5 \text{ V}$ tan büyük seçilmelidir. 5 V çıkış için 2 A, 20 V çıkış için 1.5 A, 150 V değerlerinde olmalıdır. 100 V tan daha küçük diyot gerilimlerinde iletim kayıplarını azaltmak için schottky diyotlar kullanılabilir. Schottky diyotlar aynı zamanda sekonderdeki sarım sayısını azaltarak daha güvenli hale getirirler. Ancak normal diyotlara göre daha pahalıdır.



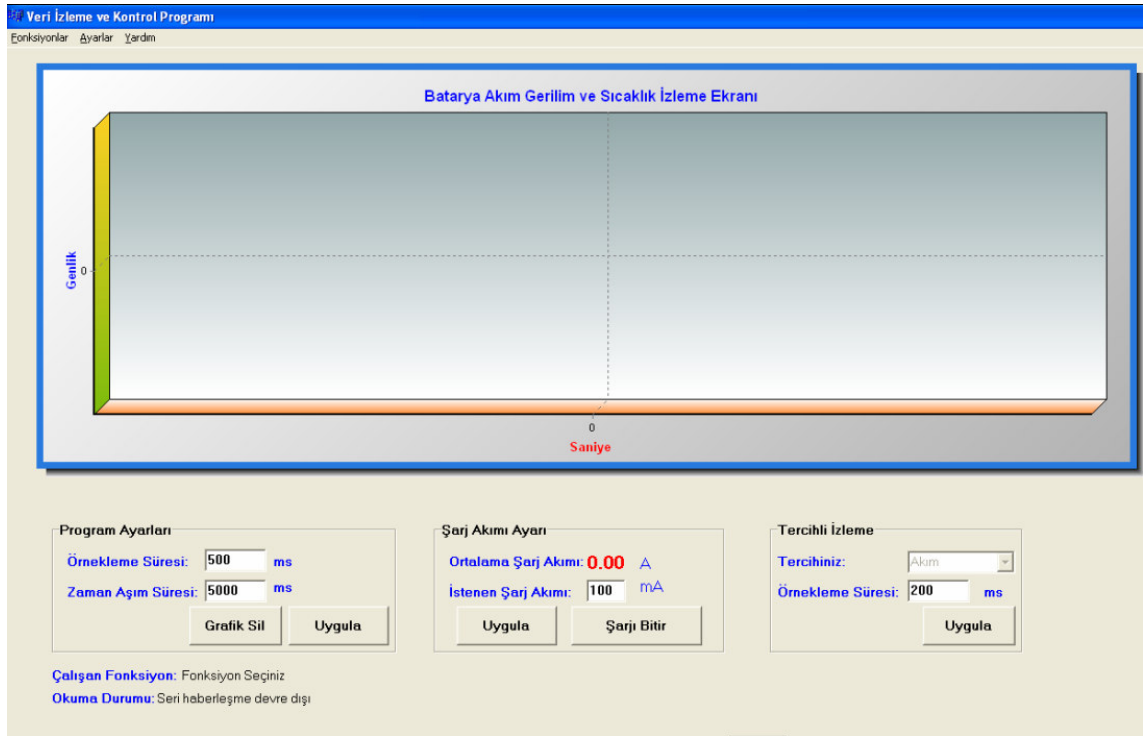
Şekil 3.9 Batarya izleme ve şarj devresi

4. Gömülü Sistem ve Kullanıcı Arabirim Yazılımları

Batarya şarj ve izleme devresinin çalışmasını ve kontrolünü sağlayan iki yazılım bulunur. Bunlardan biri dijital sinyal işleyici için yazılan gömülü sistem yazılımı, diğeri ise kullanıcının bilgisayardan kartı yönetebildiği kullanıcı arabirim yazılımıdır.

4.1 Batarya İzleme Arabirim Yazılımı

Batarya izleme yazılımı Borland C++'da yazılmıştır. Program seri porttan istenilen baud değerinde gelen bilgiyi alarak kendi içinde yorumlar. Programın çalışması için kullanıcının “Fonksiyonlar” menüsünden programın çalışma modunu seçmesi gereklidir.



Şekil 4.1 Batarya izleme yazılımı

Bu seçimin nasıl yapılacağı şekil 4.2’ de görülmektedir. Program; “sürekli izle”, “tercihli izle” ve “Şarjı başlat” olarak üç farklı fonksiyonu gerçekleştirir.



Şekil 4.2 Çalışma modu seçme menüsü

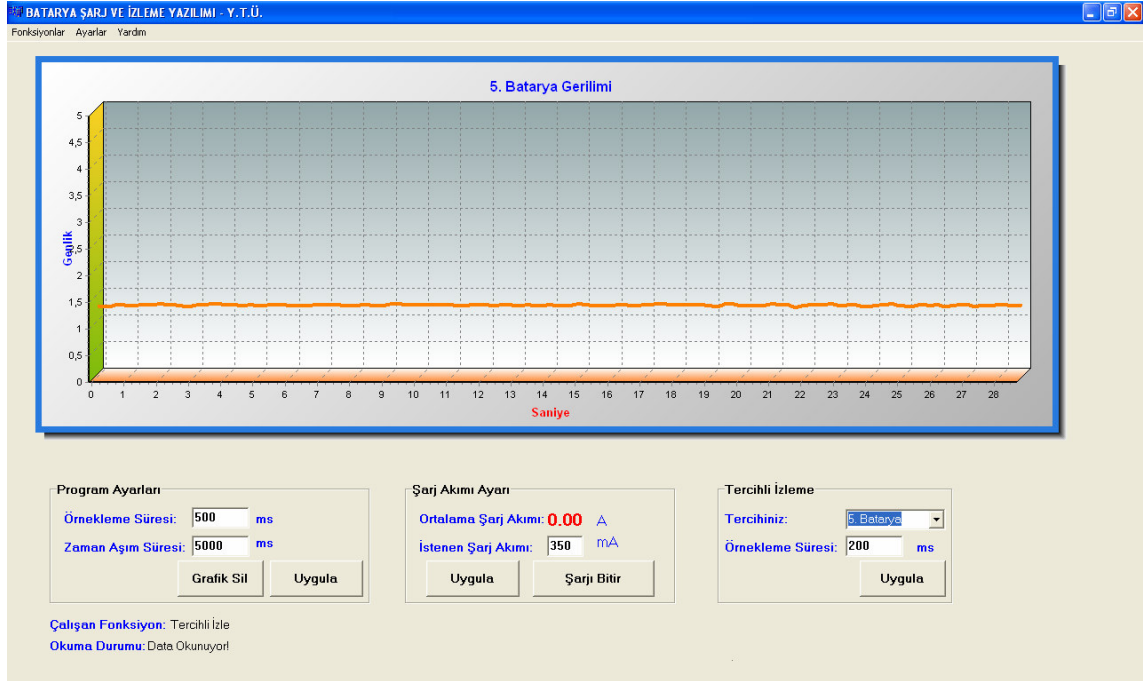
“Sürekli İzle” moduna geçildiğinde yeni bir pencere açılır. Bu pencere şekil 4.3’te görülmektedir. Bu pencerede 12 adet bataryanın her biri için bölmeler bulunur. Bu bölmelerde her bataryanın anlık olarak okunan değerleri gösterilir. Ayrıca her bölmede yazılımın gerektiğinde uyarı vermesi için “En Düşük” ve “En Yüksek” gerilim değerleri vardır. Batarya gerilimleri bu eşik değerlerin altına iner veya üstüne çıkarsa program sesli olarak ikaz verir. Bu özelliğin yanı sıra bataryanın yüzde olarak kalan enerjisi de bu bölmelerde izlenebilir. Programın çalışırılığını göstermek için 11. batarya devreden çıkarılmıştır. Şekil 4.3’te 11. bataryanın okunan gerilimi 0 V olarak görülmektedir.



Şekil 4.3 Sürekli izleme ekranı

“Tercihli İzle” moduna geçildiğinde ana penceredeki “Tercihli İzleme” bölümü etkinleşir. Bu

bölümdeyken diğer bölümler etkin değildir ve kullanılamaz. “Tercihli İzleme” bölümünde bulunan açılır kutudan grafiksel olarak izlenmek istenen parametre seçilmesiyle birlikte program, batarya izleme ve şarj kartıyla iletişime geçerek grafiği ekrana çizdirir. Şekil 4.4’te 5 numaralı bataryanın gerilimi gerçek zamanlı olarak izlenmesi görülmektedir.



Şekil 4.4 5. Batarya geriliminin izlenmesi

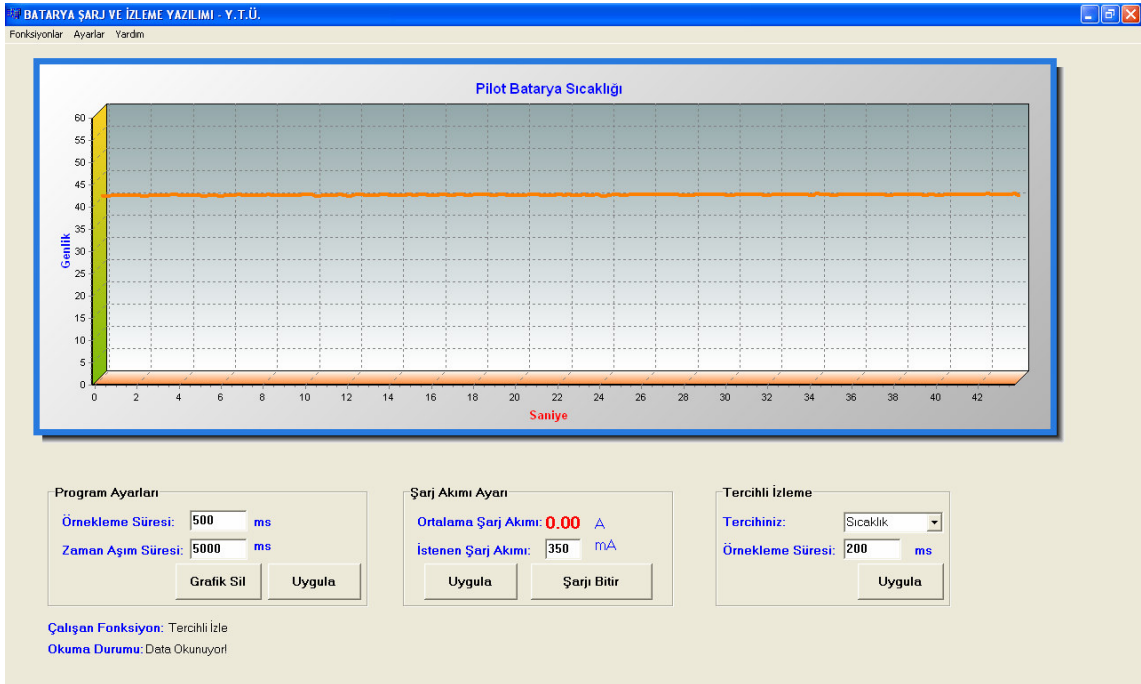
“Tercihli İzleme” bölümünde açılır kutudan “Akım” seçeneği seçilerek sabit akımda batarya şarjı da yapılabilir. Seçim yapıldığında şarj yapılmıyorsa program şarjın başlayacağını uyarı ekranı ile bildirir. Uyarı ekranından devam seçeneği tıklanırsa şarj başlar ve sabit bir şarj akımı devreden geçmeye başlar. Şarj akımı şekil 4.5’te gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi akım belli bir dalgalanma oranı ile bataryaları şarj etmektedir. Bataryaların şarjını kesmek için “Fonksiyonlar” menüsünden “Kartı Resetle” seçeneği tıklanabilir veya açılır kutudan “Röle Kapat” seçeneği seçilerek şarj bitirilebilir. “Röle Kapat” seçeneği tıklandığında önce akımı kontrol eden PWM sinyalleri kesilir belli bir süre beklendikten sonra röle açılır. Böylece yük altında anahtarlama yapılmamış olur, rölenin ömrü uzar.

Bataryaların şarjı konusunda bir diğer önemli parametre sıcaklıktır. Bu nedenle devrede sıcaklık kontrolü de yapılmıştır. Sıcaklık, devreye dışarıdan bağlanacak sıcaklık sensörü



Şekil 4.5 Şarj akımının izlenmesi

için üç girişli terminal içerir. Bu portatif sensör aracılığı ile istenilen bataryanın sıcaklığı kontrol edilebilir. Sıcaklığı izlemek için açılır kutudan “Sıcaklık” seçilir.

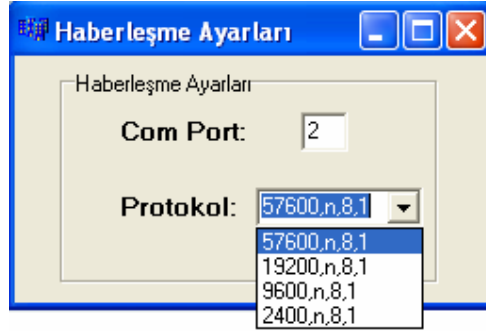


Şekil 4.6 Pilot batarya sıcaklığının izlenmesi

Şekil 4.6’da pilot batarya sıcaklığı grafiksel olarak izlenmesi görülmektedir.

Batarya şarj ve izleme yazılımının bir diğer özelliği istenilen akıma ayarlanabilen şarj etme özelliğidir. Bu özellikte “Tercihli İzle” bölümünde yapılan şarjın aksine şarj akımı girilebilmektedir. “Fonksiyonlar” menüsünden “şarjı başlat” seçeneğine tıklandığında “Şarj Akımı Ayarı” bölümü etkinleşir diğer bölümler devre dışı bırakılır, eğer şarj durumu etkinse şarj sonlandırılır. Şarj akımının girilmesi beklenir. Uygula butonuna basıldıktan sonra girilen şarj akımı ile şarj başlar. “Şarjı bitir” butonuna basılırsa şarj sonlandırılır. Şarj sırasında şarj akımı değiştirilmek istenirse şarjı kesmeden akım değerini değiştirip uygula butonuna basmak yeterlidir.

Programda haberleşme ayarlarını gerçekleştirmek için ayarlar menüsünden haberleşme ayarlarına girilir. Burada açılan pencere şekil 4.7’de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.7 Haberleşme Ayarları

Programda varsayılan olarak com portu olarak 2, baud hızı olarak 57600, parity yok, data uzunluğu 8 bit, ve stop biti 1 seçilmiştir.

4.2 DSP Firmware Yazılımı

Gömülü sistem yazılımı DSPIC için hazırlanan mikroBasic derleyicisi ile yazılmıştır. Yazılımda; ADC, PWM, Timer, UART birimleri kullanılmıştır. Bu yazılım EK-1’de verilmiştir.

5. Dijital Sinyal İşleyici

Uygulama devresinde hız ve matematiksel işlem kolaylığı açısından dijital sinyal işleyici kullanılmıştır. Bu sinyal işleyici Microchip® firmasının DSPIC30F3011 işlemcisidir. Yüksek Analog-Dijital dönüştürme hızı (~1Mbps) batarya gerilimlerinin hızlı okunması açısından avantaj sağlamaktadır. Diğer bir özelliği ise 16 bitlik yapıya sahip olması ve sahip olduğu PLL nedeniyle yüksek frekanslarda çalışma sağlamasıdır.

5.1 Genel Özellikler

- C derleyici kullanarak programlama
- Yüksek performanslı yenilenmiş Harvard mimarili yapı
- 24 bitlik komutlar, 16 bitlik data yolları
- 24 Kbayt Flash program alanı
- 1 Kbayt RAM alanı
- 1 Kbayt kalıcı EEPROM
- 30 MIPS'e kadar çalışma hızı
- 29 adet kesme kaynağı
- 3 adet harici
- 4 adet işlemci hata kesmesi
- 8 adet önceliğini kullanıcının seçebildiği kesme

5.2 DSP Motoru Özellikleri

- Çift data getirme
- Modulo ve bit terslemeli adresleme modu
- İki adet 40 bitlik akümülator
- 17 Bit X 17 Bit tek çevrimde tamsayı ve rasyonel sayı çarpma özelliği
- Tüm komutları tek çevrimde gerçekleştirme özelliği

5.3 Arabirim Özellikleri

- Yüksek giriş-çıkış akımı (25mA)
- Programlanabilir timer modülü
- 5 adet 16 bitlik sayıcı
- 16 bitlik giriş kaydedici fonksiyonu
- 16 bitlik karşılaştırma/PWM çıkış fonksiyonu
- 3 hatlı SPI modülü
- FIFO ön bellekli 2 adet UART modülü

5.4 Motor Kontrol PWM Modülü Özellikleri

- 6 adet PWM çıkış kanalı
- 3 bağıl iletim süresi üretici
- Programlanabilir çıkış yönü
- Ölü zaman kontrol modu

- Manual çıkış kontrolü
- Analog/Dijital dönüştürücü için tetikleyici

5.5 Dijital Analog Dönüştürücü Özellikleri

- 10 Bitlik Analog- Dijital dönüştürme özelliği
- 1 Msps dönüştürme oranı
- 9 adet giriş
- Uyku modunda çevrim yapabilme

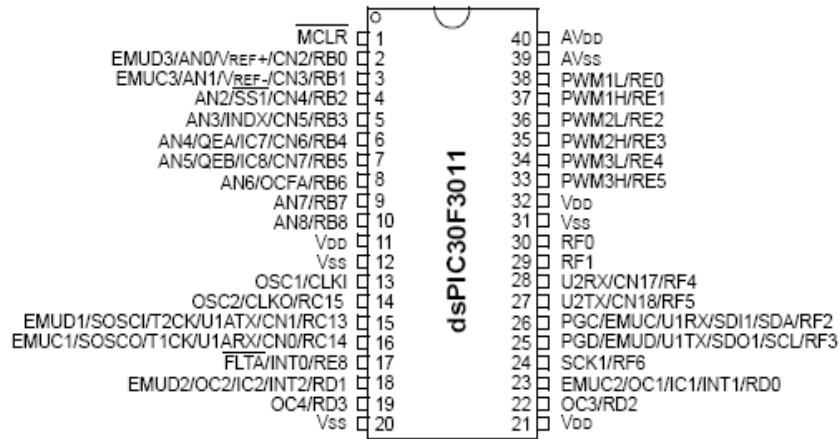
5.6 Diğer Özellikler

- 10000 defa yazılıp silinebilen flash program hafızası
- 100000 defa yazılıp silinebilen EEPROM hafızası
- Power on Reset, Power up Timer ve Oscillator Start up timer özellikleri
- Esnek watchdog timer ve on-chip RC osilatör özelliği
- Programlanabilir kod koruması
- Devre üzerinde seri programlama (ICSP)
- Seçilebilir güç yönetim modları

5.7 Pin ve Blok Diyagramı

40 bacaklı ve DIP kılıflı DSPIC'in görünümü ve bacak bağlantıları şekil 5.1'deki gibidir.

40-Pin PDIP



Şekil 5.1 DSPIC 30F3011 Pin Diyagramı

5.8 CPU Mimarisine Bakış

Çekirdek, 24 bitlik komutları işleme yeteneğine sahiptir. Program sayıcı (PC) ise her zaman en az değerlikli biti sıfır olan 23 bitlik bir sayıcıdır. PC'nin en yüksek değerlikli biti normal program çalışması esnasında ihmal edilir. Ancak bazı istisna durumları bu bit göz önünde bulundurulur. Burada amaç mikroişlemcinin genel mimarisine bakış olduğu için ayrıntılar anlatılmayacaktır. 23 bitlik program sayıcı böylelikle 4×10^6 adet komutu adresleyebilir.

Çalışan adres register dizileri 16x16 bitlik registerlar içerirler ve data, adres veya ofset registerları gibi davranırlar. Örneğin W15 yazılım yığın göstergesi (software stack pointer) olarak çalışır.

64 kilobaytlık data bölgesi iki bloğa bölünmüştür ve X ve Y data bölgeleri olarak gösterilir. Her blok kendine ait adres üretme birimine(Address Generation Unit) sahiptir. Çoğu komut X hafıza AGU'su ile çalışır.

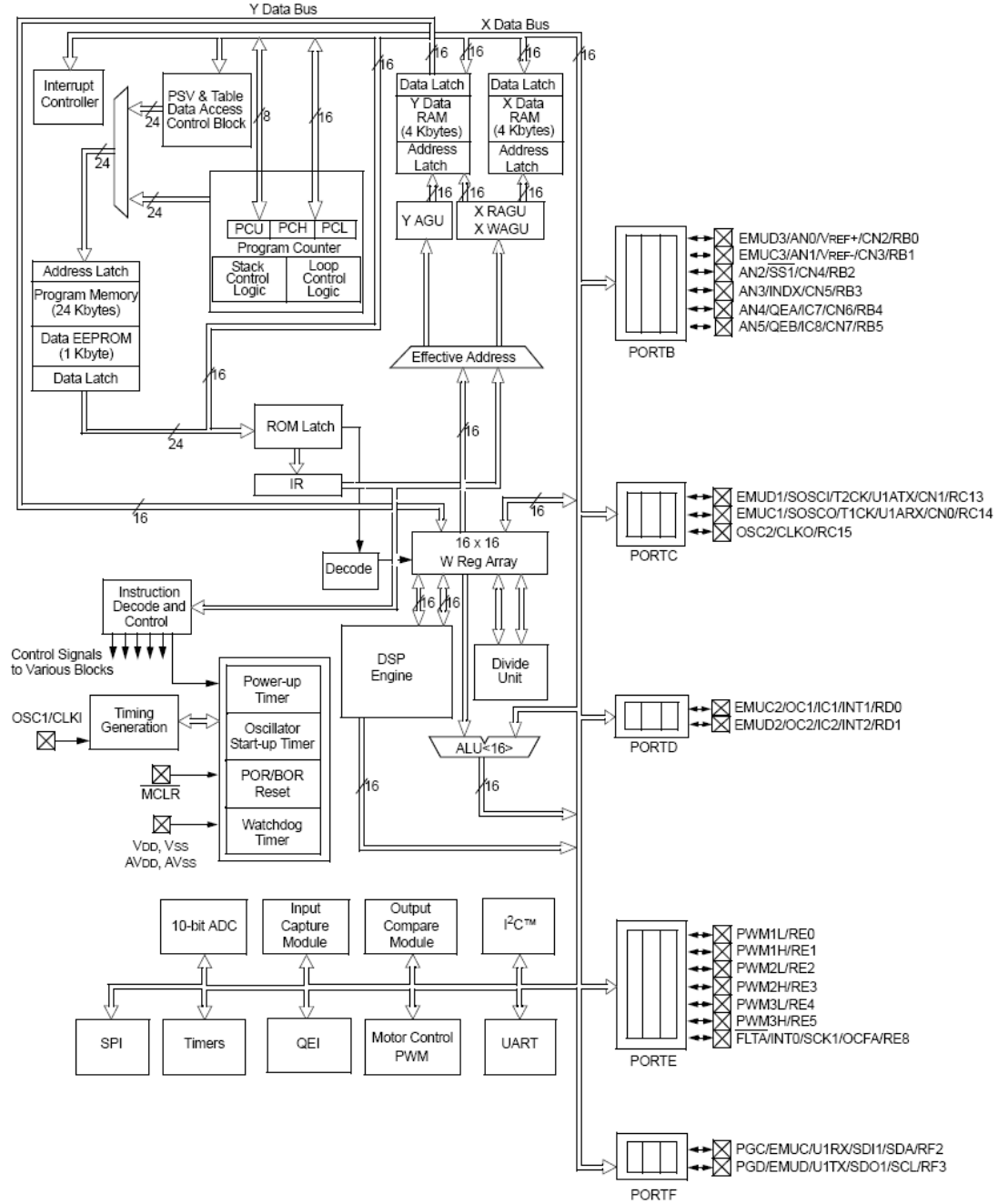
DSP motoru geliştirilmiş aritmetik kapasiteye sahiptir. Yüksek hızlı 17 bit X 17 bitlik çarpım, 40 bitlik ALU, 2 adet 40 bitlik doyma depolayıcıları (saturating accumulator) ve 40 bitlik çift yönlü barrel-shifter içerir.

İşlemci çekirdeği çok aşamalı komut işlem hattını desteklemez fakat tek katmanlı komut getirme mekanizmaları kullanılır. Böylece komut icrasının başında kod çözülür böylece icra süresi en iyi seviyeye getirilmiş olur.

Çekirdek, traplar ve kesmeler için 62 adet bağımsız vektörle desteklenmiştir. Bunlardan 54 tanesi kesme (interrupt) 8 tanesi traptır. Bu traplardan 4 tanesi özel görev için ayrılmıştır. Her kesmeye 1'den 7'ye kadar öncelik değeri verilebilir

5.9 Giriş Çıkış Pinleri

Cihazın tüm pinleri (Vdd,Vss,MCLR,OSC1 hariç) farklı fonksiyonlarda özellikler içerir. Bu portlar, istenilen özelliklere ait register tanımlamaları ile değişik fonksiyonlar için çoklayıcı (multiplekser) yöntemi ile kullanılabilir.



Şekil 5.2 DSPIC 30F3011 Blok diyagramı

5.10 Paralel Giriş-Çıkış Pinleri

Bütün portları kontrol etmek için 3 adet register kullanılır. Data yönlendirme registeri TRISX, latch registeri LATX ve port registeri PORTX.

5.11 TRIS Registerleri

TRIS registerleri portun giriş mi yoksa çıkış mı olarak kullanılacağını belirleyen registerlerdir. Eğer TRIS registerine '1' yazılırsa ilgili port giriş olarak tanımlanmış olur. Eğer '0' yazılırsa port çıkış olarak tanımlanmış olur.

5.12 PORT Registerleri

Port üzerinde bulunan bilgiye erişimi sağlayan registerdir. Portta anlık olarak bulunan datayı okur. Bunun yanı sıra PORT registerine yazılan değer ilgili porta ait LATCH registerine yazılır.

5.13 LAT Registerleri

Giriş ve Çıkış pinlerinde kullanılan LAT registerleri yazma-okuma-düzeltilme gibi komutlarda oluşan sorunları giderir. Okuma-yazma-düzeltilme gibi işlemler sırasında değerlerin doğrudan yazılmasını engeller. Hem giriş değerleri LAT ile okunabilir hem de çıkış değerleri LAT registerine yazılarak çıkışa aktarılabilir.

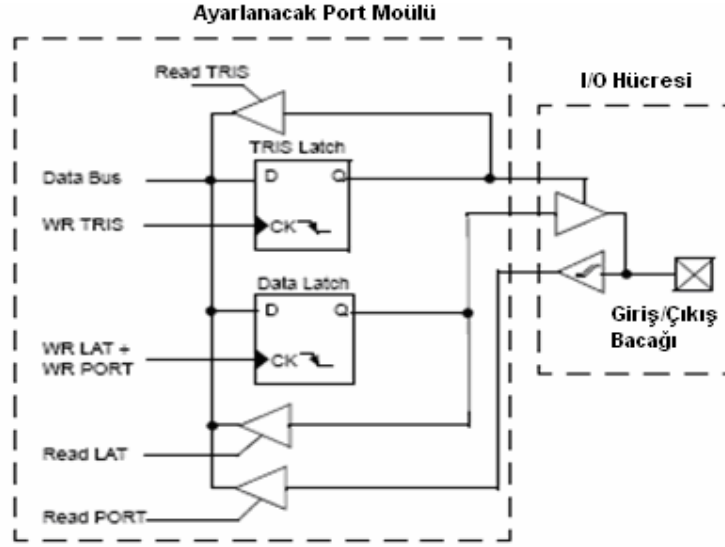
Genel olarak özetlemek gerekirse PORT ve LAT registerleri arasındaki temel farklar şunlardır.

- PORTX registerine yazınca, değer porta ait LAT registerine yazılır.
- LATX registerine yazınca, değeri porta ait LAT registerine yazar.
- PORTX registerinden okunan değer I/O pinlerinde olan değerdir.
- LATX registerinden okunan değer porta ait LAT registerinde tutulan değerdir.

5.14 10 bitlik Analog Dijital Dönüştürücü

DSPIC 30F3011'de bulunan 10 bitlik ADC'nin genel olarak özellikleri şöyle sıralanabilir.

- 1Msps'ye kadar örnekleme hızı
- 9 analog pin girişi
- Harici referans gerilimi girebilme
- Dört analog girişe kadar anlık örnekleme
- Otomatik kanal tarama modu
- Tetikleme kaynağını seçebilme
- 16 bitlik dönüştürme hafızası
- Uyku durumunda çalışma özelliği

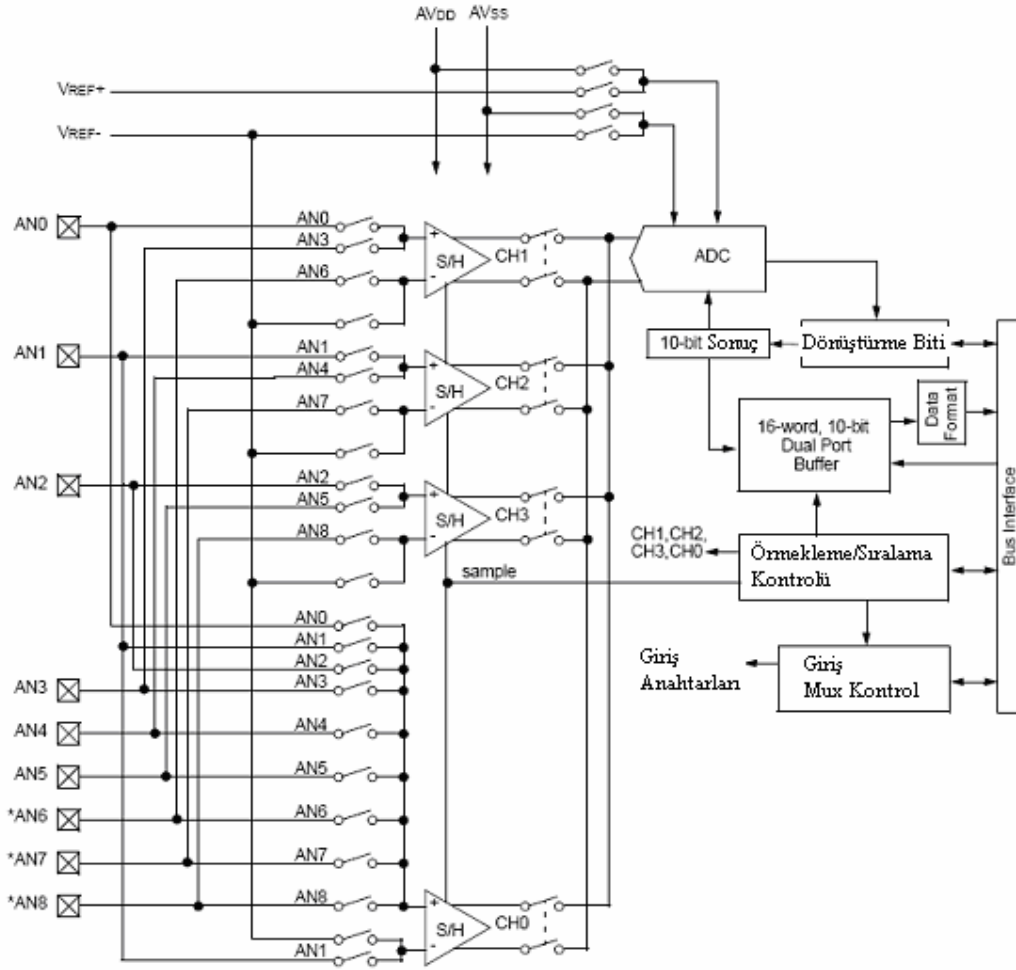


Şekil 5.3 DSPIC 30F3011'in port yapısı

ADC modülünde 8 adet 16 bitlik register vardır.

- A/D Kontrol Registeri 1 (ADCON1)
- A/D Kontrol Registeri 2 (ADCON2)
- A/D Kontrol Registeri 3 (ADCON3)
- A/D Giriş Seçme Registeri (ADCHS)
- A/D Port Ayarlama Registeri (ADPCFG)
- A/D Giriş Tarama Seçme Registeri(ADCSSL)

Bu registerleri kısaca açıklarsak, ADCON1, ADCON2 ve ADCON3 registerleri ADC modülünün çalışmasını kontrol eder. ADCHS registeri dönüşüm yapılacak giriş kanalını seçer. ADPCFG registeri, portun analog mu yoksa dijital olarak mı tanımlanacağını belirler. ADCSSL registeri ise tarama için giriş seçer.



Şekil 5.4 Analog dijital dönüştürücü blok diyagramı

6. Sonuç

Bu tezde denizaltında kullanılan bataryaların gerilim, şarj akımı, sıcaklık gibi değerlerinin insan faktörü olmaksızın bilgisayar yazılımı aracılığı ile izlenmesi amaçlanmış ve bu amaçla prototip olarak gerçekleştirilen 12 adet seri bağlı batarya geriliminin gerçek zamanlı izlenebildiği, gerektiğinde bataryaların şarj edilebildiği ve şarj esnasında pilot bataryanın sıcaklığının ölçülebildiği mikrodenetleyici kontrollü bir devre gerçekleştirilmiştir.

Bu devre üç blok halinde tasarlanmıştır. İlk blok, batarya izleme devresidir. Bu blokta, diferansiyel opamp, analog çoklayıcı ve sinyal işleyici kullanılmıştır. Her batarya için bir opamp kullanılmış, opamp çıkışları ise çoklayıcının giriş kanallarına bağlanmıştır. Sinyal işleyici aracılığı ile çoklayıcının lojik girişlerinden faydalanılarak, okunması hedeflenen batarya gerilimine ait kanal seçilmiş, sinyal işleyicinin analog dijital dönüştürücü birimi yardımı ile de gerilim dijital olarak okunmuştur. Okunan gerilim, sinyal işleyicinin UART çevrebirimi kullanılarak bilgisayarın RS232 portuna gönderilmiş, böylece gerilimlerin bilgisayar tarafında kullanıcı arabirim programından izlenmesi sağlanmıştır.

Devrenin ikinci bloğunu şarj kısmı oluşturur. Şarj kısmında, akım geribeslemeli bir kontrol sistemi gerçekleştirilmiştir. Bataryalardan geçen şarj akımı, akım sensörü ile okunarak sinyal işleyicinin PWM çevrebirimi ile bağlı iletim süresini arttırılıp azaltılarak, anahtarlama elemanı olarak kullanılan mosfete uygun sinyallerin verilmesi sağlanmış ve akım kontrolü gerçekleştirilmiştir.

Devrenin son bloğunu sıcaklık kontrol kısmı oluşturur. Bu kısımda sıcaklık sensörü aracılığı ile pilot bataryanın sıcaklığı okunmuş ve sıcaklığın daha önceden ayarlanmış bir değeri aşması durumunda şarj akımının kesilmesi sağlanmıştır.

Devrenin batarya izleme kısmında opampların ofset değerlerinden kaynaklanan ± 10 mV'luk gerilim okuma hataları olabilmektedir. Bu hata miktarı %0.66 olup kabul edilebilir seviyededir. Ayrıca gömülü sistem yazılımında, her türlü parazite ve bozucu sinyal gelme ihtimaline karşı çok sayıda örnek alıp bu örneklerin ortalama değerlerini alan bir algoritma kullanılmıştır.

Tezde kullanıcı arabirim yazılımı olarak Borland firmasının C++ Builder derleyicisi, C++ programlama dilinin esnekliği, kütüphanesinin geniş olması, gelişmiş grafiksel eklentileri gibi özellikleri sebebiyle tercih edilmiştir. Bu özellikler, derleyiciyi diğer rakiplerinden üstün kılmaktadır. Tüm bu nedenlerden ötürü, arabirim yazılımı bu ortamda geliştirilmiştir.

Batarya şarj ve izleme devresi, batarya gerilimlerini ve sıcaklığı okurken yaklaşık 1.5 W güç harcar. Bu durumda anahtarlamalı güç kaynağının sadece 5 V'luk bölümü etkindir. Şarj durumunda ise devrenin çektiği güç tamamen kullanıcıya bağlıdır. Şarj devresi maksimum 1 A şarj akımı verebilecek şekilde yazılımla sınırlandırılmıştır. Maksimum şarj akımında devre 25 W'a kadar güç çekebilmektedir.

Tezde, maliyetten ötürü denizaltılarda bulunan batarya sayısı kadar batarya kullanılmamıştır. Bunun yerine projenin küçük ebatlı bir prototipi olan 12 adet bataryanın şarj ve gerilim izleme devresi gerçekleştirilmiştir. Uygulama devresi, tezin yapıldığı tarihte yaklaşık 150\$'a mal olmuştur. Seri üretim ve elektronik malzemelerin toptan alınmasıyla maliyetin %50 azalması beklenmektedir. Bunun yanı sıra uygulamanın gerçek denizaltılar için yapılması durumunda kullanılacak olan elemanların çalışma değerlerinin daha yüksek seçilmesi önerilmektedir. Ayrıca sıcaklık okumak için zorlamalara dayanıklı ve asitten etkilenmeyecek yapıda sanayi tipi sensörlerin, sistemin gerçek uygulaması yapılırken kullanılması tavsiye edilmektedir. Ancak bu durumda da maliyetin artacağı göz önünde tutulmalıdır.

KAYNAKLAR

BAKAN, Faruk Anahtarlamalı Güç Kaynakları Ders Notları, Y.T.Ü.

CHRYSSIS, George (1998), HIGH-FREQUENCY SWITCHING POWER SUPPLIES, Singapore.

LEM LTS25NP DataSheet, 2002.

Microchip DSPIC 30F3011 datasheet, 2005.

Microcip DSPIC 30F Family Reference, 2005.

Pala Zeydin, Karagülle İhsan “C++ Builder”, 2002.

Power Integrations TOPSwitch® Flyback Design Methodology Application Note AN-16

Power Integrations TOPSwitch® Flyback Design Methodology Application Note AN-22

Power Integrations TOPSwitch® Flyback Design Methodology Application Note AN-32

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] <http://en.wikipedia.org/wiki/Submarine>

[2] <http://www.batteryuniversity.com>

EK 1 DSP Gömülü Sistem Yazılımı

```
' - Initial release;
' * Description:
' BATTERY MONITORING AND CHARGING
' * Test configuration:
' MCU: dsPIC30F3011A
' Oscillator: XT-PLL4, 10.000MHz
' Ext. Modules: None.
' SW: mikroBasic
' *
```

```
program LED_BLINKING
```

```
symbol MUXEN=LATF.0
```

```
symbol ROLE=LATE.2
```

```
symbol MOSFET=LATE.0
```

```
symbol MUXCTRL1=LATE.1
```

```
symbol MUXCTRL2=LATE.3
```

```
symbol MUXCTRL3=LATE.4
```

```
symbol MUXCTRL4=LATE.5
```

```
symbol BUTON = LATE.8
```

```
symbol SARI = LATD.1
```

```
symbol BEYAZ = LATD.3
```

```
dim rx2 as word
```

```
dim i as byte
```

```
dim adcoku as word
dim adtxt as string[5]
dim toplampil as longint
dim toplamsicaklik as longint
dim toplamakim as longint
sub procedure initial()
    TRISB = $FFFF
    TRISC = $0000
    TRISD = $0000
    TRISE = $0000
    TRISE.8= 1
    TRISF = $0000
    LATC = $0000
    LATD = $0000
    LATF = $0000
    Uart2_Init(2400)
end sub
sub procedure baslat()
    LATC = $0000
    LATD = $0000
    LATE = $0000
    LATF = $0000
    MUXEN = 0
end sub
```

```
sub procedure piloku()

    toplampil=0

    for i=1 to 200

        adcoku=Adc_Read(2)

        toplampil=adcoku+toplampil

    Next i

    toplampil=toplampil/200

    LongintToStr(toplampil,adctxt)

    Uart2_Write_Text("Okunan Deger:")

    Uart2_Write_Text(adctxt)

    Uart2_Write_Char(10)

    Uart2_Write_Char(13)

end sub
```

main:

```
initial()

while TRUE

    SARI=1

    Delay_ms(500)

    if Uart2_Data_Ready = 1 then

        rx2=Uart2_Read_Char

        Select Case rx2
```

case "K"

BEYAZ=1

Delay_ms(500)

BEYAZ=0

case "0"

MUXEN=0

MUXCTRL1=0

MUXCTRL2=0

MUXCTRL3=0

MUXCTRL4=0

Delay_ms(10)

piloku()

baslat()

MUXEN=1

case "1"

MUXEN=0

MUXCTRL1=1

MUXCTRL2=0

MUXCTRL3=0

MUXCTRL4=0

Delay_ms(10)

piloku()

baslat()

MUXEN=1

case "2"

MUXEN=0

MUXCTRL1=0

MUXCTRL2=1

MUXCTRL3=0

MUXCTRL4=0

Delay_ms(10)

piloku()

baslat()

MUXEN=1

case "3"

MUXEN=0

MUXCTRL1=0

MUXCTRL2=1

MUXCTRL3=0

MUXCTRL4=0

Delay_ms(10)

piloku()

baslat()

MUXEN=1

case "4"

MUXEN=0

MUXCTRL1=0

MUXCTRL2=0

MUXCTRL3=1

MUXCTRL4=0

Delay_ms(10)

piloku()

baslat()

MUXEN=1

case "5"

MUXEN=0

MUXCTRL1=1

MUXCTRL2=0

MUXCTRL3=1

MUXCTRL4=0

Delay_ms(10)

piloku()

baslat()

MUXEN=1

case "6"

MUXEN=0

MUXCTRL1=0

MUXCTRL2=1

MUXCTRL3=1

MUXCTRL4=0

Delay_ms(10)

piloku()

baslat()

MUXEN=1

case "7"

MUXEN=0

MUXCTRL1=1

MUXCTRL2=1

MUXCTRL3=1

MUXCTRL4=0

Delay_ms(10)

piloku()

baslat()

MUXEN=1

case "8"

MUXEN=0

MUXCTRL1=0

MUXCTRL2=0

MUXCTRL3=0

MUXCTRL4=1

Delay_ms(10)

piloku()

baslat()

MUXEN=1

case "9"

MUXEN=0

MUXCTRL1=1

MUXCTRL2=0

MUXCTRL3=0

MUXCTRL4=1

Delay_ms(10)

piloku()

baslat()

MUXEN=1

case "A"

MUXEN=0

MUXCTRL1=0

MUXCTRL2=1

MUXCTRL3=0

MUXCTRL4=1

Delay_ms(10)

piloku()

baslat()

MUXEN=1

case "B"

MUXEN=0

MUXCTRL1=1

MUXCTRL2=1

MUXCTRL3=0

MUXCTRL4=1

Delay_ms(10)

piloku()

baslat()

MUXEN=1

case "C"

MUXEN=0

MUXCTRL1=0

MUXCTRL2=0

MUXCTRL3=1

MUXCTRL4=1

Delay_ms(10)

piloku()

baslat()

MUXEN=1

case "R"

MUXEN=1

ROLE=1

MOSFET=1

case "S"

MOSFET=0

Delay_ms(1)

ROLE=0

```
case "T"

toplamsicaklik=0

for i=1 to 200

adcoku=Adc_Read(4)

toplamsicaklik=adcoku+toplamsicaklik

Next i

toplamsicaklik=toplamsicaklik/200

LongintToStr(toplamsicaklik,adctxt)

Uart2_Write_Text("Okunan Deger:")

Uart2_Write_Text(adctxt)

Uart2_Write_Char(10)

Uart2_Write_Char(13)

case "I"

toplamakim=0

for i=1 to 200

adcoku=Adc_Read(3)

toplamakim=adcoku+toplamakim

Next i

toplamakim=toplamakim/200

LongintToStr(toplamakim,adctxt)

Uart2_Write_Text("Okunan Deger:")

Uart2_Write_Text(adctxt)

Uart2_Write_Char(10)

Uart2_Write_Char(13)
```

```
    end select  
end if  
SARI=0  
Delay_ms(500)  
wend  
end.
```

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi:	27.06.1984	
Doğum Yeri:	İstanbul	
Lise:	1998–2002	Cağaloğlu Anadolu Lisesi
Lisans:	2002–2006	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği
Yüksek Lisans:	2006–2008	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Bölümü Elektrik Makineleri ve Güç Elektroniği Anabilim Dalı