KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YANICI PATLAYICI ORTAMLARDA KULLANILABİLECEK BİR ELEKTRONİK SİSTEM TASARIMI

SERTAN İRKİT

KOCAELİ 2016

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

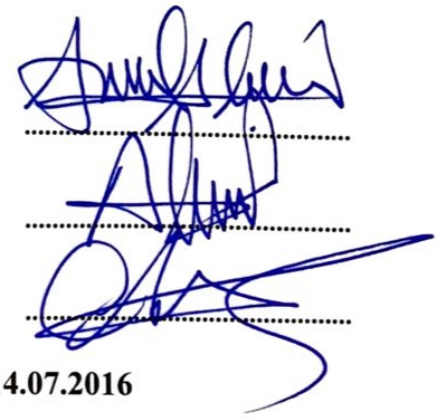
YANICI PATLAYICI ORTAMLARDA KULLANILABİLECEK BİR ELEKTRONİK SİSTEM TASARIMI

SERTAN İRKİT

Yrd.Doç.Dr. Anıl ÇELEBİ
Danışman, Kocaeli Üniv. .....

Doç.Dr. Ali TANGEL
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. .....

Yrd.Doç.Dr. Oktay AYTAR
Jüri Üyesi, Abant İzzet Baysal Üniv. .....



Tezin Savunulduğu Tarih: 14.07.2016

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, yanıcı ve patlayıcı ortamlarda kullanılabilecek örnek bir sistem tasarımını gerçekleştirmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu alanda çalışan veya çalışacak meslektaşlarım için faydalı olması hedeflenmiştir.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca beni sabırla dinleyen ve bu çalışmanın her aşamasında gösterdiği anlayış ve destek için değerli hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Anıl ÇELEBİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca görüşleri ile çalışmalarıma katkıda bulunan, çalışmanın her aşamasında ilgi ve desteğini esirgemeyen TÜBİTAK BİLGEM BTE çalışanlarından Sn. Dr. Ayşen DALOĞLU PETAN ve Sn. Yük. Müh. Burak SEZER başta olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında bana desteğini esirgemeyen, sıkıntılarımı ve mutluluklarımı paylaşan sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz – 2016 Sertan İRKİT

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ vi
ÖZET vii
ABSTRACT viii
GİRİŞ 1
1. PATLAYICI ORTAM GENEL TANIM VE KAVRAMLAR 3
1.1. Patlama Tanımı 3
1.1.1. Patlayıcı ortam nedir? 3
1.1.2. Patlamanın meydana gelme durumu 3
1.2. Patlamada Etkili Madde ve Kaynaklar 4
1.2.1. Patlayıcı ve yanıcı maddeler 4
1.2.2. Ateşleme kaynakları 8
1.3. Patlamaya Karşı Alınacak Tedbirler 8
1.3.1. Birinci derecede patlama koruması 8
1.3.2. İkinci derecede patlama koruması 9
1.3.3. Üçüncü derecede patlama koruması 9
1.4. Patlayıcı Ortamlarda Kullanılacak Donanımların Sınıflandırılması 9
1.4.1. Donanım grubu I 10
1.4.2. Donanım grubu II 10
1.5. Patlama Riski Bulunan Bölgelerin Sınıflandırması 10
2. PATLAMAYA KARŞI ALINACAK TEDBİRLER 11
2.1. Yasal Gereksinimler ve İlgili Standartlar 11
2.1.1. Türkiye'deki durum 12
2.2. Patlamaya Karşı Koruma Tedbirleri 13
2.2.1. D-tipi koruma 13
2.2.2. P-tipi koruma 14
2.2.3. Q-tipi koruma 15
2.2.4. O-tipi koruma 15
2.2.5. E-tipi koruma 16
2.2.6. I-tipi koruma 18
2.2.7. N-tipi koruma 20
2.2.8. M-tipi koruma 20
2.2.9. C-tipi koruma 21
2.2.10. K-tipi koruma 22
2.2.11. Fr-tipi koruma 22
2.2.12. Ex-tD tipi koruma 22
3. SERTİFİKASYON 23
3.1. EC-TYPE İnceleme 23
3.1.1. Sözleşme 23
3.1.2. Ürün dokümantasyon kontrolü 25

3.1.3. Pratik testler ve test dokümantasyonu ... 26
3.1.4. Değerlendirme ... 27
3.1.5. Sertifika ... 27
3.2. QM Onayı ... 28
3.2.1. QM sözleşme ... 28
3.2.2. QM dokümantasyon kontrolü ve firma denetimi ... 28
3.2.3. Denetleme raporu ... 28
3.2.4. Değerlendirme ... 28
3.2.5. Sertifika ... 29
3.3. Sertifikasyon Sürecinde Teslim Edilecek Belge Listesi ... 29
3.4. Etiketleme Gereksinimleri ... 31
4. UYGULAMA ... 33
4.1. Yapılacak İşin Tanımı ... 33
4.1.1. Tasarlanacak sistem gereksinimleri ... 33
4.1.2. Patlama riski bulunan ortam özellikleri ... 33
4.2. Tasarım Süreci ... 34
4.2.1. Elektronik tasarım ... 35
4.2.2. Mekanik tasarım ... 40
4.3. Üretim Süreci ... 41
4.3.1. Devre üretimi ... 41
4.3.2. Devre dizgisi ... 42
4.3.3. Mekanik üretim ... 42
4.3.4. Tümleştirme ... 42
5. DENEYSEL SONUÇLAR ... 43
5.1. Güç Giriş Benzetimi ... 43
5.2. Güç Çıkış Benzetimi ... 44
5.3. İletişim Hattı Benzetimi ... 45
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER ... 47
KAYNAKLAR ... 49
ÖZGEÇMİŞ ... 73

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Patlama 3
Şekil 1.2. Patlama üçgeni 4
Şekil 1.3. Patlama limitleri 4
Şekil 2.1. D-tipi koruma prensip şeması 14
Şekil 2.2. P-tipi koruma prensip şeması 14
Şekil 2.3. Q-tipi koruma prensip şeması 15
Şekil 2.4. O-tipi koruma prensip şeması 16
Şekil 2.5. E-tipi koruma prensip şeması 16
Şekil 2.6. I-tipi koruma prensip şeması 18
Şekil 2.7. M-tipi koruma prensip şeması 21
Şekil 3.1. Sertifikasyon süreci 24
Şekil 3.2. Gerekli açıklık ve ayırma mesafeleri 26
Şekil 3.3. CE işareti 32
Şekil 3.4. Etiket örneği 32
Şekil 4.1. Hidrojen gazı patlama eğrisi 34
Şekil 4.2. Genel sistem tasarımı 35
Şekil 4.3. Çıkış geriliminin değişimi 37
Şekil 4.4. STM32 CUBE programlama arayüzü 39
Şekil 5.1. Gerilim yükseltici benzetim devresi 43
Şekil 5.2. Gerilim yükseltici devre giriş çıkış gerilimleri 44
Şekil 5.3. Gerilim yükseltici çıkış benzetim devresi 44
Şekil 5.4. Gerilim yükseltici devre çıkışı ve zener gerilimi 45
Şekil 5.5. Farksal iletişim hatları benzetim devresi 46
Şekil 5.6. Farksal iletişim hattı gerilim değişimi 46

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Patlamaya neden olan maddeler 5
Tablo 1.2. Önemli gazların patlama limitleri 5
Tablo 1.3. Gazların sınıflandırılması 6
Tablo 1.4. Tutuşma sıcaklıklarına göre patlayıcı gazlar 6
Tablo 1.5. Yanıcı sıvıların tehlike sınıfları 6
Tablo 1.6. Önemli gazlar ve patlama sıcaklıkları 7
Tablo 1.7. Tozların sınıflandırılması 7
Tablo 1.8. Önemli tozların patlama sıcaklıkları 8
Tablo 1.9. Ateşleme kaynakları 8
Tablo 1.10. Tehlikeli bölge sınıflandırılması 10
Tablo 2.1. Cihaz tipine göre uygulanan koruma tipleri 11
Tablo 2.2. Patlama koruma tipi ve ilgili standartlar 12
Tablo 2.3. IPxy koruma sınıflandırma cetveli 17
Tablo 2.4. Koruma tipleri ve uygulama alanları 19
Tablo 2.5. N-tipi koruma sınıflandırması 21
Tablo 3.1. ATEX sertifika veren kuruluşlar 25
Tablo 4.1. Sıcaklık sınıfına göre bakır yol genişlikleri 36
Tablo 4.2. Elektromanyetik güç sınırları 39

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Vfb	:	Geri Besleme Gerilimi (V)
Vinmax	:	Maksimum Giriş Gerilimi (V)
η	:	Gerilim Yükseltici Devrenin Verim Değeri (%)

Kısaltmalar

ADC	:	Analog Digital Converter (Analog Dijital Çevirici)
ATEX	:	Atmosphères Explosibles (Patlayıcı Ortam Standartları)
CAN	:	Controller Area Network (Kontrol Alan Ağı Veriyolu)
CE	:	Conformité Européenne (Avrupa Uyum)
CENELEC	:	European Committee for Electrotechnical Standardization (Avrupa Ekonomik Topluluğu Standartlaşma Komisyonu)
D	:	Duty Cycle (Doluluk Boşluk Oranı)
dBm	:	Decibel Milliwatts
EC	:	European Commission (Avrupa Birliği)
EC-TYPE	:	Examination Certificate Type (İnceleme Sertifika Tipi)
IEC	:	International Electrotechnical Commission (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)
IP	:	Ingress Protection Code (Giriş Koruma Kodu)
IPC	:	Association Connecting Electronics Industries (Elektronik Endüstrisi Derneği)
KE	:	Kendinden Emniyetli
LEL	:	Lower Explosive Limit (Alt Patlama Limiti)
LPG	:	Likit Petrol Gazı
mBar	:	Mili Bar
PCB	:	Printed Circuit Board (Baskılı Devre)
PLC	:	Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)
RF	:	Radyo Frekans
RTD	:	Resistance Temperature Detector (Direnç Sıcaklık Dedektörü)
QM	:	Quality Management (Kalite Yönetimi)
SPICE	:	Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis (Elektronik Devre Simülasyon Programı)
TSE	:	Türk Standartları Enstitüsü
TVS	:	Transient Voltage Suppression (Geçici Gerilim Sönümleyici)
UEL	:	Upper Explosive Limit (Üst Patlama Limiti)
µm	:	Mikro Metre

YANICI PATLAYICI ORTAMLARDA KULLANILABİLECEK BİR ELEKTRONİK SİSTEM TASARIMI

ÖZET

Patlama riski olan ortamlarda çalışan sistem tasarımı hem bu ortamlarda çalışanların can güvenliği hem de maddi kayıplara karşı büyük önem taşımaktadır. Patlama riski olan ortamlar ile endüstriyel üretim yapılan yerlerde sıklıkla karşılaşılmaktadır. Bu çalışmada konu ile ilgili genel bilgilendirilme yapılmış ve tehlikelere karşı alınabilecek önlemler hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca patlayıcı gazlardan biri olan Hidrojen gazı bulunan ortamlarda çalışabilecek kendinden emniyetli devre tasarım yöntemleri anlatılmış ve örnek bir devre tasarımı yapılmıştır.

Çalışma kapsamında anlatılanlar ve yapılan uygulama patlama riski bulunan ortamlarda çalışacak sistem tasarımı için örnek teşkil edecek ve anlatılan uygulamanın madenlerde ve petrokimya fabrikaları gibi ortamlarda kullanılacak olan elektronik sistem tasarımlarında faydalı olması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atex, Kendinden Emniyetli Sistem, Patlama Riskli Ortam.

DESIGN OF AN ELECTRONIC SYSTEM THAT USED IN EXPLOSIVE ENVIRONMENTS

ABSTRACT

Designing a system that used in explosive environments is very important subject because of the safety issues i.e. life of employees and the environmental safety. Explosive environments are very common for industrial working areas. In this study, brief explanations made for the explosive environments and protection methods against to occupational-work accidents.

The purpose of this study is making a guidebook to make such intrinsically safe system designs. An example intrinsically safe system designed that appropriate for working in the Hydrogen gas environment. This design demonstrates the basics about the intrinsically safe system design.

Keywords: Atex, Intrinsically Safe System, Explosive Environments.

GİRİŞ

Patlama riski, birçok endüstriyel çalışma alanında bulunmaktadır. Bu tip riskli çalışma ortamlarına örnek olarak maden ocakları, petrol ve petrokimya ürün üretim tesisleri, gıda üretim tesisleri, metal üretim tesisleri gibi birçok örnek verilebilir. Bu nedenle başta insan hayatının korunması olmak üzere can ve mal kayıplarını önlemek için patlama riski bulunan ortamlarda gerekli önlemleri almak gerekmektedir.

Patlama riski olan ortamlar denilince ilk akla gelen ve tarihçesi en eskiye dayanan çalışma alanı maden sanayii olduğundan, bu sektör patlamaya karşı alınan güvenlik tedbirlerinin geliştirilmesinde öncülük yapmıştır. 1800'lü yıllarda maden ocaklarında bulunan tünellerin aydınlatılmasında petrol lambaları kullanılıyordu. Açık alevli olan petrol lambası, tünellerde açığa çıkan metan gazını (grizu) patlatıyordu. 1815 yılında İngiliz kimyager Sir Humphry Davy tarafından, yine kendi adıyla anılan "Davy Emniyet Lambası" geliştirilmiş olup maden ocaklarında bulunan tünellerde güvenlikli aydınlatma işlevi için kullanılmıştır. Bu lamba da petrol ile çalışmakta olup, üzerindeki özel ızgaralar sayesinde içerisindeki ateşi dışarıya vermemektedir. Bu sayede olası patlamaların önüne geçilmeye çalışılmıştır. Bu lamba ayrıca, alevi uzayınca grizunun arttığını işaret ettiğinden, patlamaya karşı uyarıcı bir önlem olarak da kullanılmaktaydı. Bu durumda maden ocaklarında çalışanlar olası patlama durumunun farkına varıp ortamı terk edip patlamadan kurtulmak için gerekli zamanı kazanabilmekteydiler. Davy emniyet lambası günümüzde de halen kullanılmaktadır [6].

Elektriğin maden sanayiinde kullanımına 1900'lü yıllardan sonra başlanmıştır. 1906 yılında İsviçre'de Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) kurulmuştur. 1900'lü yılların başında gelişen otomobil ve uçak teknolojileri dolayısıyla petrol rafine tesisleri kurulmaya başlanmıştır. Rafine edilen petrol ürünlerinden açığa çıkan uçucu buhar ve elektriksel kıvılcımlar nedeni ile ilk patlama riskli ortam oluşmuş olup "aşırı tehlikeli ortam" olarak isimlendirilmiştir [8].

Alev sızdırmazlık konusunda ilk standart İngiltere'de 1926 yılında "BS229:Flameproof Enclosures" adı altında yayınlanmıştır. Almanya'da konu ile ilgili ilk standart 1935'de "VDE0165/1935: Elektriksel Tesisat Gereksinimleri" ve 1943'de "VDE0170/0171/1943: Elektriksel Cihazların Tasarım Gereksinimleri" olarak yayınlanmıştır. 1960'larda Avrupa Birliği (EC) ve Avrupa Ekonomik Topluluğu Standartlaşma Komisyonu (CENELEC) kurulmuştur. 1972 yılında "zone" sistemi tanımlanmış ve 1975 yılında ilk Avrupa standartları oluşturularak "Patlama Koruma Yönetmeliği" yayınlanmıştır. 1996 yılına kadar patlayıcı ortam ve bu ortamlarda kullanılacak donanımlarla ilgili olarak her Avrupa ülkesinin ayrı standartları olmasına rağmen, 1 Temmuz 2003'ten itibaren Patlayıcı Ortam Standartları (ATEX) Avrupa Birliği tarafından uygulanması zorunlu standart haline getirilmiştir [8].

Bu çalışmada, patlama riski bulunan ortamlar hakkında genel bilgiler verilmiş olup ve bu tip ortamlarda alınacak güvenlik tedbirleri ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Ayrıca Bu tür tehlikeli ortamlarda kullanılmak üzere Kendinden Emniyetli (Intrinsically Safe) bir tasarım yapılmış olup, tasarım adımları anlatılmıştır. Seçilen koruma yöntemi için gerekli sertifikasyon süreci anlatılmıştır.

Bu çalışmada Bölüm 1'de, konu ile ilgili genel tanım ve kavramlar açıklanmıştır. Bölüm 2'de ise, patlama riski bulunan ortamlarda alınabilecek tedbirler ve koruma sınıfları açıklanmıştır. Bölüm 3'te, sertifikasyon süreci ve yapılması gerekenler açıklanmıştır. Bölüm 4'de, kendinden emniyetli örnek bir tasarım açıklanmıştır. Bölüm 5'de, uygulama sonuçları verilmiştir. Bölüm 6'da, çalışmanın sonuçları değerlendirilmiş ve konu ile ilgili önerilere yer verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında yapılan örnek uygulamanın, madenler ve petrokimya tesisleri gibi patlama riski olan ortamlarda kullanılabilecek olan elektronik sistem tasarımlarında faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

1. PATLAYICI ORTAM GENEL TANIM VE KAVRAMLAR

Patlama riski bulunan ortamlarda çalışmadan önce konu ile ilgili bazı temel tanım ve kavramları öğrenmek gerekmektedir. Bu temel tanım ve kavramlar aşağıda anlatılmıştır.

1.1. Patlama Tanımı

Patlama, yanıcı bir madde ile oksijenin ani kimyasal reaksiyonu sonucunda ortama yüksek enerjinin salınmasıdır. Yanıcı maddeler gaz, buhar, sis ve toz şeklinde olabilir.



Şekil 1.1. Patlama [1]

1.1.1. Patlayıcı ortam nedir?

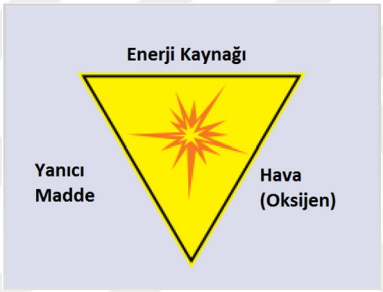
Patlayıcı, parlayıcı ve yanıcı nitelikteki gaz, toz veya buharın hava ile karışıp patlama riski oluşturduğu yerlere patlayıcı ortam denir.

1.1.2. Patlamanın meydana gelme durumu

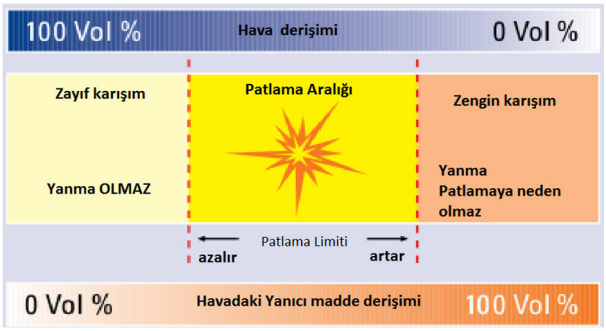
Patlamanın meydana gelmesi için Yanıcı Madde, Oksijen ve Enerji (ateşleme) Kaynağının bir arada ve patlama için uygun şartları sağlayarak bulunması gerekmektedir. Şekil 1.2'de, Patlama (Alev) üçgeni gösterilmiştir. Burada;

- Patlamayı başlatacak bir kıvılcım ya da bir güç (enerji) kaynağıdır.
- Hava (Oksijen). Yanma ya da patlama için gereklidir.
- Yanıcı ya da Patlayıcı madde: Patlayıcı, parlayıcı ve yanıcı gaz, buhar veya toz olabilir.

Şekil 1.3'de, yukarıda patlama üçgenini oluşturan maddelerin hangi seviyelerde olduğunda patlamanın olabileceği gösterilmiştir. Patlama olayının meydana gelmesi için Şekil 1.3'de belirtilen üç maddenin ortamda belirli miktarlarda bulunması gerekmektedir. Şekil 1.3'de gösterilen Hava'nın derişiminin belirli bir yüzde değerde olması gerekmektedir. Örneğin, havadaki oksijen miktarı %16'nın altına düştüğünde patlama oluşmaz. Havadaki oksijenin derişimi ile patlama olması için gereken yanıcı ya da patlayıcı madde yoğunluğu ters orantılıdır. Yanıcı ya da patlayıcı madde ve havadaki oksijenden oluşan karışımın oranı belirli bir oranda olması gerekmektedir. Karışım oranı "zengin" ya da "zayıf" karışım şeklinde ise ortamda patlama gerçekleşmez, sadece yavaş bir yanma tepkimesi olabilir. Karışım Şekil 1.3'de gösterilen Patlama Aralığı'nda ise patlama meydana gelir.



Şekil 1.2. Patlama üçgeni



Şekil 1.3. Patlama limitleri

1.2. Patlamada Etkili Madde ve Kaynaklar

1.2.1. Patlayıcı ve yanıcı maddeler

Patlamaya neden olan örnek maddeler Tablo 1.1'de verilmiştir [1]. Tablo 1.1'de belirtilen yanıcı madde grupları aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Tablo 1.1. Patlamaya neden olan maddeler

GAZLAR	TOZLAR
Asetilen	Kömür
Propan	Hububat
Petrol	Ahşap
Fuel oil / Dizel	Kakao
Hidrojen	Magnezyum
Metan	Alüminyum
Karbon Disülfid	

1.2.1.1. Gazlar

Yanıcı, patlayıcı ve parlayıcı gaz denildiğinde ilk akla gelen günlük hayatta en çok karşılaşılan LPG (Likit Petrol Gazı), doğalgaz ile birlikte hidrojen gazlarıdır. Bu gazlardan bazıları Tablo 1.1'de verilmiştir.

Bölüm 1.1.2'de belirtildiği gibi, patlama yanıcı gazın hava ile olan karışım oranına bağlıdır. Bu karışım oranının alt ve üst limiti vardır. Bu durum Şekil 1.3'de gösterilmiştir. Burada bahsedilen alt patlama limiti LEL (Lower Explosive Limit) ve üst patlama limiti de UEL (Upper Explosive Limit) olarak adlandırılmaktadır. Önemli patlayıcı, yanıcı ve parlayıcı gazlara ait patlama limitleri Tablo 1.2'de verilmiştir [6].

Tablo 1.2. Önemli gazların patlama limitleri

	Hava ile Karışım		Saf Oksijen ile Karışım			
GAZ	LEL	UEL	LEL	UEL	PATLAMA ISISI	MİNİMUM PATLAMA ENERİSİ
Metan	4,4-5,0	15-16,5	4,8	60	595	280
Propan	1,7-2,1	10-10,9	2,0	60	470	250
Bütan	1,4-1,8	9,3-10,6	1,8	57,5	365	
Hexan	1,0	8,1			265	
Nonan	0,7	5,6			205	
Etilen	2,3-2,9	32,4-33,5	3,0	81,5	425	
Benzol	1,2	8,0			555	200
Hidrojen	4	77	4,0	95,0	560	11
Asetilen	1,5	78			305	19

Patlayıcı gaz ortamları karakteristiklerine (Örnek: tutuşma enerjisi, maksimum deneysel güvenli boşluk) göre bir kez daha gruplara bölünür.

Tablo 1.3. Gazların sınıflandırılması

Gaz Grubu	Gaz
II A	Propan, Metan, Amonyak…
II B	Etilen, Hidrojen sülfat, Etil Eter…
II C	Hidrojen, Asetilen, Karbon bisülfat

Daha kolay tutuşabilen gazların grubu daima daha zor tutuşabilen gazların grubunu/gruplarını içerir. Bu ifade şu anlama gelir;

- IIC, IIB ve IIA ile kullanılabilir.
- IIB, II A ile kullanılabilir.

Patlayıcı gazlar tutuşma sıcaklıklarına göre altı gruba ayrılır (Tablo 1.4).

Tablo 1.4. Tutuşma sıcaklıklarına göre patlayıcı gazlar

Sıcaklık Sınıfı	Maksimum Yüzey Sıcaklığı °C
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

Önemli gazlara ait patlama ve ateşleme sıcaklıkları Tablo 1.6'da verilmiştir.

1.2.1.2. Sıvılar

Yanıcı, patlayıcı ve parlayıcı sıvılar için en çok bilinen örnek petrol ürünleridir. Yanıcı sıvılar buharlaşarak hava ile karışıp yanıcı ve patlayıcı ortam oluştururlar. Sıvı maddelerde patlayabilecek oranda sıvı buharı oluşturan en düşük sıcaklığa Parlama Noktası (Flash Point) denir Bu değer gazlarda bulunan LEL gibi, alınacak tedbirler için tehlike derecesini belirler. Sıvılar parlama noktalarına göre Tablo 1.5'de gösterildiği gibi sınıflandırılmaktadır.

Tablo 1.5. Yanıcı sıvıların tehlike sınıfları [6]

Sınıf	Parlama Noktası		Kaynama Noktası	
IA (Parlayıcı)	$T_F < 22,8°C$	$T_F < 73°F$	$T_B < 37,8°C$	$T_B < 100°F$
IB (Parlayıcı)	$T_F < 22,8°C$	$T_F < 73°F$	$T_B > 37,8°C$	$T_B > 100°F$
IC (Parlayıcı)	$T_F > 22,8°C$	$T_F > 73°F$	$T_B < 37,8°C$	$T_B < 100°F$
II (Yanıcı)	$37,8°C<T_F<60°C$	$100°F<T_F<140°F$	II	
IIA (Yanıcı)	$60°C <T_F< 93 °F$	$140°F<T_F<200°F$	IIA	
IIB (Yanıcı)	$T_F > 93°C$	$T_F > 200°F$	IIB	

1.2.1.3. Toz ve katı maddeler

Katı maddelerin, lif, yonga, kırpıntı veya toz şeklinde olanları patlayıcı ortam oluşturabilmektedir. Çekirdek büyüklüğü yaklaşık 500 μm altında olan ve havada belli bir süre süzülen katı maddeler toz olarak kabul edilmektedir.

Tablo 1.6. Önemli gazlar ve patlama sıcaklıkları [8]

Gruplar	Gaz	Ateşleme Sıcaklığı °C	Ateşleme Sınıfı					
			T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	Metan	*	*					
II A	Aseton	540	*					
	Asetik Asit	485	*					
	Amonyak	630	*					
	Etan	515	*					
	Metilen Klorid	556	*					
	Metan	595	*					
	Karbonmonoksit	605	*					
	Propan	470	*					
II B	n-Bütan	365		*				
	n-Bütil	370		*				
	Hidrojen Sülfat	270			*			
	n-Hexan	240			*			
	Asetaltet	140				*		
	Etil Eter	170				*		
	Etil Nitrit	90						*
	Etilen	425		*				
	Etil oksit	429-440		*				
II C	Asetilen	305		*				
	Karbon bisülfat	102					*	
	Hidrojen	560	*					

Tozlar havada bulunan oksijen ile karışarak "toz bulutu" halinde ya da ince tabaka şeklinde olabilmektedir. Patlayıcı toz ortamları karakteristiklerine Tablo 1.7'de gösterilen gruplara bölünür.

Tablo 1.7. Tozların sınıflandırılması

Toz Grubu	Toz
III A	Yanıcı uçan tozlar
III B	İletken olmayan tozlar
III C	İletken tozlar

Daha kolay tutuşabilen tozların grubu daima daha zor tutuşabilen tozların grubunu/gruplarını kapsamaktadır. Bu ifade şu anlama gelmektedir;

- IIIC ayrıca IIIB ve IIIA için uygundur.

- IIIB ayrıca IIIA için uygundur.

Bilinen önemli tozlara ait patlama sıcaklık bilgileri Tablo 1.8'de verilmiştir [6].

Tablo 1.8. Önemli tozların patlama sıcaklıkları

Toz Cinsi	Patlama Isısı		Toz Cinsi	Patlama Isısı	
	Bulut	5mm film		Bulut	5mm film
Alüminyum	560 °C	>450 °C	Polietilen tozu	440 °C	ERİR
Odun kömürü	520 °C	320 °C	PVC tozu	700 °C	>450 °C
Linyit Kömürü	380 °C	225 °C	Şeker tozu	490 °C	360 °C
Kakao	590 °C	250 °C	Kurum, is	810 °C	570 °C
Kahve	580 °C	290 °C	Nişasta	460 °C	435 °C
Hububat, mısır	530 °C	460 °C	Toner	520 °C	ERİR
Selüloz	420 °C	320 °C	Buğday	510 °C	300 °C
Kağıt lifi	570 °C	335 °C	Reçine	530 °C	>450 °C

1.2.2. Ateşleme kaynakları

Patlama riski olan madde ve yeterli havanın olduğu ortamda patlama olabilmesi için ateşleme enerjisini sağlayan bir enerji kaynağı gerekmektedir. Patlamaya neden olan örnek ateşleme kaynakları Tablo 1.9'de verilmiştir [1].

Tablo 1.9. Ateşleme kaynakları

ATEŞLEME KAYNAKLARI	
Sıcak yüzeyler	Yıldırım düşmesi
Alevler ve sıcak gazlar	Elektromanyetik dalga (yüksek frekans)
Mekanik kaynaklı kıvılcımlar	Optik radyasyon
Başıboş elektrik akımı	İyonize radyasyon
Elektrik tesisleri	Ultrasonik radyasyon
Katodik korozyon koruması	Adyabatik sıkıştırma ve şok dalgaları
Statik elektrik	Ekzotermik reaksiyonlar

1.3. Patlamaya Karşı Alınacak Tedbirler

Patlama riski bulunan ortamlarda alınabilecek temel korunma yöntemleri aşağıda belirtilmiştir.

1.3.1. Birinci derecede patlama koruması

Birincil patlama koruması tehlikeli patlayıcı ortamın oluşmasını önleyen bütün tedbirler olarak adlandırılır. Burada hedef, patlayıcı madde unsurunu devre dışı bırakmaktır. Bu tip koruma yöntemi aşağıdaki uygulamalar ile başarılabilmektedir:

- Yanıcı maddelerden kaçınarak,

- Durağanlaştırarak (nitrojen, karbondioksit vs. ekleme)
- Ortamdaki oksijen miktarını düşürmek,
- Teknik yada doğal havalandırma vasıtasıyla yoğunlaşmayı (konsantrasyon) sınırlayarak.

1.3.2. İkinci derecede patlama koruması

Ateşleme kaynağını devre dışı bırakarak potansiyel bir patlama ortamının tutuşmasını önleyen tedbirler olarak adlandırılmaktadır. Burada hedef, ateşleme kaynağını devre dışı bırakmaktır. Patlama riski bulunan ortamlar patlayıcı atmosferin oluşma ihtimaline bağlı olarak bölgelere (zone) ayrılmaktadırlar. Üç tip tehlikeli bölge sınıflandırması IEC tarafından yapılmıştır [7].

- ZONE 0: Patlayıcı ortamın uzun ve sürekli bulunduğu bölgelerdir.
- ZONE 1: Patlayıcı ortamın normal işletme şartlarında bulunma olasılığının olduğu bölgelerdir.
- ZONE 2: Patlayıcı ortamın kazara, kısa bir süre için oluşabildiği bölgelerdir.

Toz ortamları ise aşağıdaki bölgelere (zone) ayrılmıştır [6].

- ZONE 20: Normal çalışma icabı patlayıcı toz ve lif ortamı oluşan ve oluşma ihtimali yüksek olan ve uzun süren yerler.
- ZONE 21: Normal çalışma icabı patlayıcı toz ve lif ortamı teşekkül etme ihtimali az olan ve oluştuğunda da kısa süren yerler.
- ZONE 22: Normal çalışma icabı patlayıcı toz veya lif oluşma ihtimali olmayan ve ancak arıza ve kaza gibi anormal hallerde oluşabilen ve bu durumların da çok kısa sürme ihtimali olan yerler bu gruba girer.

1.3.3. Üçüncü derecede patlama koruması

Patlamanın etkisini azaltmak için alınan tedbirler olarak adlandırılır.

1.4. Patlayıcı Ortamlarda Kullanılacak Donanımların Sınıflandırılması

Patlama riski bulunan bölgelerde kullanılacak donanımlar aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır [1].

1.4.1. Donanım grubu I

A. Yeraltı madenlerinde kullanılan cihazlar

B. Maden gazları ve alevlenebilir tozların olabileceği ortamlarda kullanılan cihazlar

C. M1 ve M2 kategorilerinde kullanılan cihazlar

a. M1: Alt patlama limitinin aşılması durumunda kullanılabilen cihazlar

b. M2: Alt patlama limitinin(1,5% metan) aşılması durumunda durdurulması gereken cihazlar

1.4.2. Donanım grubu II

A. Donanım grubu I dışındaki tüm diğer alanlar

B. Patlama riski bulunan Yanıcı Toz (Dust (D)) ya da Yanıcı Gaz, Gaz Buharı (G)

C. Kategori 1,2 ve 3

a. Kategori 1: Çok yüksek güvenlik derecesi

b. Kategori 2: Yüksek güvenlik derecesi

c. Kategori 3: Normal güvenlik derecesi

1.5. Patlama Riski Bulunan Bölgelerin Sınıflandırması

Patlama riski bulunan ortamlar ve bu ortamlarda kullanılabilecek donanımların genel olarak Tablo 1.10'daki gibi gruplandırılmıştır [1].

Tablo 1.10. Tehlikeli bölge sınıflandırılması

Donanım Grubu	Kategori	Kullanım	
I	M1	Alt patlama limitinin aşılması durumunda kullanılabilen cihazlar	
	M2	Alt patlama limitinin (%1,5 Metan) aşılması durumunda durdurulması gereken cihazlar	
II	1D	Tozlar	ZONE 20
	2G	Gazlar, Buharlar, Dumanlar	ZONE 0
	2D	Tozlar	ZONE 21
	2G	Gazlar, Buharlar, Dumanlar	ZONE1
	3D	Tozlar	ZONE 22
	3G	Gazlar, Buharlar, Dumanlar	ZONE 2

2. PATLAMAYA KARŞI ALINACAK TEDBİRLER

Patlama riski olan ortamlarda uygulanacak koruma tedbirleri kullanılan donanım tiplerine göre değişmektedir. Tablo 2.1'de elektrikli olmayan ve elektrikli olan cihazlar için uygulanan koruma yöntemleri verilmiştir. Bu yöntemler sırasıyla aşağıda incelenmiştir.

Tablo 2.1. Cihaz tipine göre uygulanan koruma tipleri

Elektrikli Olmayan Cihazlar İçin Koruma Yöntemleri	Elektrikli Olan Cihazlar İçin Koruma Yöntemleri
"d" Alev Sızdırmaz Koruma	"i" Kendinden Emniyetli Koruma
"c" Güvenli Yapım	"e" Arttırılmış Koruma
"k" Sıvı İçerisine Daldırma	"d" Alev Sızdırmaz Koruma
"fr" Sınırlı Hava Akımı	"o" Yağlı Koruma
"b" Ateşleme Kaynağının İzlenmesi	"q" Kumlu Koruma
"p" Basınçlı Koruma	"p" Basınçlı Koruma
	"t" Kutu ile Koruma
	"m" Kapsüllü Koruma

2.1. Yasal Gereksinimler ve İlgili Standartlar

Avrupa'da 23 Mart 1994 tarihinde yayınlanan ve yürürlüğe giren, kısaca ATEX diye isimlendirilen "Directive 94/9/EC" ile patlamaya karşı korumanın yasal gereksinimleri belirlenmiştir. Bu yönerge ile;

a. Yönerge (Directive) temel gereksinimleri tanımlar.
b. Gereksinimlerin yerine getirildiğinin kanıtlanmasını kolaylaştırmak için, ürünlerin ve cihazların testini, yapısı ile tasarımını içeren Avrupa düzeyinde standartlar oluşturulmuştur.

Hangi ürünler Yönerge 94/9/EC'yi yerine getirmek zorundadır?

a. Potansiyel olarak patlama riski bulunan ortamlarda kullanılması düşünülen koruyucu sistemler ve cihazlar,
b. Patlamaların riskine göre koruyucu sistemlerin ve cihazların güvenli işleyişi için gerekli olan veya bunlara katkıda bulunan potansiyel olarak dışardaki patlayıcı ortamlarda kullanılması düşünülen güvenlik cihazları, kontrol cihazları, düzenleyici cihazlar.

“Patlayıcı gaz ortamlarında kullanılan elektrikli cihazlar Bölüm 0: Genel hususlar” adlı IEC 60079-0 numaralı standardı CENELEC tarafından Avrupa normu olarak kabul edilmiş ve TSE tarafından da TS EN 60079-0 numarası ile yayınlanmıştır. IEC 60079 standart grubu ile patlamaya karşı korumalı cihazlar için yapım, test ve etiket ile markalama gereksinimleri tanımlanmıştır. IEC 60079 standardının koruma grubuna göre özel gereksinim içeren alt standart ve ilgili koruma tipi Tablo 2.2’de verilmiştir.

Yukarıda ilgili standart numarasıyla verilen koruma yöntemlerinden en çok karşılaşılan ve kullanılan yöntemler aşağıda Bölüm 2.2’de sırasıyla açıklanmıştır.

2.1.1. Türkiye’deki durum

1475 sayılı iş yasasına göre, Türkiye’de patlayıcı ortamlar ile ilgili yayınlanan ilk tüzük, son sürümü 22.10.1984 tarih ve 18553 sayılı resmi gazetede yayınlanan kısa adı “Maden Emniyet Nizamnamesi” olan “maden ve taş ocakları ile açık işletmelerde alınacak işçi sağlığı ve iş güvenliği tedbirleri hakkında tüzük” isimli tüzüktür. Bu tüzük içerisinde patlama riski olan bölgelerde kullanılacak elektrikli aletler ile ilgili çok fazla bilgi bulunmamakta olup sadece bazı aygıtları tarif ederek, d-, e-, i- tipi gibi aletleri tanımlamaya çalışmaktadır.

Tablo 2.2. Patlama koruma tipi ve ilgili standartlar

Standart	İlgili koruma
IEC 60079-1	“d” Alev Sızdırmaz koruma
IEC 60079-2	“p” Basınçlı Kutu ile koruma
IEC 60079-5	“q” Kumlu koruma
IEC 60079-6	“o” Yağlı koruma
IEC 60079-7	“e” Arttırılmış koruma
IEC 60079-11	“i” Kendinden Emniyetli koruma
IEC 60079-13	“p” Basınçlı Oda ile koruma
IEC 60079-15	“n” Gaz tipine göre koruma
IEC 60079-18	“m” Kapsüllü koruma
IEC 60079-31	“t” Kutulu koruma
IEC 61241-4	“pD” Basınçlı koruma

1475 sayılı iş yasasına göre, Türkiye’de patlayıcı ortamlar ile ilgili yayınlanan ikinci tüzük, son sürümü 24.12.1973 tarih ve 14752 sayılı resmi gazetede yayınlanan “parlayıcı, patlayıcı, tehlikeli ve zararlı maddelerle çalışan iş yerlerinde ve işlerde alınacak tedbirler hakkında tüzük” isimli tüzüktür.

22.05.2003 tarihinde, 4857 sayılı yeni iş yasası yayınlanmış fakat 1475 sayılı eski yasa yürürlükten kaldırılmamıştır. Bu nedenle 1475'e dayanılarak çıkarılan tüzük yönetmelik gibi mevzuat yürürlükte kalmıştır.

ATEX yönergeleri ise dilimize çevrilerek aşağıdaki tarihlerde yayınlanıp yürürlüğe girmiştir.

a. ATEX 100a (Yönerge 94/9 EC), 26.10.2002 tarih ve 24919 sayılı resmi gazetede yayınlanarak "Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler ile İlgili Yönetmelik (94/9/AT)" adı altında yürürlüğe girmiştir. Aynı yönetmelik bazı ufak hatalar ve eksiklikler görüldüğünden 31.12.2006 tarih ve 26392 sayı resmi gazetede tekrar yayınlanarak güncellenmiştir.
b. ATEX 137, 26.12.2003 tarihinde "patlayıcı ortamların tehlikelerinden çalışanların korunması hakkında tüzük" adıyla yayınlanmıştır.

2.2. Patlamaya Karşı Koruma Tedbirleri

2.2.1. D-tipi koruma

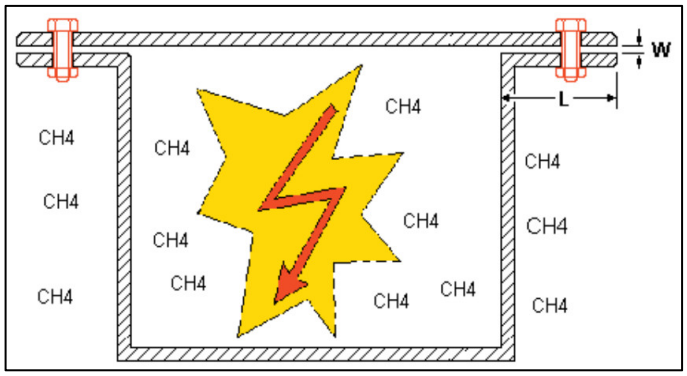
Alev Sızdırmaz Koruma olarak adlandırılan bu koruma tipi ya da yöntemi patlama riski bulunan ortamlarda ilk olarak düşünülen ve uygulanan yöntemdir. Diğer metot ve yöntemler daha sonradan geliştirilmiştir.

Prensip olarak patlama riski bulunan bir ortamda patlamaya neden olabilecek bir donanım olası patlamayı önlemek için özel bir kutu, muhafaza gibi bir bileşen içerisine yerleştirilerek ilgili donanımın güvenli bir şekilde çalışması sağlanır.

D-tipi koruma yönteminde, muhafazanın içerisinde patlayan gaz, dış kısımda hazır bekleyen ve patlama kıvamında olan gazı ateşleyemez. Yani içerdeki alev dışarı sızmaz. Bu nedenle, "Alev Sızmaz Koruma" olarak adlandırılır. Uygulamaya ait prensip şeması Şekil 2.1'de gösterilmiştir [6].

İlgili standartlar EN 50018, IEC 60079-1, TS 3380 şeklindedir.

Alev sızdırmazlık İngilizce olarak "Flameproof" olarak adlandırılmakta olup bu koruma tipi en çok kullanılan yöntemdir.



Şekil 2.1. D-tipi koruma prensip şeması

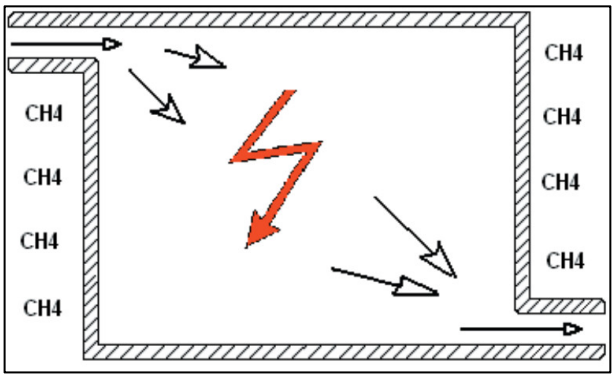
2.2.2. P-tipi koruma

Basınçlı tip korumadır. Bu koruma tipinin çok dar bir kullanım sahası vardır. Ex-d tipi korumanın uygulanamadığı yerlerde uygulanmaktadır. Basınçlı hava ile tehlikeli bölgenin basıncı bir miktar yüksek tutulur. P-tipi koruma yöntemi, pahalı bir uygulamadır.

Prensip olarak, patlayıcı gaz veya buharın girmesi istenmeyen bölge dışarıya karşı basınç altında tutularak patlayıcı gazın tehlikeli bölgeye girmesi önlenir.

Patlayıcı ortam için ön görülmeyen yani "exproof" olmayan bir tesis içerisine basınçlı temiz hava (içerisinde patlayıcı gaz olmayan) verildiğinde, tesisin içerisinde bulunan ark çıkaran veya aşırı ısınan aletler etraflarındaki patlayıcı ortamı tehdit etmemektedir.

İlgili standartlar EN 50016, IEC 60079-2 şeklindedir.



Şekil 2.2. P-tipi koruma prensip şeması

Patlayıcı ortamın p-tipi korunmuş muhafaza içerisine girmemesi, iç basıncın dışarıya göre en az 0,5 mBar yüksek tutulması ile sağlanır. Bu amaçla kabın içerisi, Şekil 2.2'de

gösterildiği gibi, ya sürekli temiz hava veya özel bir gaz ile üflenir veya dışarı sızan gaz belli aralıklarla tamamlanarak basıncın sabit tutulması sağlanır.

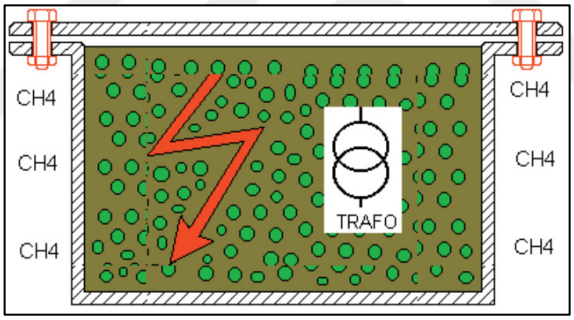
2.2.3. Q-tipi koruma

Kumlu veya tozlu koruma anlamına gelir. Prensip şeması Şekil 2.3'de verilmiştir [6].

Cihazın gaz girmesi istenmeyen bölmeleri kuvars kumu veya tozu ile doldurularak patlayıcı gaz veya buharın bu bölmelere girmesi önlenir. Kullanılan kum hem gazın sıcak yüzeylere girmesine ve hem de sıcak elektronik yüzeylerin soğumasına yardımcı olmaktadır.

Bu tip koruma yönteminin dar bir kullanım sahası vardır. Genellikle elektronik devrelerde de kullanılmaktadır.

İlgili standartlar EN 50017, IEC 60079-5 şeklindedir.

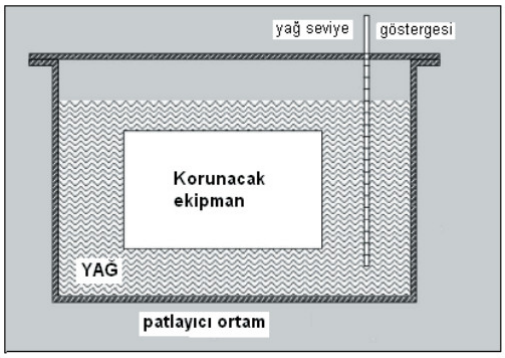


Şekil 2.3. Q-tipi koruma prensip şeması

2.2.4. O-tipi koruma

İzolasyon ve patlama koruması için yağ kullanıldığından Yağlı Koruma (oil immersion) şeklinde isimlendirilir. Ark veya ısı çıkaran aletler yağ içerisine konularak patlayıcı ortamdan izole edilirler. İlgili prensip şeması Şekil 2.4'da verilmiştir [6].

Bu yöntem standarttan çıkarılmamış olmasına rağmen kullanımı yasaklanmıştır. Çünkü yağlı cihazlar herhangi bir hata anında patladıklarında gazın patlamasından çok daha fazla tahribat yapmaktadır. Beklenmedik bir kaza ile etrafa sızan ve yayılan yağın temizlenmesi de ayrı bir sorun yaratmaktadır. Bu nedenle günümüzde yağlar ne normal yalıtım ve ne de ex-proof koruma için tercih edilmemektedir.

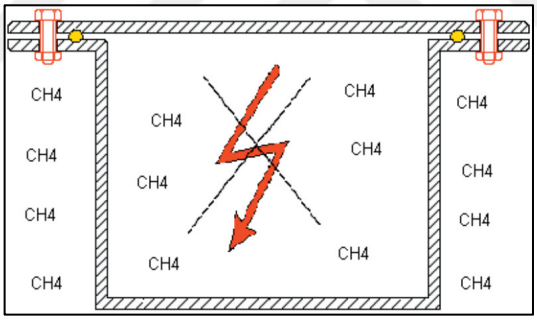


Şekil 2.4. O-tipi koruma prensip şeması

İlgili standartlar EN 50015, IEC 60079-6 şeklindedir.

2.2.5. E-tipi koruma

Artırılmış emniyet anlamına gelen Almanca "Erhöchte Sicherheit" kelimesinin baş harfinden kısaltılmıştır. Normal çalışması icabı ark çıkarmayan fakat buna rağmen patlayıcı ortamı tehlikeye düşürmemesi için ilave önlem alınan bir uygulamadır.



Şekil 2.5. E-tipi koruma prensip şeması

İlgili standartlar EN 50019, IEC 60079-7, TS 3385 şeklindedir.

Devre kesici gibi ark çıkaran aletlerde uygulanamaz. Klemens kutuları, kablo bağlantıları, gibi normal çalışmaları esnasında ark çıkarmayan ve tehlikeli derecede ısınmayan aletlerde uygulanabilir.

Ex-e tipi korunmuş aletlerin imalatı ile ilgili hususlar TS EN 50019'da belirtilmiştir. Bunlardan en önemlileri aşağıdaki gibidir.

a. Ex-e tipi korumanın en önemli özelliği yabancı madde girişine karşı korumadır. Ex-e tipi korunmuş bir alet IP54 aşağı korunmuş olamaz. IP tablosu aşağıda Bölüm 2.2.5.1'de verilmiştir.

b. Gövde, her ne kadar basınca dayanıklı olmayacaksa da, belli bir mekanik dayanımı olmalıdır. Bu dayanıklılık darbe testi ile ölçülmektedir. Gövde bu darbe testi şartlarına uygun imal edilmelidir.
c. İçerisinde barındırdığı alete göre dış yüzey sıcaklığı imal edildiği ısı sınıflarını aşmamalıdır.
d. Kablo bağlama elemanları var ise bunlar gevşemeye karşı emniyetli olmalı ve nominal akımlarında ısınmayacak şekilde geniş birleşme ve kontak yüzeyleri olmalıdır.
e. İletkenler arası mesafe (minimum clearance) ve yalıtkanlara uzaklık (creepage distance) standartlarda belirlenen mesafelerden az olmamalıdır.
f. İzolasyon maddelerinin termik dayanımları yüksek olmalıdır.

2.2.5.1. IP Tablosu

Su, toz, nem, dokunma gibi etkenlere karşı alınan önlemleri içerir. IP koruma "ingress protection" kelimesinden kısaltılmıştır. IP işaretten sonra gelen rakamların anlamı Tablo 2.3'de kısaca özetlenmiştir [8].

Tablo 2.3. IPxy koruma sınıflandırma cetveli

Birinci Karakteristik Rakam	X Katı Cisimlere Karşı Koruma	İkinci Karakteristik Rakam	Y Suya Karşı Koruma
0	Korumasız	0	Korumasız
1	50 mm den büyük katı cisimlere karşı koruma (el teması)	1	Damlayan suya karşı koruma
2	12,50 mm den büyük katı cisimlere karşı koruma (parmak teması)	2	15° lik açı ile damlayan suya karşı koruma
3	2,50 mm den büyük katı cisimlere karşı koruma (aletler ve vida teması)	3	Yağmura karşı koruma
4	1 mm den büyük katı cisimlere karşı koruma (ince aletler ve teller teması)	4	Sıçrayan suya karşı koruma
5	Toza karşı korumalı	5	Tazyikli suya karşı koruma
6	Toz geçirmez	6	Basınçlı püsküren suya karşı koruma
		7	Suya daldırmaya karşı koruma (max. 15 m)
		8	Su altında koruma

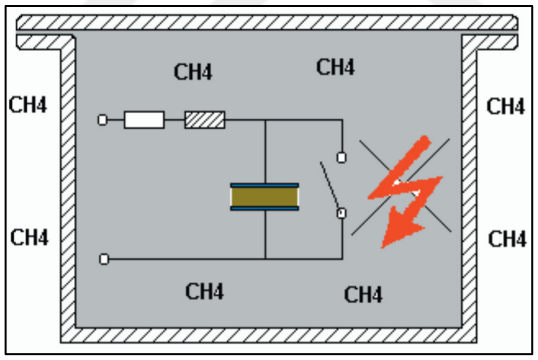
2.2.6. I-tipi koruma

İngilizce “Intrinsically Safe” kelimesinden kısaltılmıştır. Kendinden emniyetli anlamına gelir.

Bu tip koruma, patlayıcı ortam oluşturabilecek enerjiyi minimize eder. Tüm devre, bu enerjinin ne normal çalışma koşulunda ne de hatalı çalışma koşulunda mümkün olamayacağı şekilde tasarlanır. Yani, bu şekilde tasarlanan devrenin tamamı veya belirli bir kısmında normal çalışma veya arıza anında çıkan ark veya ısı patlayıcı ortamı ateşleyecek güçte değildir. Burada söz konusu olan yalnızca aygıt değil, aygıtın bağlı olduğu elektrikli devrenin tümüdür. Patlayıcı ortama neden olacak ateşleme, kıvılcım ve/veya ısı nedeniyle olabilir.

Patlama riski oluşturabilecek enerji seviyesi iki şekilde sınırlanabilir:

a. Açık devrede oluşabilecek En Yüksek akım ve voltajı sınırlayarak (ör. direnç ya da zener diyot ekleyerek).
b. Isıl ve elektriksel enerji birikimini sınırlayarak



Şekil 2.6. I-tipi koruma prensip şeması

Tek elektrikli cihaza uygulanan diğer koruma tiplerinin aksine, bu koruma tipi bütün devreye uygulanır. Bu tip koruma; kumanda, ölçü ve otomasyon devreleri gibi düşük gerilim ile çalışan aygıt ve devrelerde uygulanabilir. Arıza ve anormal hallerde de emniyetli olacağından en güvenilir koruma yöntemidir. Bu nedenle, sürekli gazlı ortamda (ZONE 0) dahi kullanılabilir.

Bu koruma tipinde örnek uygulama Bölüm 4’te ve bu uygulamaya yönelik sertifikasyon süreci Bölüm 3’te açıklanmıştır.

İlgili standartlar EN 50020, IEC 60079-11 ile bunlara ek olarak IEC 60079-25 ve IEC 60079-27 şeklindedir.

Kendinden emniyetli cihazlar kendi içlerinde "ia, ib, ic" olarak üç alt koruma seviyesine ayrılmıştır. Bu koruma tiplerinin hangi ZONE'larda uygulandığı bilgisi Tablo 2.4'de verilmiştir [6].

Tablo 2.4. Koruma tipleri ve uygulama alanları

Koruma Seviyesi	Uygulanabildiği Tehlikeli Bölge (ZONE)		
	ZONE 0	ZONE 1	ZONE 2
Ex-ia	*	*	*
Ex-ib		*	*
Ex-ic			*

2.2.6.1. Ex-ia seviyesi koruma:

Ex-ia seviyesinde korunan bir cihazın devresine maksimum giriş gerilimi ve maksimum giriş akımı uygulandığında, aşağıdaki şatlarda patlayıcı ortamı tehlikeye düşürmemelidir [6].

a. Normal çalışma şartlarında, en kötü sonuç veren sayılamayan bir arıza halinde (Kendinden Emniyetli cihazın herhangi bir yerindeki muhtemel en kötü arıza durumunda)
b. Normal çalışma şartlarında, en kötü sonuç veren bir arızaya ek olarak, sayılabilir bir adet arıza ile birlikte
c. Normal çalışma şartlarında, en kötü sonuç veren sayılamayan bir arızaya ek olarak, sayılabilir iki adet arıza ile birlikte.

Burada bahsedilen sayılamayan ve sayılabilen arıza tarifi aşağıdaki gibi yapılmaktadır.

a. Sayılabilen arıza, bilinen emniyet elemanları arızalandığında ne olacağı bilinen arıza anlamına gelmektedir.
b. Sayılamayan arıza, emniyetliliği sağlayan cihazlar dışında başka bir eleman ya da elemanların arızalanması durumundaki arıza halidir.

2.2.6.2. Ex-ib seviyesi koruma:

Ex-ib seviyesinde korunan bir aletin devresine maksimum giriş gerilimi ve maksimum giriş akımı uygulandığında aşağıdaki hallerde patlayıcı ortamı tehlikeye düşürmemelidir.

a. Normal çalışma şartlarında, en kötü sonuç veren sayılamayan bir arıza halinde (Kendinden Emniyetli cihazın herhangi bir yerindeki muhtemel en kötü arıza durumunda)
b. Normal çalışma şartlarında, en kötü sonuç veren bir arızaya ek olarak, sayılabilir bir adet arıza ile birlikte

"Ex-ib" koruma seviyesindeki şartlar genel olarak "Ex-ia" koruma seviyesi ile son madde haricinde aynıdır. Eksik olan iki adet sayılabilir arızadır.

2.2.6.3. Ex-ic seviyesi koruma:

"Ex-ic" tipi korumada KE cihazın veya devrenin normal çalışma şartlarında patlayıcı ortamı tehlikeye düşürüp düşürmediği hesaba katılır. Arıza şartları dikkate alınmaz. Çünkü arıza olayı normal çalışma şartları kapsamında değildir. Bu nedenle, koruma seviyesi düşüktür.

2.2.7. N-tipi koruma

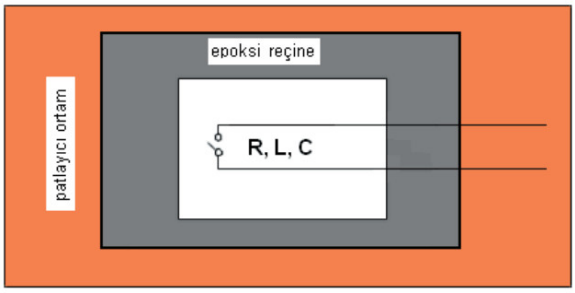
Bu tip koruma yöntemi "Ark/Kıvılcım Çıkartmaz" ya da İngilizce olarak "Non-Sparking" koruma olarak adlandırılır. Ark ve/veya kıvılcım çıkartılmadığından dolayı, patlayıcı ortamların "ZONE 2" seviyesindeki bölgeleri için ön görülmüş bir koruma yöntemidir.

Son yıllarda, IEC ve CENELEC çalışmalara katılan ABD uzmanlarınca gündeme getirilip standartlara konulmuş ve Avrupa normlarında 1999'dan sonra yer almıştır. Bu koruma tipinin nA, nC, nR, nP ve nL olarak adlandırılan beş ayrı kategorisi mevcuttur. Bu kategoriler Tablo 2.5'de gösterilmiştir [6].

İlgili standartlar EN 50021, IEC 60079-15 şeklindedir.

2.2.8. M-tipi koruma

Isı veya ark üreten aletler veya parçaları reçine gibi bazı kimyasal madde içine gömülerek ortamı tehlikeye düşürmesi önlenir. Bu nedenle bu koruma tipine "Kapsüllü Koruma" denir. İlgili koruma tipine ait prensip şeması Şekil 2.7'da verilmiştir [6].



Şekil 2.7. M-tipi koruma prensip şeması

Tablo 2.5. N-tipi koruma sınıflandırması

İşareti	Anlamı	Kıyaslanabilir Bilinen Koruma Şekli	Koruma Metodu	II.Grup Gazlarda Dağılımı
nA	Ark çıkarmaz cihazlar	Ex-e	Ark ve kıvılcım çıkarmaz, yüzeyi fazla ısınmaz.	Yok
nC	Ark çıaran cihazlar	Ex-d	Kapalı kontak tertibatı Kıvılcım çıkarmayan elemanlar Tam kapalı, kapsül içine gömülü	IIA, IIB, IIC
nR			Patlayıcı gazların girmesi sınırlandırılmıştır.	Yok
nL	Enerjisi sınırlı cihazlar	Ex-i	Herhangi bir ark veya aşırı ısınmanın ortamı patlatmaması için enerjinin sınırlandırılması	IIA, IIB, IIC
nP	Basitleştirilmiş Basınçlı Koruma	Ex-p	Fazla basınç veya üfleme ile patlayıcı gazın iç kısma girmesinin önlenmesi, elektrik kesilmeden de kontrol edilebilir.	Yok

Kendinden emniyetlilik uygulanamayan devrelerde uygulanır. Ölçü, kumanda kontrol gibi otomasyon devrelerinde sıklıkla uygulanmaktadır.

İlgili standartlar EN 50028, IEC 60079-18, IEC 61241-6 Ex-mD şeklindedir.

2.2.9. C-tipi koruma

Bu koruma sınıfı "Yapısal Emniyetli" koruma olarak adlandırılır. Yapısı gereğince tehlike oluşturmayan aletler bu gruba girmektedir.

Bu gruba örnekler: hareketli parçalar, yataklar, güç aktarma sistemleri, kavrama sistemleri (kaplinler), kavrama (debriyaj), yaylı sistemler ve konveyör kayışları vb. verilebilir.

İlgili standartlar EN 13463-5 şeklindedir.

2.2.10. K-tipi koruma

Bu koruma sınıfı "Sıvı ile Koruma" olarak adlandırılır. Elektrikli aletlerde olduğu gibi yağ veya sıvı içine daldırılarak patlayıcı ortamdan yalıtım sağlanmaktadır. Yüzey ısısı bu şekilde düşürülebilmektedir. Komple yağ içerisine daldırılarak veya alet yüzeyi koruyucu yağ ile kaplanarak uygulanmaktadır.

İlgili standartlar EN 13463-8 şeklindedir.

2.2.11. Fr-tipi koruma

Bu koruma sınıfı "Akışı Engelleyerek Koruma" olarak adlandırılır. Mekanik alet kapalı tutularak patlayıcı gaz veya tozun aletin içerisine, ateşleme kaynağının bulunduğu yere girmesine engel olunan bir yöntemdir. Contalama yöntemi ile korunacak aletin içerisine hava girmesi ve dolayısı ile ısının dışarı atılması bir miktar önlenmektedir. P-tipi koruma prensibi ile ilişkisi yoktur.

İlgili standartlar EN 13463-2 şeklindedir.

2.2.12. Ex-tD tipi koruma

Bu koruma sınıfı "Toz Geçirmez" koruma olarak adlandırılır. Tozlar D (dust) harfi ile sembolize edilmektedirler. IEC 60079-0'ın son sürümünde III.Grup olarak ele alınmışlardır. Tozlar, Tablo 1.7'deki gibi üç alt gruptan oluşmaktadırlar. Ex-tD tipi korumada temel fikir, tozun ateşleme kaynağı bulunduran cihazın içerisine girmesini önleme ve korunan aletin dış yüzey sıcaklığını da tozu patlatmayacak düzeyde tutmaktır. Bu da Tablo 1.4'de gösterilen ısı grubuna göre belirlenir.

İlgili standartlar EN 50281-1, IEC 60079-31 şeklindedir.

3. SERTİFİKASYON

Patlama riski bulunan ortamlarda kullanılacak her türlü elektriksel ürün ilgili ortama göre uygun sertifikaya sahip olmalıdır.

Patlama riski bulunan ortamlarda kullanılabilecek patlamaya karşı korumalı bir ürün geliştirirken bu ürüne ait sertifikasyon süreci de paralel olarak ilerlemelidir.

Bu süreç Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Burada belirtilen adımlar aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

3.1. EC-TYPE İnceleme

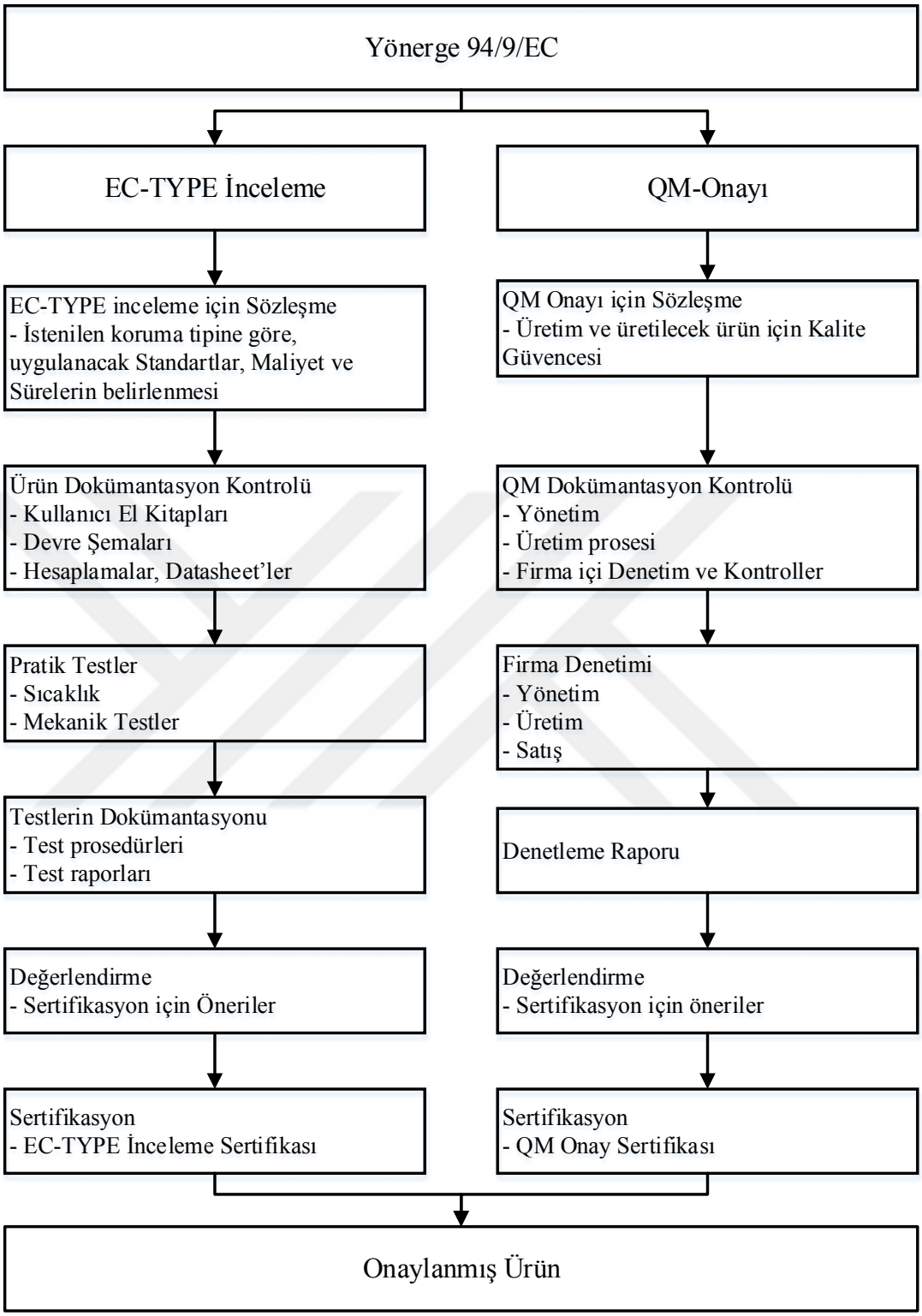
EC-TYPE inceleme ya da denetleme daha çok üretilen ürünün; istenilen koruma yöntemine uyumlu tasarlanıp tasarlanmadığının testi, üretim aşamalarında doğru bir şekilde üretilip üretilmediğinin kontrolü için yapılan testler ve üretim sonrasında yapılan pratik testler gibi teknik gereksinimlerin karşılanıp karşılanmadığının kontrol edilmesi aşamalarını incelemektedir.

Bütün sertifikasyon süreci boyunca EC-TYPE inceleme için ürünün üretildiği ve/veya üretileceği firmada bir kişiye yetki ve sorumluluk verilir. Bu kişi Ex-Sorumlu ya da "Ex responsible" şeklinde isimlendirilir. Her EC-TYPE inceleme için ayrı bir kişi görevlendirilmelidir.

EC-TYPE denetleme yapabilecek ve ATEX sertifika verebilecek firmalar aşağıda Tablo 3.1'de gösterilmiştir. Bu tablodan da anlaşılacağı üzere, Türkiye'de bu denetleme ve sertifikasyonu verebilecek geçerli bir kurum bulunmamaktadır.

3.1.1. Sözleşme

İlgili inceleme işlemleri başlamadan ve bu işlemler için sözleşme yapılmadan önce sertifikalandırılacak ürünün kullanım yerine göre uygun koruma tipi ve sertifikasyon gereksinimleri belirlenmelidir.



Şekil 3.1. Sertifikasyon süreci

Sertifika alınacak cihaz veya donanım için Tablo 3.1'de gösterilen ve sertifika vermeye yetkili olan kuruluşlardan birine, çalışma ortamına göre belirlenen koruma sistemi denetim işlemleri için başvuru yapılmalıdır [6]. Bu başvuruda

sertifikalandırılacak ürün ile ilgili, tasarım ve üretim (elektriksel ve mekanik) dosyaları ilgili firmaya ürün örnekleri ile birlikte teslim edilmelidir.

Tablo 3.1. ATEX sertifika veren kuruluşlar

ÜLKE	İSİM
Almanya	RWTÜV Systems GmbH
Almanya	Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)
Almanya	DMT - Deutsche Montan Technologie GmbH
Almanya	Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung BAM
Avusturya	TÜV Österreich TÜV-A
Belçika	Institut Scientifique des Services Publics (ISSeP)
Çek Cumh.	Fyzikalne Technicky Zkusebni Ustav S.P.
Danimarka	DEMKO A/S, Lyskoer 8
Danimarka	Teknologisk Institut
Finlandiya	VTT Industrial Systems (VTT Toutteet Ja Tuotanto)
Fransa	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques - INERIS
Fransa	Laboratoire Central des Industries Electriques - LCIE
Hollanda	KEMA Quality B.V.
İngiltere	Lloyd's Register of Shipping LRQA Centre, Hiramford
İngiltere	BSI Product Services
İngiltere	SIRA Certification Service
İngiltere	Baseefa (2001) Ltd, Health and Safety Laboratory Site
İspanya	Laboratorio Oficial Jose Maria de Madariaga (LOM)
İsveç	Swedish National Testing and Research Institute SP
İsviçre	Swiss Electrotechnical Association (SEV)
İtalya	CESI - Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano Giacinto Motta SpA
Lüksenburg	Société Nationale de Certification et d'Homologation s.a.r.l.,
Norveç	NEMKO AS
Norveç	Det Norske Veritas classification AS
Polonya	Ośrodek Badań i Certyfikacji "OBAC" Sp. z o.o.
Slovakya	EVPÚ, a.s., SKTC 101, EVPU, JSC
Slovakya	Technická inšpekcia (TI)

Yetkili firma (notified body olarak adlandırılır) ile sertifikalandırılacak ürünün hangi standartlara göre inceleneceği ve sertifikalandırılacağı belirtilerek sözleşme imzalanır.

Sözleşmede, ilgili koruma tipine göre yapılacak testler ve testlere katılım, firma denetlemesi, ürün testleri ile birlikte tasarım ve üretim dokümantasyon kontrolü gibi işler ayrıntılı olarak belirtilmelidir.

3.1.2. Ürün dokümantasyon kontrolü

Sertifikalandırılacak olan ürün ile ilgili tasarım ile ilgili bütün dokümantasyonun kontrolünü kapsamaktadır. Sertifikalandırılacak olan ürün ile ilgili aşağıdaki aşama ve tasarım adımları incelenir ve denetlenir.

A. Ürüne ait tasarım aşamaları,

B. Seçilen ex-kritik malzemeler ile ilgili;

a. Seçim kriterleri

b. Satın alma,

c. Teknik dokümanlar

d. Teslim alındıklarında kurum içinde yapılan muayene ve test raporları

e. Bu raporlar satın alınan malzemenin üretim tarihi ve yeri gibi bilgileri içermelidir.

f. Saklama ve depolama koşulları

C. Ürün devre hesaplamaları, özellikle ex-kritik malzeme seçimi ile ilgili

D. Ürün devre şemaları

a. Ürüne ait devre şemalarının kontrolü

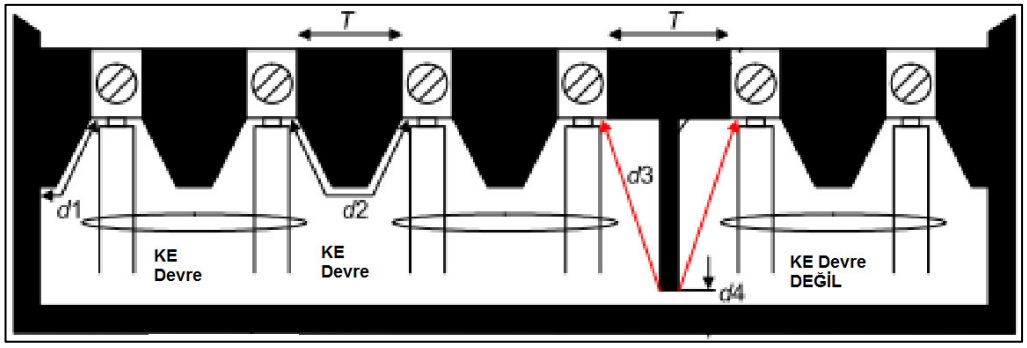
b. İngilizce "Clearance and Creepage Distance" olarak geçen ilgili koruma tipine, ortama göre değişen riskli malzemeler için gerekli açıklık ve ayırma mesafelerinin kontrolü (ilgili mesafeler Şekil 3.2'de gösterilmiştir).

E. Üretilen Baskılı Devre (PCB)'lerin kontrolü

a. PCB'lere ait üretim raporları

b. PCB empedans vb. ölçüm raporları

c. PCB kesit inceleme raporları



Şekil 3.2. Gerekli açıklık ve ayırma mesafeleri

3.1.3. Pratik testler ve test dokümantasyonu

Üretim aşamasında boş devre kartlarının üzerine yerleştirilecek devre elemanlarının kontrolü için yapılan testlerden başlayarak üretim aşamasında ve üretim sonrasında yapılan testleri ve bu testlere ait test raporlarının incelenmesi ve üretim yerinin fiziksel olarak denetlenmesini kapsamaktadır. Bunlar aşağıdaki gibi yazılabilir;

A. Üretilen Baskılı Devre (PCB)'lerin dizgi işlemlerinin kontrolü

a. Dizgiye giden malzemelerin kontrolü ile ilgili raporlar vb.
b. Ex-kritik malzemelerin dizgilerinin kontrolü
c. Dizgi işlemlerine ait raporlar
d. Dizgi sırasında özellikle Ex-kritik malzemelerin hangi karta takıldığı ve doğru olarak takıldığının kontrolü

B. Üretilen devrelerin kontrolü

a. Pasif kontroller; devreye güç verilmeden yapılan testlerdir.

- Gözle kontrol
- Ölçüm ve test cihazları ile kontrol

b. Aktif kontroller:

- Flying Probe Test ya da başka alternatif test yöntemi kullanılarak yapılan ve devreye belli bölgelerine belli gerilimler verilip devreden ölçümler alınarak yapılan testlerin sonuçları ve raporlarının kontrolü

C. Ürün haline getirilmiş devrelerin sistem testlerinin kontrolü

D. Ürünün kullanılacağı ortam göre belirlenmiş koruma yönteminin testi

E. Örneğin, Hidrojen bulunan ortam için yapılan sistemin, Kontrollü ortamda, bu özel bir kazan vb. olabilir, laboratuvar ortamında yapılan testlerdir.

3.1.4. Değerlendirme

Yukarıda belirtilen maddelerde sertifika almak için engel teşkil etmeyen bir durum yok ise sertifika alınma aşamasına geçilir. Fakat sertifika için engel teşkil eden durumlar incelemeyi yapan kuruluş raporunda belirtilir. Düzeltme için süre belirlenir ve belirlenen süre sonunda tekrar ilgili durumlar için test ve inceleme yapılarak sonuç raporu verilir.

3.1.5. Sertifika

Sertifika geçerlilik süresi on sekiz aydır. Süre bitiminde eğer ilgili ürünün üretimi devam edecek ise mutlaka yenilenmelidir.

3.2. QM Onayı

Bu noktada ürünün bağlı bulunduğu firmanın yetkinlikleri, ISO9001 kalite belgesi gibi belgeler büyük önem taşımaktadır. Bu belgeler sayesinde sertifikasyon sürecinde çoğu adım, ilgili belgeler olduğundan inceleme dışı kalabilmektedir.

Bu inceleme ya da denetlemede ürünün üreticisi firmanın kalite ve kontrol süreçleri incelenecektir. Buradaki denetleme ya da incelemenin ana fikri, firmanın üretim ve üretim aşamalarının kontrolleri, ürünün üretim kalitesi ile sürdürülebilirliğinin kontrolüdür. Bu inceleme ya da denetleme EC-TYPE inceleme ile paralel şekilde yapılabilir.

Aşağıda bu tip bir denetlemenin ana işlem maddeleri açıklanmıştır.

3.2.1. QM sözleşme

Sertifika verme yetkisine sahip bir kuruluş ile ilgili denetleme için sözleşme imzalanarak yapılacak işler tanımlanır ve denetleme süreci başlamış olur.

3.2.2. QM dokümantasyon kontrolü ve firma denetimi

Patlama riski bulunan ortamlarda kullanılacak sistem geliştiren firmaya ait kalite yönetim sisteminin denetlenmesi ve incelenmesidir.

Örnek olarak, denetlenecek firmanın bütün üretim ve kalite süreçlerini anlatan bir Kalite El Kitabı'nın olması gerekmektedir. Bu kitap ya da iç yönetmelikte ex-kritik malzemelerin satın alınmasından teslimde yapılacak kabul ve muayene işlemlerine kadar bütün adımlar ve bu adımlar ile ilgili formlar tanımlanmalıdır.

3.2.3. Denetleme raporu

Denetlemeyi yapan yetkili kuruluş tarafından yapılan denetime ait sonuçların yer aldığı rapordur.

3.2.4. Değerlendirme

Bölüm 3.1.4'de açıklanan değerlendirme durumu bu bölümde de geçerlidir.

3.2.5. Sertifika

Bölüm 3.1.5'te olduğu gibi sertifika süresi on sekiz aydır. Süre bitiminde eğer ilgili ürünün üretimi devam edecek ise mutlaka yenilenmelidir.

3.3. Sertifikasyon Sürecinde Teslim Edilecek Belge Listesi

EX-Sertifika inceleme, denetleme süresince hazırlanarak teslim edilmesi gereken belgeler aşağıda listelenmiştir. Burada belirtilen belge listesi örnek olarak hazırlanmış olup yapılacak uygulamaya göre değişiklik gösterebilmektedir.

A. Ex-sertifikasyonu başvuru belgesi

B. Ürün Tasarımı Belgeleri;

a. Tasarım belgeleri (Tümü versiyonlanmış olmalıdır)
b. Elektriksel devre şemaları,
c. Malzeme Listesi
d. Üretilen elektronik devreye ait mekanik çizimler (PCB çizimleri)
e. Mekanik Tasarım belgeleri

C. Ex-Malzeme Listesi

a. İlgili malzemeye ait teknik dokümanlar (Datasheet)
b. Üreticinin temin ettiği Ex-Sertifikasyon (varsa)
c. Üreticinin temin ettiği Qualification Test (varsa)
d. Üreticinin temin ettiği 17050 belgesi (varsa)

D. Değerlendirme (Evaluation)/Kıyaslama belgeleri;

a. PCB dizgi firma seçimi,
b. Mekanik kutu seçimi
c. Epoksi ile kaplanacak ise malzeme seçimi

E. Üründe kullanılan Ex-malzeme listesi;

F. Ex-malzeme test yöntemi (Tesellüm aşaması)

a. Uygulanacak yöntem
b. Araç/gereç listesi

G. Ex-malzeme tesellüm onay belgesi;

a. Dizgi makinesine girecek paket tipi uygunluğu,
b. Datasheet'e uygunluk,
c. Önce alınan malzemelerin teknik spesifikasyonlara olan uygunluğu,

d. Test edildiyse test sonuçlarının uygunluğu,
e. Üretici Firma uygunluğu,
f. Ex-Sertifikasyon/17050 uygunluğu

H. Ex-Etiketi tanımlama ve kullanım yöntemi

a. Malzemenin Dizgi Makinesi için için paket bilgisi,
b. Alınan ürünün bilgisi,
c. Geliş tarihi
d. Gelen miktar
e. Barkod yazma/okuma yöntemi
f. Ex-kritik malzeme olduğuna dair renkli işaret
g. Firma ürün ya da stok kodlarına "ex" eklenmesi
h. Ürünlere ailt Teknik bilgi dokümanlarına "ex" eklenmesi

I. Altyüklenici & Altyüklenici Süreci Belgeleri

a. Altyüklenici sözleşmesi
   (Bu sözleşme ex-serifikasyon için gerekli tüm maddeleri içerecek şekilde hazırlanmalıdır.)
b. Ex-malzeme depolama belgesi
c. Altyüklenici eğitim notları / sunum dosyası
d. Konfigürasyon Öğeleri ve Veri Listesinde yeni bir bölüm oluşturularak; Ex-belgelerin sürüm numaraları, hangi kuruma hangi tarihte, hangi sürümün verildiği bilgisi saklanmalı ve bu bilgiler yönetilmelidir.
e. Ex-malzeme ex-kodu ile PCB kodu eşleştirme tablosu

J. İç-paydaş eğitimleri

a. Satınalma Birimine eğitim / notları

K. Kalibrasyon belgeleri

a. Kalibre edilen cihaz listesi

L. İş Akışları

a. Ex-Etiketi basma süreci

- Ex-malzemeyi teslim alma,
- Ex-sorumlu onayı,
- Test etme,
- Değerlendirme & PCB üzerindeki etiketleme & kutulanmış ürün üzerinde etiketleme

b. Altyüklenici süreci
c. Satınalma süreci
d. Malzeme kabul süreci
e. Uygunsuz Malzeme tespit süreci
f. Gözden Geçirme sürecine ex-eklemeleri (Doğrulama&Geçerleme Süreci)
g. Konfigürasyon sürecine ex-eklemeleri
h. Teknik Değişiklik sürecine ex-eklemeleri

M. Proje Kalite Belgelerinde yapılacak ex-düzenlemeleri

a. Proje Yönetim Planına ex-belgeler eklenmelidir.
b. Proje Yönetim Planına Ex-Sertifikasyon alındığında Konfigürasyon Yönetim sürecine uygun olarak tasarım belgelerinin ilk versiyon olarak tanımlanmalıdır.
c. Proje Yönetim Planına yönetim ile gözden geçirme toplantıları eklenmelidir.
d. Kalite Güvence Planı Sorumluluklar kısmına Ex-Sorumlusu ve tanımı yazılmalıdır
e. Kalite Güvence Planı'na iç denetleme sıklığı girilmelidir.

N. Kullanım Kılavuzu

a. Müşteriye teslim edilen ürün ve yedek ürünlerin depolama şartları belirtilmelidir.

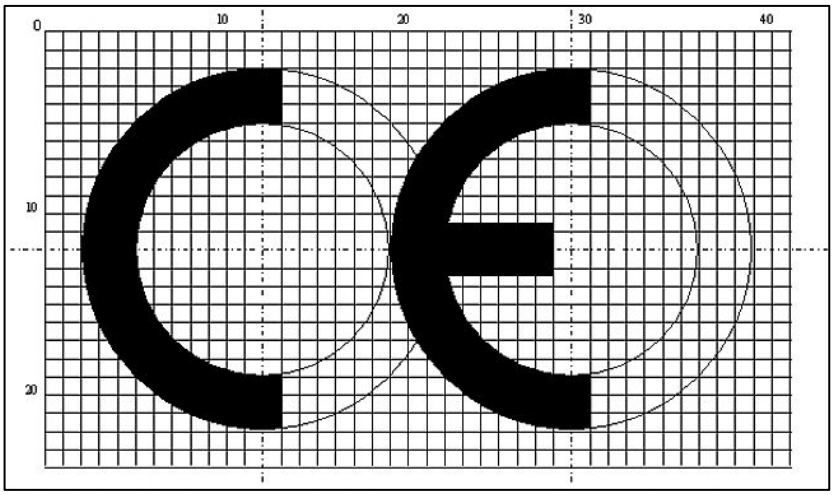
3.4. Etiketleme Gereksinimleri

Patlamaya karşı korumalı cihazlar için etiketleme ile ilgili gereksinimler IEC 60079-0 numaralı standartta ayrıntılı şekilde belirtilmiştir. Bu gereksinimler aşağıda belirtilmiştir;

A. Cihazın Ana bölümünde ve dışında yer almalıdır.

B. Etiket aşağıdaki bilgileri içermelidir:

a. Üreticinin adı
b. Üretici ait özel numara
c. Seri Numarası
d. CE etiketi (Şekil 3.3)
e. Sertifika numarası (örnek: TÜV 15 ATEX 123456 X)
f. Elektriksel Parametreler
g. Sıcaklık Parametreleri
h. Ex-Proof numarası
i. Özel Ex markalama işaretleri



Şekil 3.3. CE işareti



Şekil 3.4. Etiket örneği

4. UYGULAMA

İlk üç bölümde anlatılan patlama riski olan ortamlarda kullanılabilecek kendinden emniyetli "intirinsically safe" devre tasarımı adımları aşağıda anlatılmıştır.

4.1. Yapılacak İşin Tanımı

Yapılacak işin tanımı ve gereksinimler belirlenip, sistemin çalışacağı ortamın özellikleri aşağıda verilmiştir.

4.1.1. Tasarlanacak sistem gereksinimleri

Bu çalışmada tasarlanacak sistem endüstriyel uygulamalarda sıklıkla kullanılan bileşenlere sahip örnek bir sensör tasarımını içermektedir.

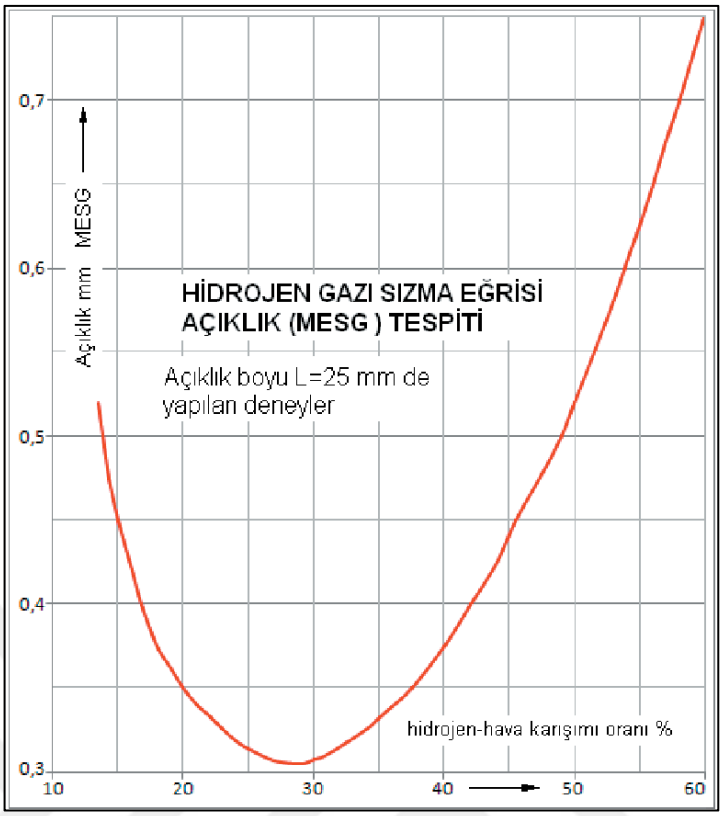
Sistem, endüstriyel uygulamalarda sıklıkla kullanılan iletişim arayüzlerinden, CAN (Controller Area Network) iletişim arayüzü, RS485 seri iletişim arayüzü ve RF (Radyo Frekans) kablosuz iletişim arayüzlerini içerecektir. Ek olarak, yine endüstriyel uygulamalarda sıklıkla kullanılan sıcaklık ölçümü (RTD-sıcaklık ile değişen direnç kullanılarak) ve gerilim ölçümü yapabilecek donanıma sahip olacaktır.

Sistem tasarımında Kendinden Güvenlikli devre tasarım esasları uygulanacaktır. İlgili ortamda kullanılabilecek kutu tasarımı, kutu malzemesi seçimi gibi mekanik tasarımlar da belirtilecektir.

4.1.2. Patlama riski bulunan ortam özellikleri

Tasarlanacak sistem, yanıcı ve patlayıcı özelliği olan Hidrojen gazı bulunan bir ortam da çalışacaktır. Hidrojen gazı dolayısıyla ortam IIC olarak sınıflandırılmaktadır (Tablo 1.3).

Ayrıca Şekil 4.1'de ortamda bulunan ve tehlikeli bir gaz olan Hidrojen gazının patlama eğrisi verilmiştir [6].



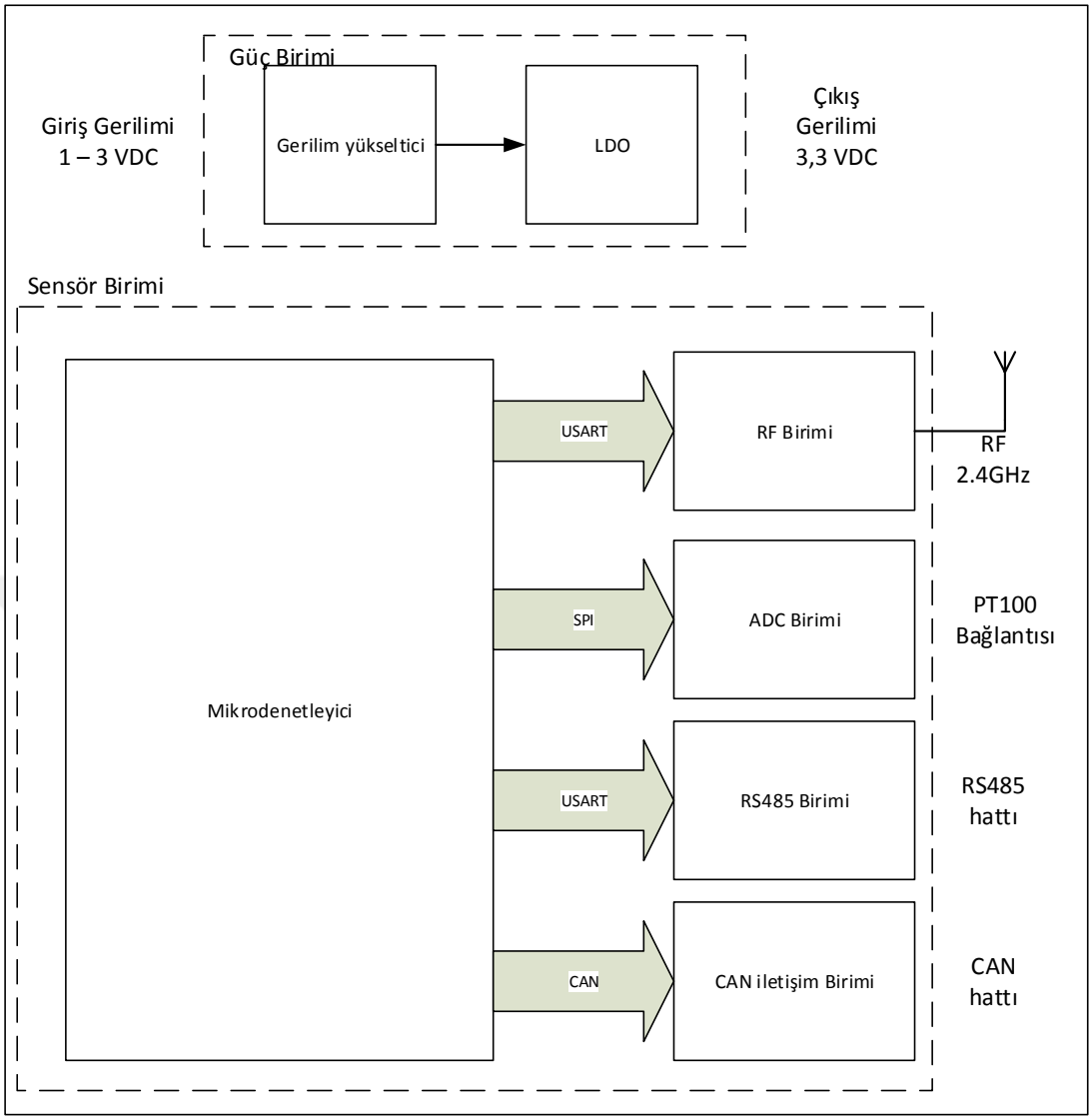
Şekil 4.1. Hidrojen gazı patlama eğrisi

4.2. Tasarım Süreci

Bölüm 4.1.1'de anlatılan sistemin genel blok diyagramı Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Şekil 4.2'deki sistem tasarımına göre elektronik ve mekanik tasarım adımları aşağıdaki bölümlerde anlatılmıştır.

Tasarımda devre çizim aşamasında Tablo 4.1'de ki değerler göz önünde bulundurulmalıdır. Üretilecek devrenin tasarım aşamasında çalışma ortamında bulunan sıcaklık sınıfına göre devre üzerinde izin verilen bakır yol kalınlıkları Tablo 4.1'deki gibi olmalıdır.

Ayrıca, devre üretiminde Hidrojen gazı bulunan ortam için Şekil 3.2'de belirtilen mesafeler, reçine gibi bir malzeme ile kaplama yapılacaksa 0,5 mm eğer devre üzerine kaplama yapılmayacak ise yaklaşık 1 mm olarak kabul edilebilir. Eğer Kendinden emniyetli bir devre ile kendinden emniyetli olmayan devre birlikte kullanılacak ise bu uzaklık en az 50 mm olmalıdır (EN 60079-11 Bölüm 6.2).



Şekil 4.2. Genel sistem tasarımı

4.2.1. Elektronik tasarım

Elektronik tasarım yapılırken sistem aşağıda belirtilen dört ana grupta toplanarak her grup gereksinimleri karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Tasarım adımlarında yukarıda Bölüm 2.2.6'da belirtilen önlemlere ek olarak sistem bileşenlerine özel alınacak emniyet tedbirleri de açıklanmıştır.

4.2.1.1. Güç birimi

Tasarlanacak sistem elektrik besleme gerilimi 1 ile 3 VDC aralığında olabilecek özellikte seçilmiştir. Böylece tasarlanan sensör düşük gerilim değerlerinde, örneğin bir adet kalem pil ile çalışabilecektir. Bu nedenle giriş gerilimini önce istenilen gerilim

seviyesinin biraz üzerine yükselten Linear Technolgy firmasının LTC3421 kodlu gerilim yükseltici entegresi seçilmiştir. Seçilen bu entegre devre "boost" tipinde olup, giriş gerilimini 3,8 VDC seviyesine çıkarmaktadır. Sonrasında yükseltilen giriş gerilimi diğer sistem bileşenlerinin çalışması için 3,3 VDC seviyesine düşürülmelidir. Bunun için Analog Devices firmasının ADP3338 entegresi seçilmiştir. Bu entegre giriş gerilimini istenilen seviyeye indirmekle birlikte, giriş gerilimi yükseltilirken oluşan gürültülerin sistemin hassas olan diğer bileşenlerine ulaşmasını engelleyen bir filtre gibi de davranmaktadır.

Tablo 4.1. Sıcaklık sınıfına göre bakır yol genişlikleri

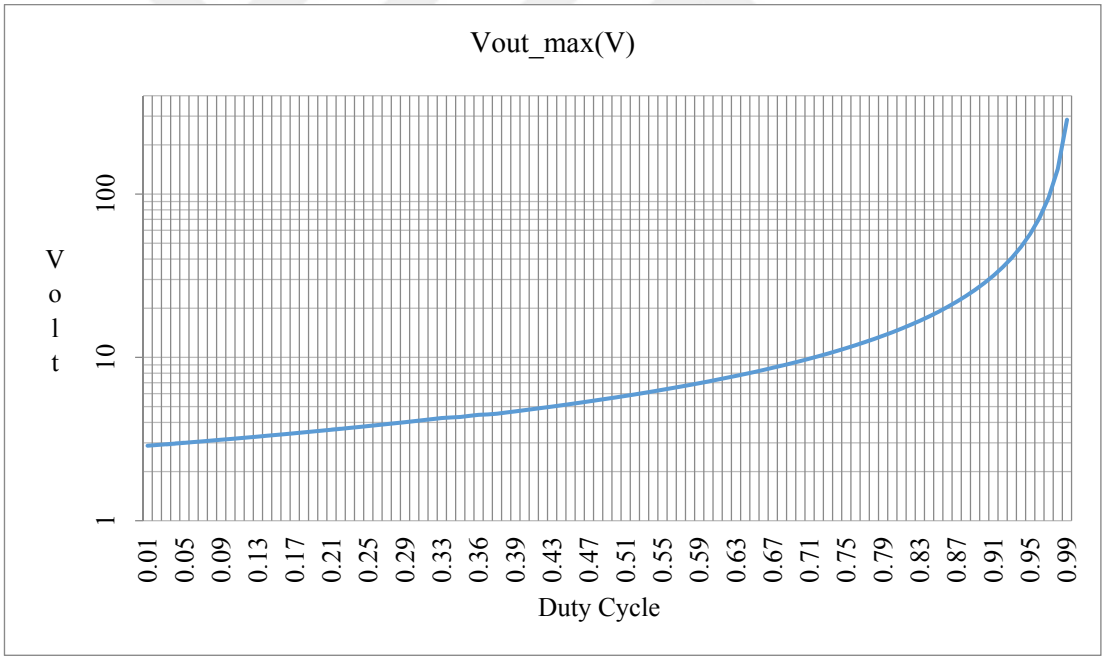
Minimum PCB iz genişliği	Sıcaklık Sınıfına Göre Maksimum İzin Verilen Akım Değeri (Amper)			PCB katman sayısı	Çok Katmanlı
				Ortam sıcaklığı	55 °C
				Bakır Kalınlığı	35 µm
	T1, T2, T3, T4 ve Grup I	T5 (105 °C)	T6 (85 °C)	Çok Katlı PCB, 35 µm Bakır kalınlığında ve 1,6 mm PCB kalınlığı. T6 Sıcaklık sınıfına göre Akım değeri	Çok Katlı PCB, 35 µm Bakır kalınlığında ve 1,6 mm PCB kalınlığı. T1, T2, T3, T4 ve Grup I Sıcaklık sınıfına göre Akım değeri
mm	Amper	Amper	Amper	Amper	Amper
0,1	0,8	0,6	0,5	0,21	0,33
0,1	1	0,8	0,7	0,29	0,4
0,1	1,2	1	0,8	0,33	0,5
0,2	1,4	1,1	1	0,42	0,6
0,2	1,8	1,4	1,2	0,50	0,8
0,3	2,4	1,9	1,7	0,71	1
0,4	3	2,4	2,1	0,88	1,3
0,5	3,5	2,8	2,5	1,04	1,5
0,7	4,6	3,5	3,2	1,33	1,9
1	5,9	4,8	4,1	1,71	2,5
1,5	8	6,4	5,6	2,33	3,3
2	9,9	7,9	6,9	2,88	4,1
2,5	11,6	9,3	8,1	3,38	4,8
3	13,3	10,7	9,3	3,88	5,5
4	16,4	13,2	11,4	4,75	6,8
5	19,3	15,5	13,5	5,63	8
6	22	17,7	15,4	6,42	9,2

Bu noktada Kendinden Güvenlikli "Intrinsically Safe" devre tasarımında "boost" tipinde giriş gerilimini yükselten devre yapısı oldukça güvensiz kabul edilmektedir. Fakat giriş gerilimini düşüren yapıda olan sistemin ikinci güç bileşeni ise bu açıdan oldukça güvenli olarak kabul edilmektedir.

Bu konuyu detaylı olarak açıklamak gerekmektedir. Gerilim yükseltici devreler, giriş gerilimini belirli bir frekansta anahtarlama yaparak çıkış gerilimini devre elemanları vasıtasıyla yükseltirler. Bu noktada giriş geriliminin ne kadar yükseltileceği, devrenin geri besleme ucu ile belirlenmektedir. Gerilim yükseltici devrenin anahtarlama frekansının "duty-cycle" yani doluluk boşluk oranı ve verimi çıkış gerilimini belirlemektedir. Gerilim yükseltici devrenin çıkış gerilimi aşağıdaki Denklem (4.1) ile hesaplanmaktadır;

$$V_{out} = \frac{V_{inmax}\,\eta}{1\text{-}D} \tag{4.1}$$

Gerilim yükseltici devrenin çıkışındaki maksimum gerilim değerini hesaplamak için yukarıda belirtilen "verim" değerini 0,95 olarak kabul etmeliyiz. Bu durum için gerilim yükseltici devrenin çıkış gerilimi Şekil 4.3'de belirtildiği gibi olacaktır.



Şekil 4.3. Çıkış geriliminin değişimi

Giriş gerilimini yükselten devre genel olarak çıkış geriliminin bir gerilim bölücü devre ile geri besleme yapılarak istenilen gerilim değerine yükseltilmesi mantığına göre çalıştığından bu ucun boşta ya da belli bir değerden (LTC3421 için 1,22 V) farklı olması durumunda, devre çıkışı Şekil 4.3'de görüldüğü gibi 100 V'lar seviyelerine ulaşabilmektedir.

Devrenin “Kendinden Güvenlikli” ya da İngilizce “Intrinsically Safe” tasarım adımlarına göre alınacak tedbirlerden ilki gerilim yükseltici devre giriş ve çıkışına uygulanmıştır. Uygulanan önlemler aşağıda belirtilmiştir;

a. Giriş bölümüne sigorta ve TVS diyot konulması uygulanan ilk güvenlik önlemi olarak sıralanabilir. Sigorta oluşabilecek aşırı akımda devrenin geri kalanını korumaktadır. TVS diyot ise devre girişinde olabilecek anlık aşırı gerilimlere karşı bir önlem olarak kullanılmıştır. Seçilen sigorta 200 mA olan nominal akımın iki katı olarak seçilmiştir. TVS diyot maksimum giriş gerilimi olan 3 V’dan biraz daha yüksek seçilmiştir.
b. Yükseltici devre çıkışında ise güvenlik tedbiri olarak iki adet zener diyot ve bir adet seri direnç kullanılmıştır. Kullanılan zener diyotlar gerilim yükseltici devrenin çıkış gerilimini sınırlamaktadır. Ayrıca seri direnç ile de çıkış akımı sınırlanmıştır.

Ayrıca, EN60079-11 Bölüm 5.6’da belirtildiği gibi, eğer devrenin çektiği toplam akım 250 mA’den az ise “Encapsulation” a yani epoksi veya benzeri bir katman ile devreyi kaplamaya gerek yoktur.

4.2.1.2. İşlemci birimi

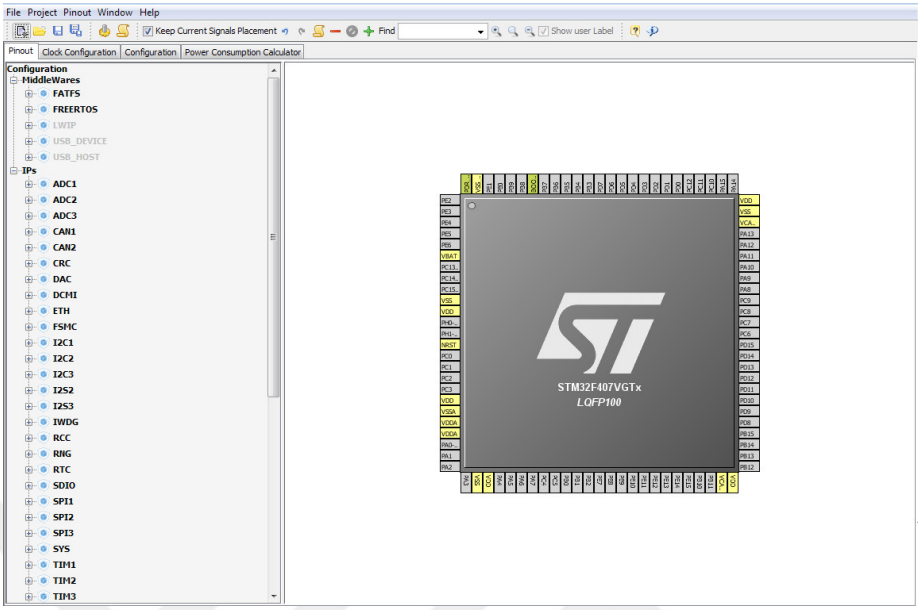
Şekil 4.2’de gösterilen iletişim arabirim desteği ve düşük güç tüketiminden dolayı ST Microelectronics firmasının STM32F407 mikro denetleyici entegresi seçilmiştir. Birden fazla donanımsal seri iletişim arayüzü, donanımsal CAN iletişim arayüzü desteği olan işlemci üretici firmanın “CUBE” ismini verdiği programlama platformu ile kolayca uç görevlendirmeleri değiştirilebilmekte olup ve yine kolaylıkla programlanabilmektedir. Örnek programlama arayüzü Şekil 4.4’de gösterilmiştir.

4.2.1.3. RF birimi

Sistemin çalışma ortamında Hidrojen gazı bulunduğundan ortamdaki RF gücü de sınırlı olmalıdır. Aksi durumda patlamaya neden olunabilmektedir. Bu çalışma kapsamında tasarlanan örnek sistem Grup IIC olarak tanımlandığından Tablo 4.2’de gösterilen elektromanyetik güç sınırı 2 W’tır [2].

Tablo 4.2’de belirtilen RF güç sınırlamasından dolayı Digi Inc. Firmasının XBEE RF modülleri seçilmiştir. Bu modüllerin RF güç seviyesi yazılımsal olarak

değiştirilebilmektedir. Seçilen modülün güç aralığı -10 dBm = 0,0001 W ile 0 dBm = 0,001 W arasında değişmektedir.



Şekil 4.4. STM32 CUBE programlama arayüzü

Tablo 4.2. Elektromanyetik güç sınırları

Grup	Güç
Grup I	6 W
Grup IIA	6 W
Grup IIB	3,5 W
Grup IIC	2 W
Grup III	6 W

Ek olarak seçilen modül seri iletişim arayüzü tarafından kontrol edilmektedir. Bu özelliği de modülün herhangi bir işlemci, mikro denetleyici gibi sistem ile uyumlu olarak çalışmasını sağlamaktadır.

4.2.1.4. Seri iletişim arayüzleri

a. RS485

RS485 iletişim arayüzü endüstriyel uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu nedenle burada yapılan tasarımda da örnek olması için seçilmiştir. RS485 iletişim arayüzü endüstriyel PLC uygulamalarında ProfiBUS-DP uygulamalarında kullanılmaktadır. İki adet kabloya birden fazla cihaz bağlanıp yüksek hızlarda iletişim kurabilmektedir.

Diferansiyel bir iletişim veri yolu kullanıldığından, patlama emniyeti olarak alınacak tedbirler veri hatlarına seri bağlı ikişer zener diyot ve ikişer seri akım sınırlama direnci olarak tasarlanmıştır.

b. CAN-bus

CAN iletişim arayüzü endüstriyel uygulamalarda çok fazla kullanım alanına sahip olan bir iletişim arayüzüdür. Bu nedenle burada yapılan tasarımda da örnek olması için seçilmiştir. CAN iletişim arayüzü yüksek güvenlikli ve hata oranı az olan bir iletişim tipidir. Bu nedenle özellikle otomotiv endüstrisinde, sensör ağları kontrolü ve izlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır.

Diferansiyel bir iletişim veri yolu kullanıldığından, patlama emniyeti olarak alınacak tedbirler veri hatlarına seri bağlı ikişer zener diyot ve ikişer seri akım sınırlama direnci olarak tasarlanmıştır.

4.2.1.5. ADC birimi

Analog dijital çevirici devrede iki amaç ile kullanılmıştır. Birincisi, giriş gerilimini yüksek hassasiyet ve doğruluk ile ölçmektir. İkincisi ise, sıcaklığa göre değişen bir direnç (RTD) ile yüksek hassasiyet ve doğruluk ile sıcaklık ölçmektir.

Seçilen entegre devre içerisinde iki adet ayarlı akım kaynağı bulunmaktadır. Bu sayede başka ek bir devreye ihtiyaç olmaksızın PT100 gibi ekipmanlar ile sıcaklık ölçümü yapabilmektedir. Ek olarak entegre devre içerisinde gerekli filtreleme donanımına sahip olup, 24-bit çözünürlüğe sahiptir.

Sıcaklık ölçümünde 250 μA seviyelerinde akımlar ve 100 ohm seviyelerinde direnç değerleri okunduğundan ölçülen gerilim değerleri de mili voltlar seviyelerinde olmaktadır. Bu nedenle seçilen ADC'nin yüksek çözünürlüklü olması gerekmektedir.

4.2.2. Mekanik tasarım

Tasarlanan devre teorik olarak kutusuz olarak da patlama riski bulunan bir ortamda yukarıda belirtilen tasarım adımlarında anlatılan güvenlik önlemleri alındıktan sonra çalışabilmektedir. Bu şekilde kutusuz olarak da sertifika alınabilir. Fakat örnek bir

tasarım olması nedeniyle, sistemin çalışma ortamının gereksinimlerine uygun bir kutu tasarımı yapılmıştır (Ek-D).

Tasarlanan devrenin çalışma ortamı hidrojen gazı bulunan Grup IIC olan bir ortam olduğundan statik elektrik durumu büyük önem taşımaktadır. Bilindiği gibi (ayrıca Şekil 4.1'de de gösterildiği gibi) hidrojen gazının yanma ve patlama sıcaklığı ve enerjisi çok düşüktür. Bu nedenle kullanılacak kutunun malzemesinin yüzey direnci 10^9 Ohm dan küçük olmalıdır. Tercihen $10^8 – 10^9$ Ohm aralığında bir değer olmalıdır. Bu durum EN 60079-0 Bölüm 7.4'de açıklanmıştır.

Ayrıca, metal olmayan kutuda metal vida kullanılacak ise iki birim arasında 3 pF değerinde bir kapasite değeri ölçülmelidir. Grup IIC sınıfı gazlar için bu gereksinim EN 60079-0 numaralı standardın Bölüm 7.5'de açıklanmıştır.

4.3. Üretim Süreci

Bu tip bir devrenin üretim aşamaları, boş elektronik devre kartının üretimi, üretilen elektronik devre kartının üzerine elektronik bileşenlerin montajını içeren dizgi işlemleri, mekanik kutunun üretimi ve üretilen bütün bileşenleri bir araya getirilme işlemi ya da diğer bir değişle tümleştirme aşamalarından oluşmaktadır.

4.3.1. Devre üretimi

Tasarlanan devreyi üretecek olan firma seçilirken aşağıdaki kriterlere uygun üretim yapabilen bir firma seçilmelidir.

a. IPC Class III üretim
b. Nikel üzerine Altın kaplama üretim
c. Kullanılan bütün materyaller (reçine vb.) EU RoHS Directive 2002/95/EC IAW SP-12509-01 standartlarına uyumlu olmalı
d. Yerleşim doğruluğu 0,2mm
e. Delik çapı toleransı ±0,08mm
f. Elektriksel Test ve raporu (IPC-356A'ya göre)
g. Mikrokesit raporu
h. Empedans kontrolü ve raporu

4.3.2. Devre dizgisi

Devre dizgi işlemi "Kendinden Emniyetli" devrelerde çok büyük önem taşımaktadır. Sertifikasyon bölümünde de belirtildiği gibi dizgi firması aşağıda belirtilen maddeleri sağlayabiliyor olmalıdır.

A. Dizgide kullanılan malzemelerin takibi

a. Dizgide kullanılan malzemelerin dizgi öncesinde testleri

b. Dizgi sırasında azalan malzemenin kontrolü ve kayıt altına alınması

B. Ex-Kritik malzemelerin dizgi öncesinde kontrollerinin yapılması

C. Ex-Kritik malzemelerin hangi kartlara takıldığının takibi

D. Üretim sonrası pasif ve aktif test yapabilme yeteneği

Yukarıdaki istenilen özellikler temelde doğru malzemenin doğru yere takıldığını garanti altına almak için istenilmektedir. Örnek vermek gerekirse, akım sınırlayıcı 1 Ohm direnç yerine 1 KOhm direnç takılır ise devreden istenmeyen bir durumda (kısa devre vb.) çok daha fazla akım geçecek ve çok daha fazla enerji açığa çıkacaktır. Bu da ilgili ortama göre tehlike yaratabilecektir.

4.3.3. Mekanik üretim

Mekanik üretim için istenilen malzemenin testlerinin üretici firma tarafından yaptırılıp, ürün ile birlikte test raporlarının ve sertifikalarının sunulması gerekmektedir.

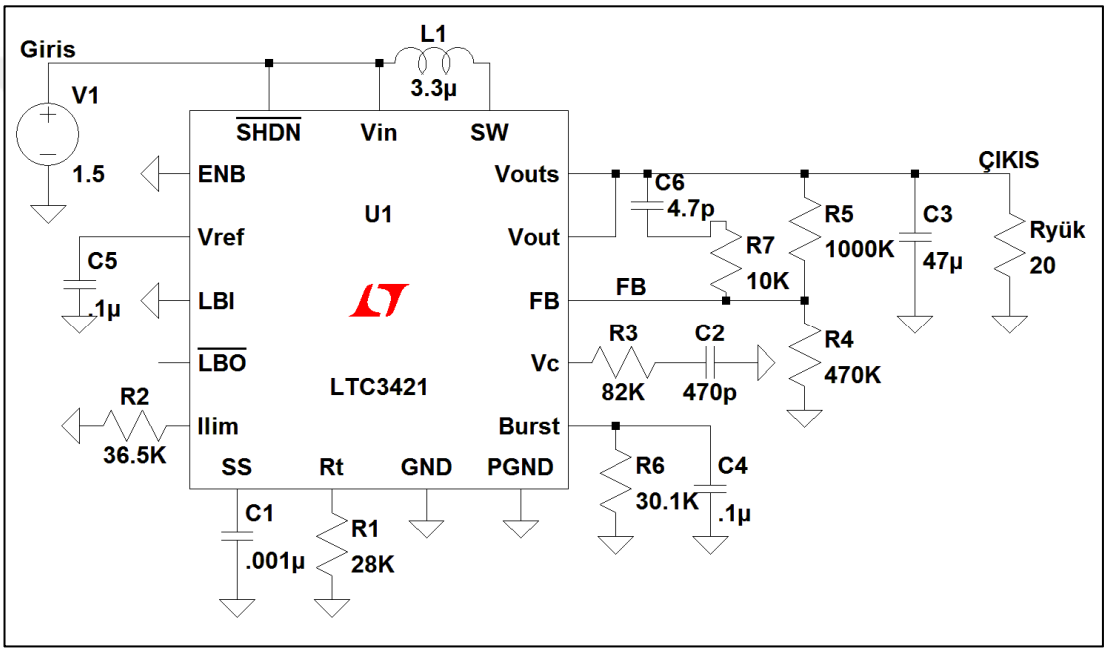
4.3.4. Tümleştirme

Tümleştirme aşaması, planlanan bütün üretim aşamaları tamamlandıktan sonra parçaların birleştirilmesi işlemidir. Bu aşamadan sonra ürün ilgili standartlara göre test ve sertifikasyona hazırdır.

5. DENEYSEL SONUÇLAR

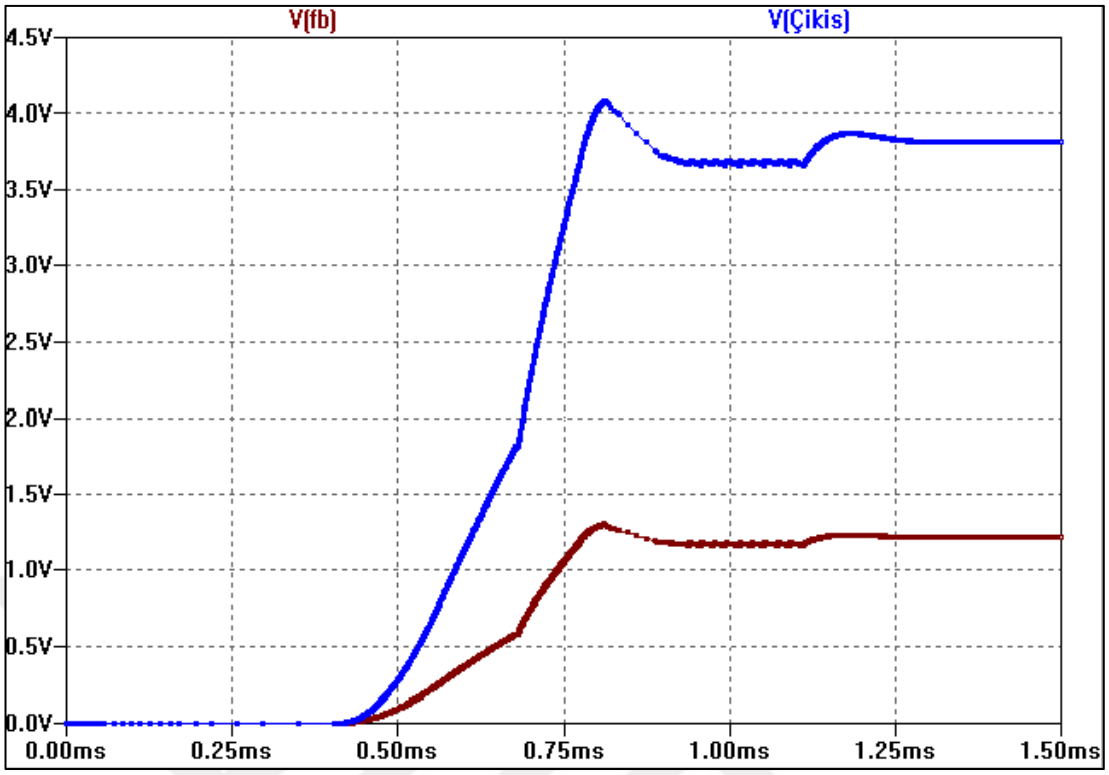
5.1. Güç Giriş Benzetimi

Devrenin güç girişinde bulunan gerilim yükseltici devre Şekil 5.1'de gösterildiği gibi SPICE modeli ve devresi hazırlanarak benzetim işlemi yapılmıştır. Elde edilen sonuç ise Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Gerilim yükseltici benzetim devresi

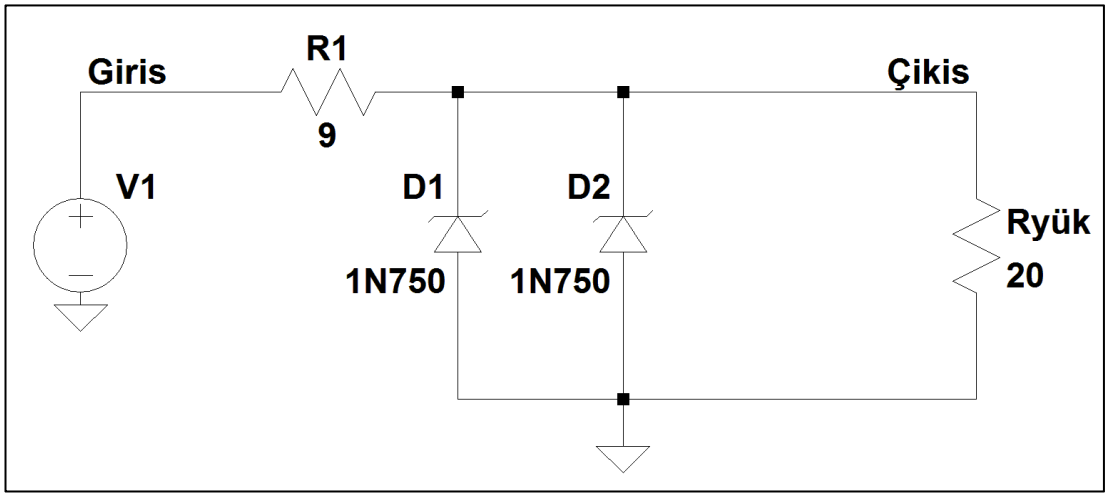
Şekil 5.2'de gösterildiği gibi gerilim yükseltici devre girişine uygulanan 1,5 V gerilimi belli bir süre sonra istenilen 3,8 V seviyesine yükseltmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta Geri Besleme ucu (V_{fb}) 1,22 V değerinden farklı iken çıkış gerilimi istenilen 3,8 V seviyesini geçmektedir. Yukarıda tasarım bölümünde anlatılan ve geri besleme ucunda olabilecek bir farklı değerin çıkışı nasıl etkilediği görülmektedir.



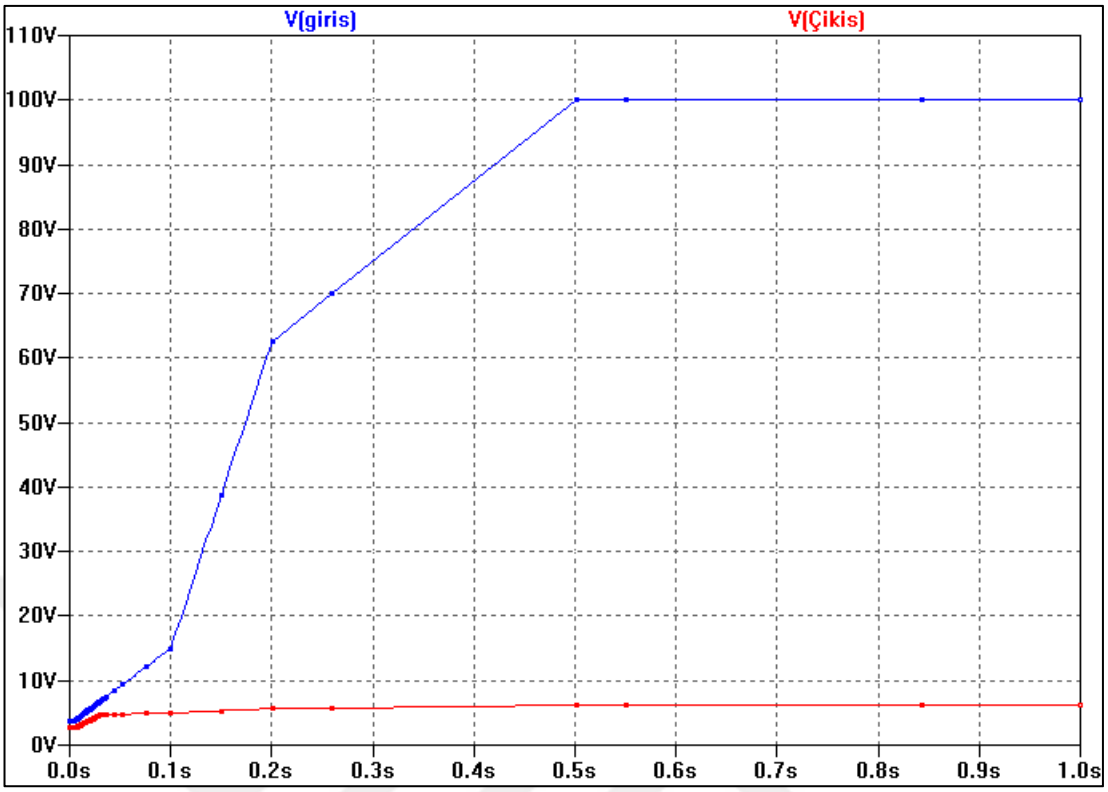
Şekil 5.2. Gerilim yükseltici devre giriş çıkış gerilimleri

5.2. Güç Çıkış Benzetimi

Benzetim devresinde her şey ideal kabul edildiğinden gerilim yükseltici devrenin girişini değiştirmek yerine devrenin çıkış gerilimini yüksek gerilim seviyelerine getirerek çıkış geriliminin değişimini izlemek için Şekil 5.3'de gösterilen devre kullanılmıştır. Burada kullanılan zener diyotların gerilimi devrede kullanılanlar ile aynı olup 4,7 V'tur.



Şekil 5.3. Gerilim yükseltici çıkış benzetim devresi

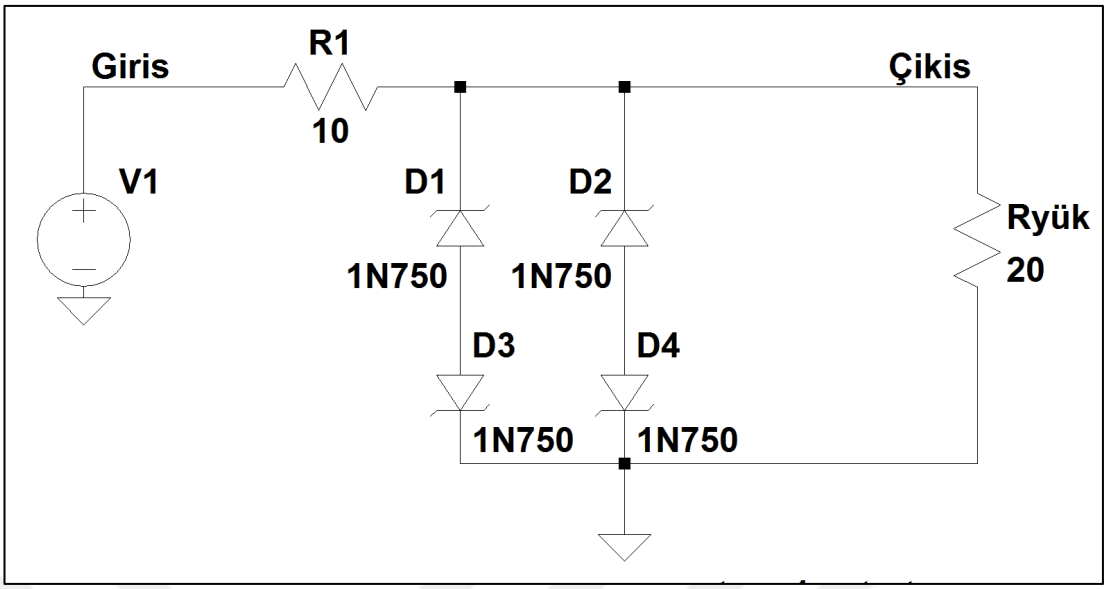


Şekil 5.4. Gerilim yükseltici devre çıkışı ve zener gerilimi

Şekil 5.4'de çıkış gerilimi 100 V seviyelerine yükseldiğinde bile çıkışa konulan zener diyotlar ve akım sınırlayıcı direnç sayesinde devrenin diğer kısımlarına giden gerilim belirli bir seviyede sınırlandırılmıştır. En yüksek giriş gerilimi olan 100 V seviyesinde zener diyot üzerine düşen gerilim 4,95 V olmaktadır. Bu da yaklaşık 5 V olarak kabul edilebilir. Bu sayede olası bir patlama riski ortadan kaldırılmıştır.

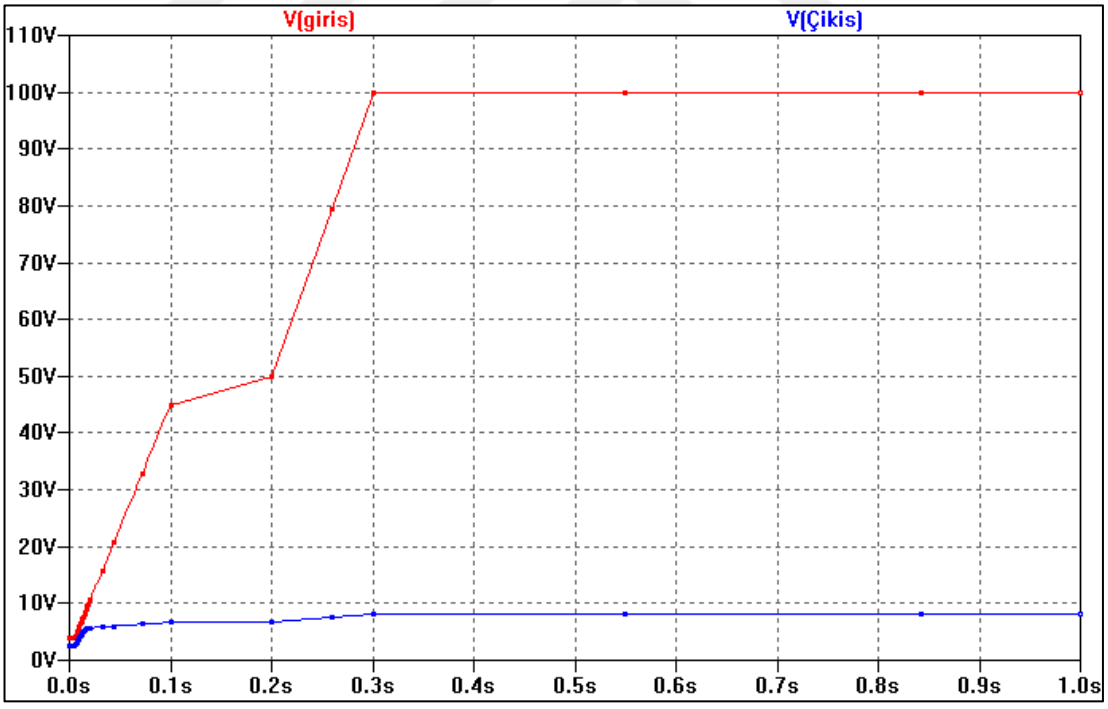
5.3. İletişim Hattı Benzetimi

RS485 ve CAN-bus seri iletişim hatlarında kullanılan zener diyotlar Şekil 5.5'da görüldüğü gibi farklı bir şekilde bağlanmıştır. Bunun nedeni kullanılan iletişim hattının farksal yapıda olmasındandır. Bunun anlamı t anında pozitif uçta lojik olarak "1" seviyesinde gerilim varken diğer hatta lojik olarak "0" seviyesinde gerilim vardır. Bu nedenle koruma amaçlı kullanılan zener diyotlar Şekil 5.5'da gösterildiği gibi kullanılmıştır.



Şekil 5.5. Farksal iletişim hatları benzetim devresi

Şekil 5.6'de farksal iletişim hattına koruma amaçlı konulan zener diyotların hat gerilimini yüksek gerilim değerlerinde nasıl sabit tuttuğu görülmektedir.



Şekil 5.6. Farksal iletişim hattı gerilim değişimi

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada patlama riski olan ortamlar hakkında genel bilgiler verilmiş ve tanımlar ile birlikte ilgili ortamlar için korunma yöntemleri açıklanmıştır. Patlama riski bulunan ortamlar günümüzde sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada bu tip ortamlarda çalışabilecek örnek bir sistem tasarımı yapılmıştır. Burada yapılan örnek uygulama tasarım ve sertifikasyon adımları, yine ilgili alanda çalışan ya da çalışacak olan meslektaşlarımıza bir rehber niteliğinde olup faydalı bir çalışma olacağı değerlendirilmektedir.

Patlama riski bulunan ortam denildiğinde ilk akla gelen ortam maden ocaklarıdır. Fakat sanayide patlama riski bulunan ortamlar ile sıklıkla karşılaşılmaktadır. Petrokimya tesisleri, kimyasal üretim tesisleri, metal üretim tesisleri vb. pek çok patlama riski bulunan çalışma alanı bulunmaktadır. Bu tip ortamlarda çalışacak donanımların gerekli şartları sağlıyor olması öncelikle can kaybı olmak üzere oluşabilecek kayıplara karşı alınabilecek en önemli tedbirdir. Burada anlatılan güvenlik tedbirlerine gerekli dikkat ve önem gösterilmediğinde kayıplar çok fazla olabilmektedir.

Bu çalışmada anlatılan örnek uygulamanın özellikleri incelendiğinde, sistemin koruma sınıfı “Kendinden Emniyetli” olarak belirlenmiştir. Çalışma ortamı da yine zor bir ortam olan hidrojen gazı bulunan ortam seçilmiştir. Bu gereksinimleri sağlayan örnek bir ölçüm ya da sensör devresi olarak adlandırabileceğimiz sistemin pek çok uygulama noktası bulunmaktadır. Sistem Grup IIC sınıfına göre kendinden emniyetli olarak tasarlandığından daha düşük tehlikeli ortamlarda rahatlıkla kullanılabilir. Örnek vermek gerekirse, günlük hayatımızın bir parçası olan doğalgaz bulunan ortamları düşünürsek, tasarlanan sistem geliştirilerek doğalgaz terminalleri, mahalle ve evlerimizde bulunan doğalgaz birimlerinde kullanılabilen bir sistem haline getirilebilir. Bu tip tehlikeli ortamlarda yapılabilecek ölçüm, acil durum çağrısı gibi hizmetler için kablosuz (internet vb.) iletişim altyapısı kullanılarak uzaktan hızlı bir şekilde çalışan bir sensör ağı sistemi yapılabilir. Bu şekilde kurulacak sensör ağı ile doğalgaz uygulamalarında güvenlik seviyesi arttırılabilir.

Yapılan örnek uygulamada kullanılan bileşenler özellikle sanayide sıklıkla kullanılan birimlere yönelik seçilmiştir. Sistemde kullanılan seri iletişim arayüzleri RS485 ve CAN-bus sanayide sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle CAN-bus sensör ağlarında ve güvenliğin ön planda olduğu uygulamalarda çok sık kullanılmaktadır. Sistemde kullanılan 2,4GHz frekansında haberleşen kablosuz modüller ise günümüzün en çok kullanılan kablosuz iletişim protokolüdür. Cep telefonlarından, modem, kulaklık gibi pek çok üründe bu frekansta çalışan kablosuz modüller kullanılmaktadır. Ayrıca sistem bir sensör olarak tasarlandığından yine sanayide en çok kullanılan uygulamalardan olan gerilim ve sıcaklık ölçümü yapabilmektedir. Kullanılan bu temel bileşenler ile seçilen zor çalışma ortamında yapılan kendinden güvenlikli sistem tasarımı bu konuda yapılabilecek en güzel örneklerden biridir.

Türkiye'de patlama riski bulunan ortamlarda çalışma ve bu ortamlarda kullanılacak donanımlar ile ilgili başta çalışan sağlığı olmak üzere pek çok düzenleme yurtdışından çok sonra yürürlüğe girmiştir. Bu tip ortamların önemi son zamanlarda anlaşılmaya başlamıştır. Halen ülkemizde madenler başta olmak üzere burada anlatılan önlemler yeterince alınmadığından yüzlerce kişi yaşamını yitirmektedir. Bu çalışmanın gerekli bilincin oluşmasında katkı sağlayacağı umulmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Roder C., Legal Requirements of Certifying Explosion Protected Equipment, Ex-Proof Training Material (Unpublished), *TüV-NORD CERT GmbH*, 2015.

[2] Roder C., General Requirements for Electrical Devices for Use in Explosion Hazardous Areas, Ex-Proof Training Material (Unpublished), *TüV-NORD CERT GmbH*, 2015.

[3] Roder C., General Requirements for Intrinsically Safe Devices, Ex-Proof Training Material (Unpublished), *TüV-NORD CERT GmbH*, 2015.

[4] Roder C., Requirements for Quality Management System According EN ISO/IEC 80079-34:2011, Ex-Proof Training Material (Unpublished), *TüV-NORD CERT GmbH*, 2015.

[5] Roder C., Requirements for Quality Management System According EN ISO/IEC 80079-34:2011, Ex-Proof Training Material (Unpublished), *TüV-NORD CERT GmbH*, 2015.

[6] Sarı M. K., *Patlayıcı Ortamlar ve Patlayıcı Ortamlarda Kullanılan Elektrik Aygıtları Hakkında Genel Bilgi*, 2.Baskı, Elektrik Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, 2011.

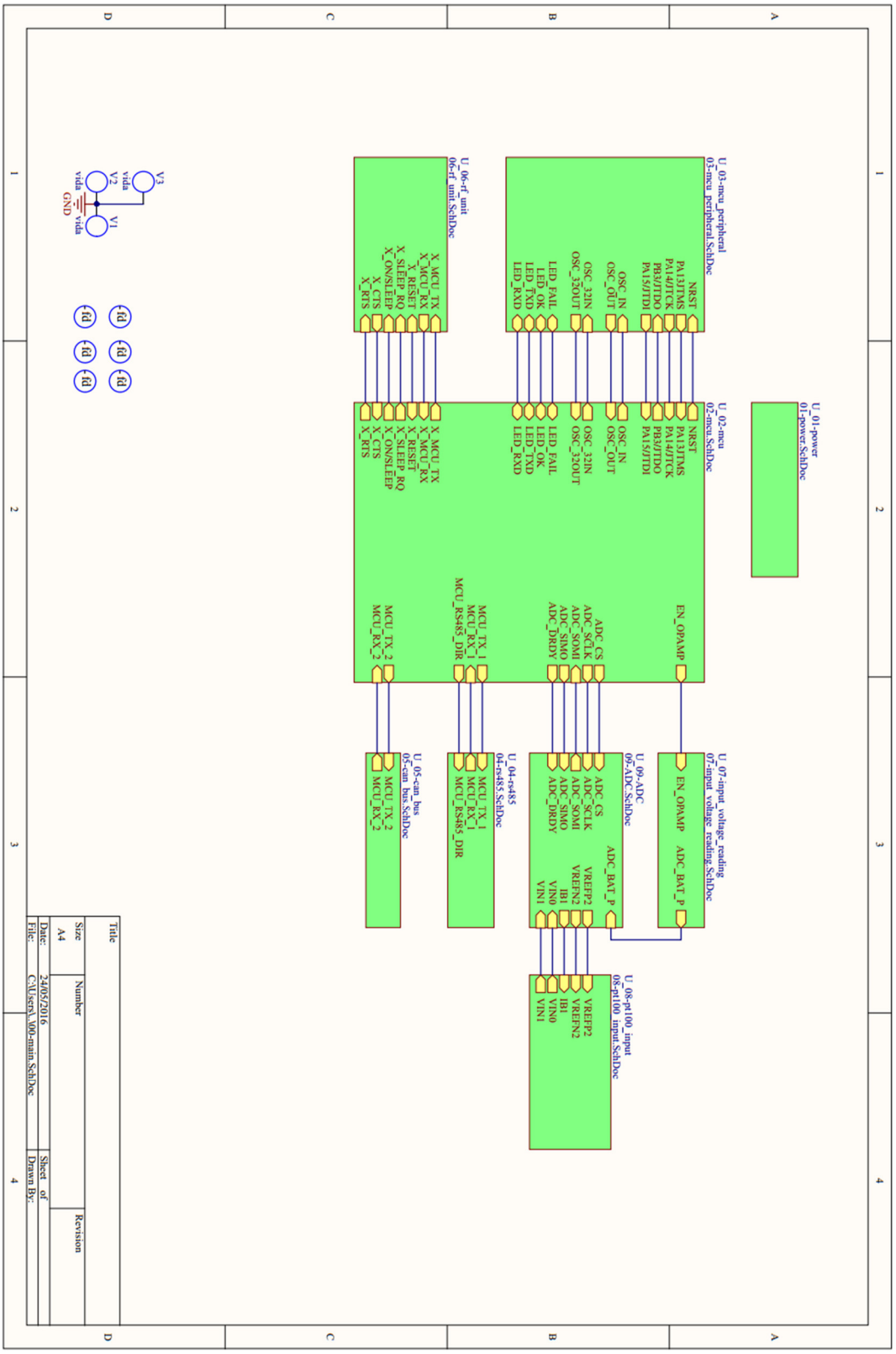
[7] Özbay H., Tehlikeli Bölgede Güvenlik, *I.Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi*, İzmir, Türkiye, 3-5 Aralık1999.

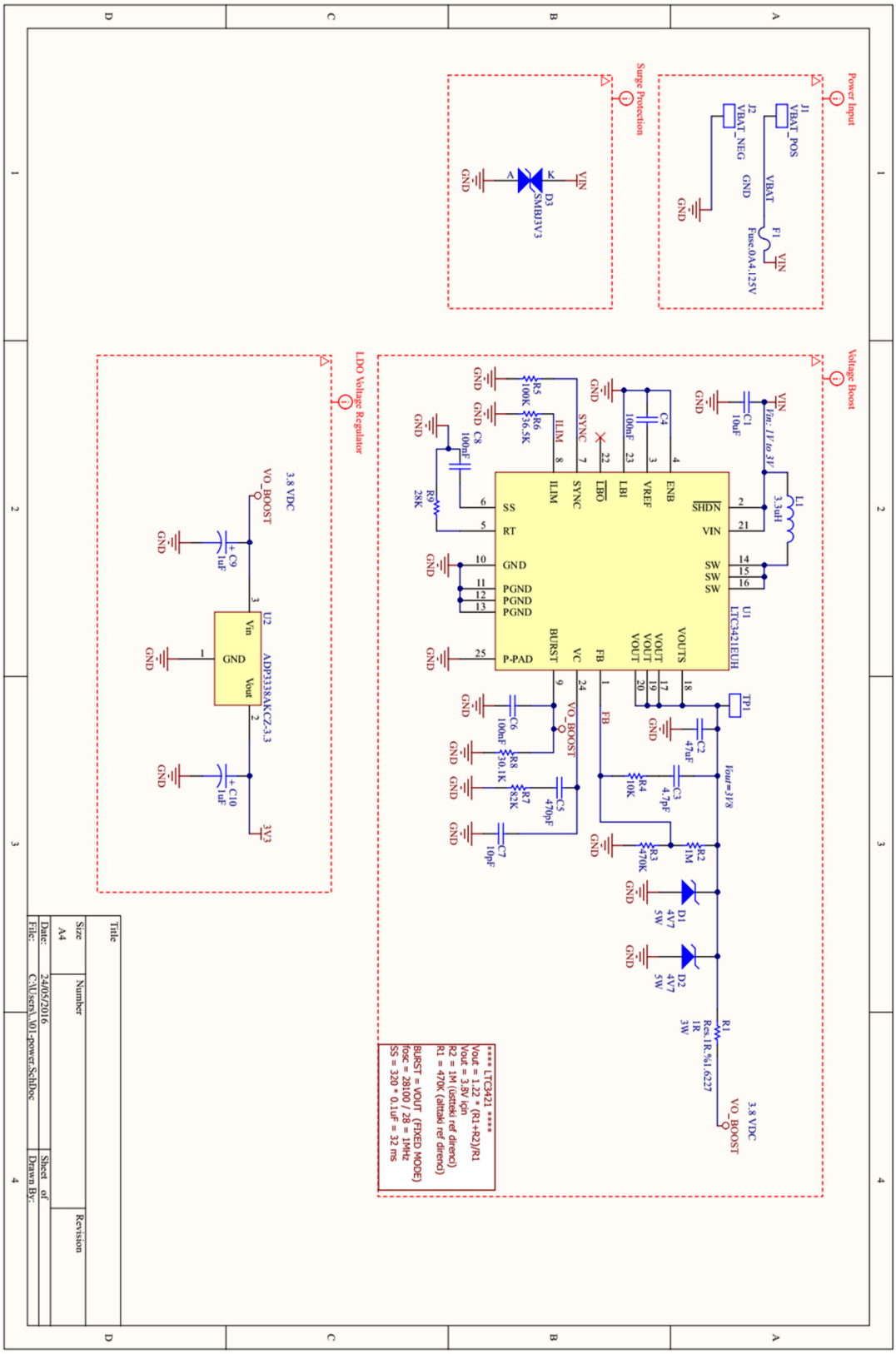
[8] Parlak E., Patlama Riskli Ortamlarda Kullanılacak Ekipman Seçimi ve Patlama Korumalı (Ex-Proof) Malzemeler, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2008, 233236.

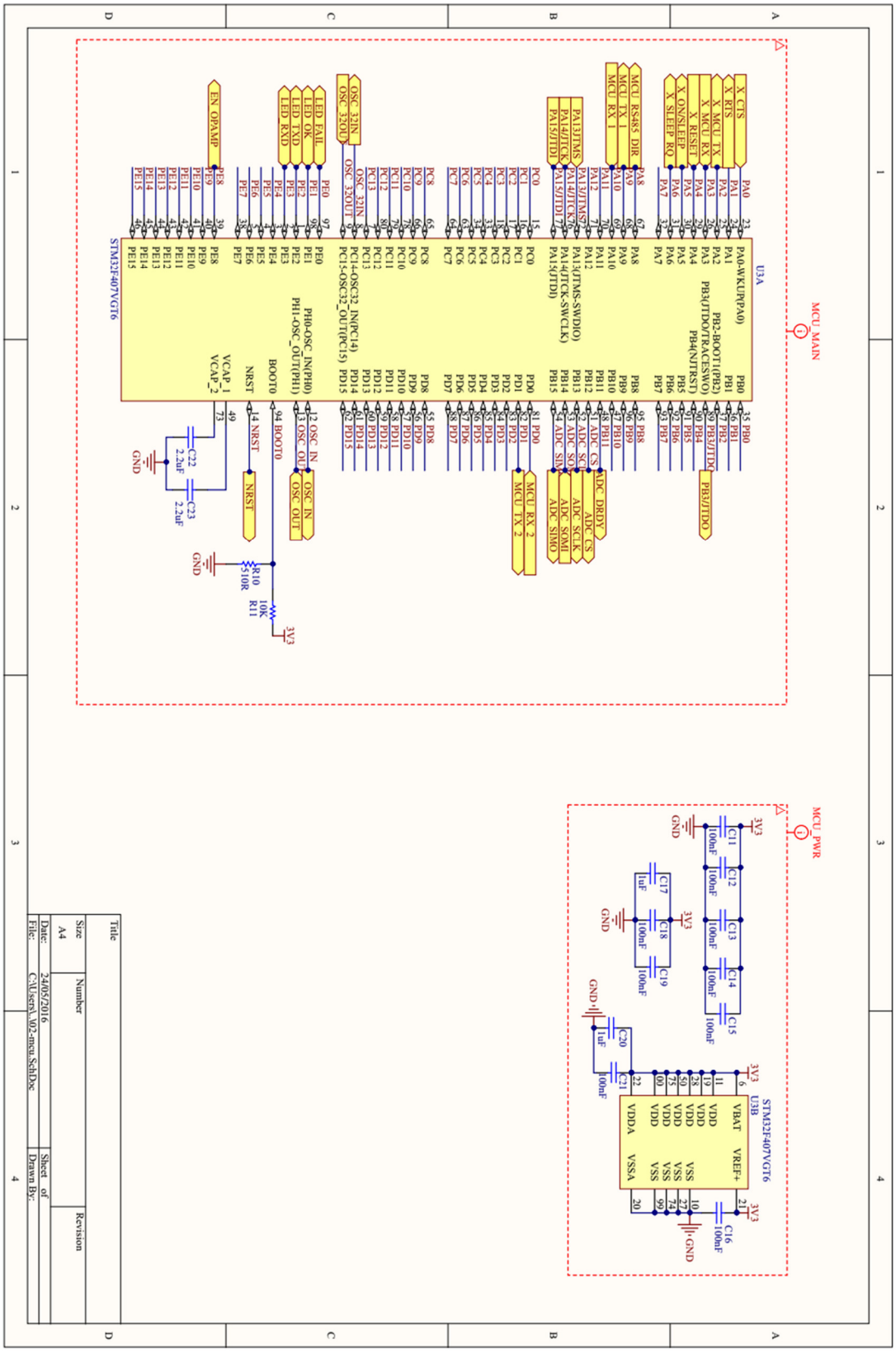
EKLER

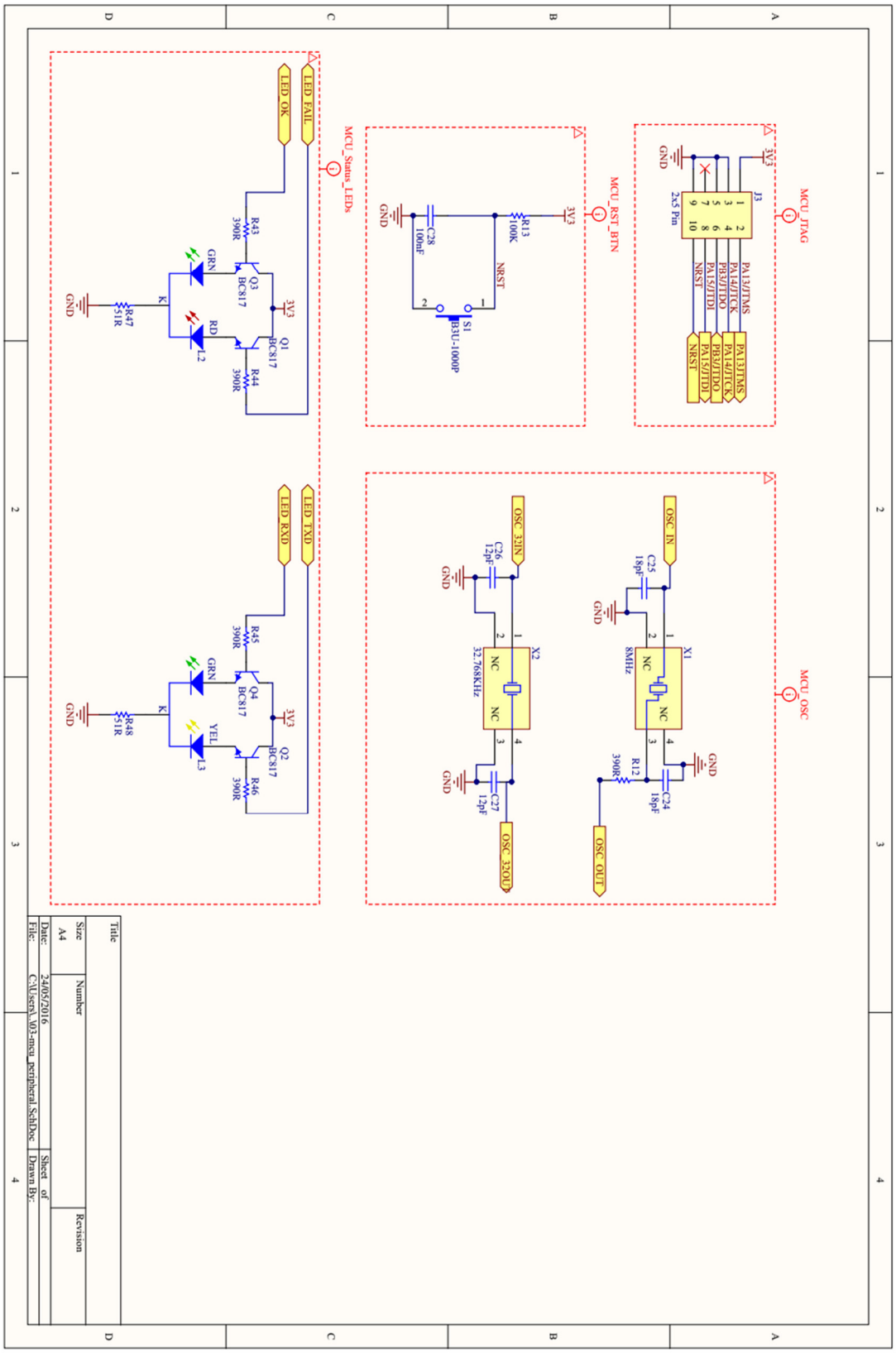
Ek-A

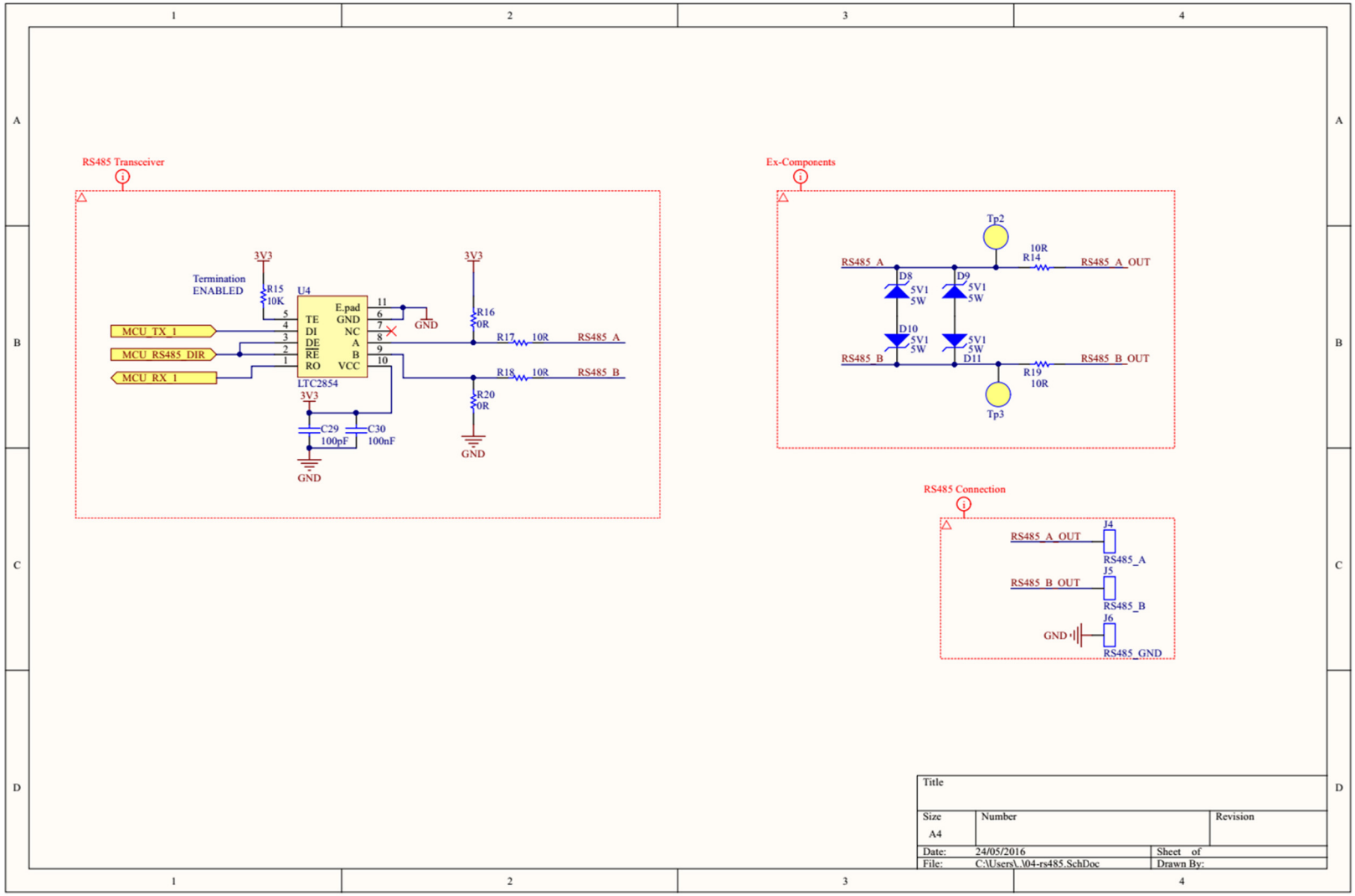
Devre Şemaları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

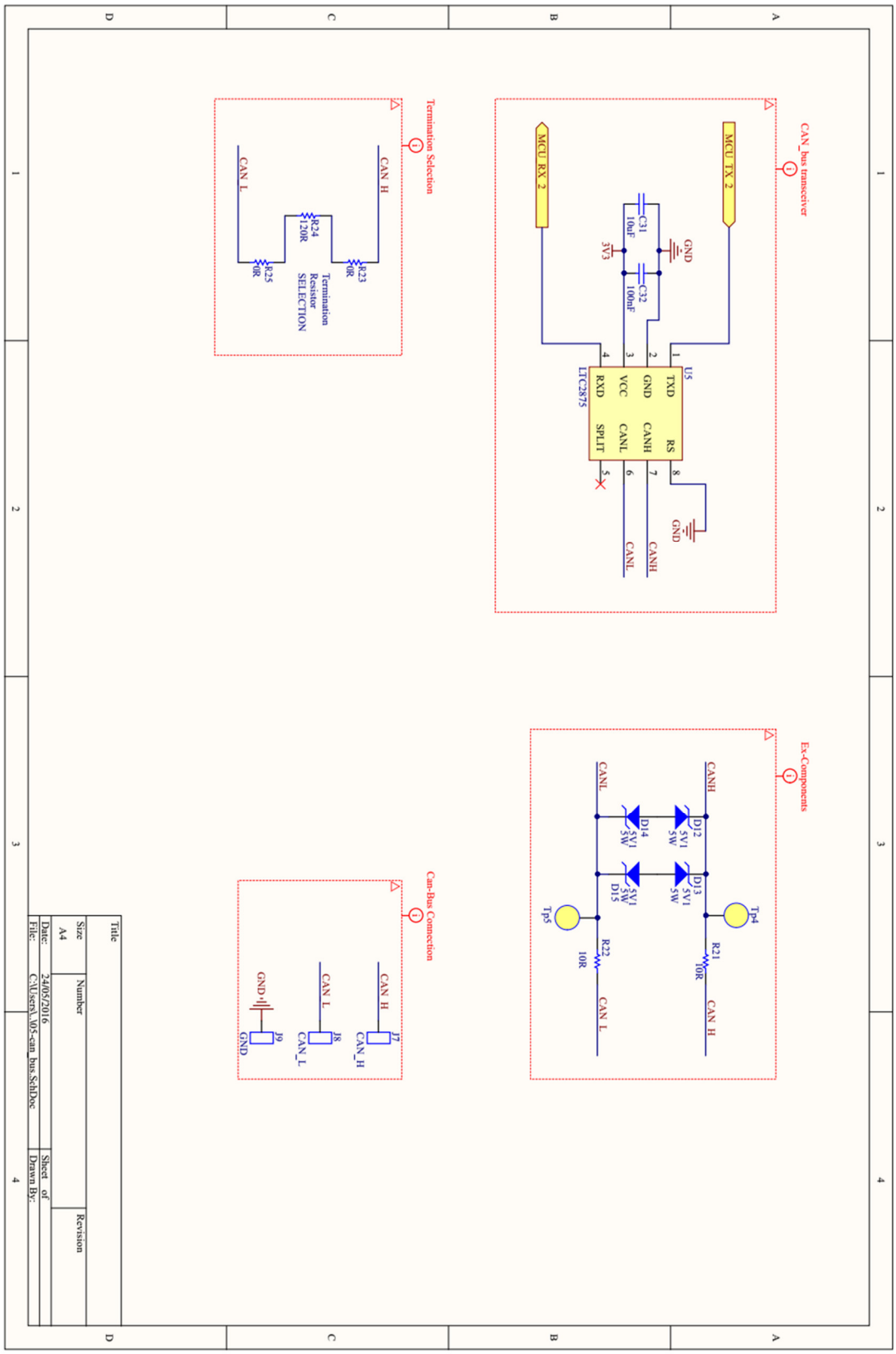


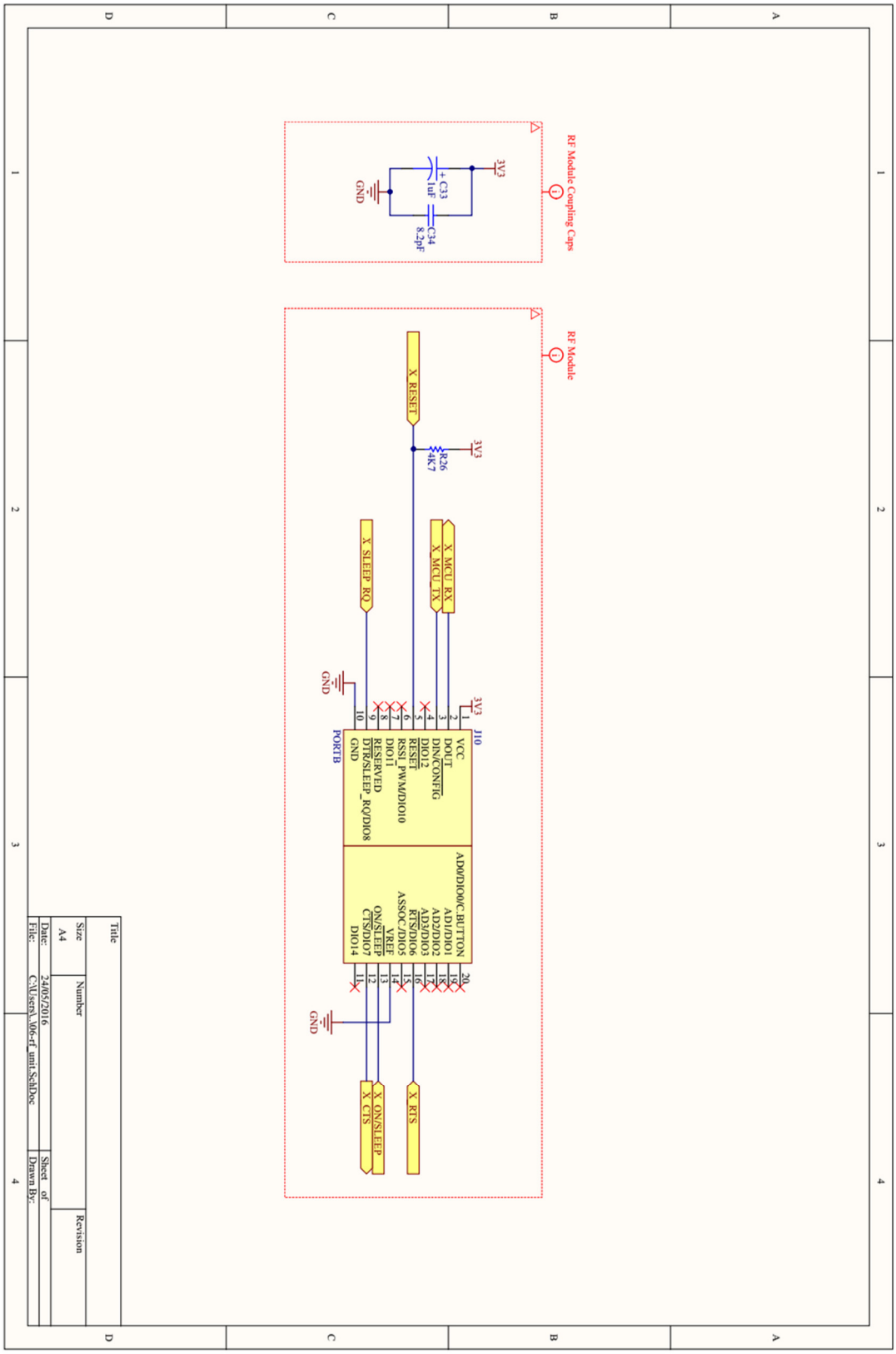

Power Input
J1
VBAT_POS
J2
VBAT_NEG
VBAT
GND
F1
Fuse.0A4.125V
VIN
Surge Protection
D3
SMBJ3V3
Voltage Boost
U1
LTC3421EUH
L1
3.3uH
C1
10uF
C2
47uF
C3
4.7pF
C4
100nF
C5
470pF
C6
100nF
C7
10pF
C8
100nF
C9
1uF
C10
1uF
R1
Res.1R.%1.6227
1R
3W
R2
1M
R3
470K
R4
10K
R5
100K
R6
36.5K
R7
82K
R8
30.1K
R9
28K
D1
4V7
5W
D2
4V7
5W
TP1
Vout=3V3
3.8 VDC
VO_BOOST
SHDN
VIN
SW
SW
SW
PGND
PGND
PGND
GND
SS
RT
ILIM
SYNC
LBO
LBI
VREF
ENB
VOUTS
VOUT
VOUT
VOUT
FB
VC
BURST
P-PAD
**** LTC3421 ****
Vout = 1.22 * (R1+R2)/R1
Vout = 3.8V için
R2 = 1M (üsttaki ref direnci)
R1 = 470K (alttaki ref direnci)
BURST = VOUT (FIXED MODE)
fosc = 28100 / 28 = 1MHz
SS = 320 * 0.1uF = 32 ms
LDO Voltage Regulator
U2
ADP3338AKCZ-3.3
Vin
GND
Vout
3V3
Title
Size
A4
Number
Revision
Date:
24/05/2016
Sheet of
File:
C:\Users\...\01-power.SchDoc
Drawn By:

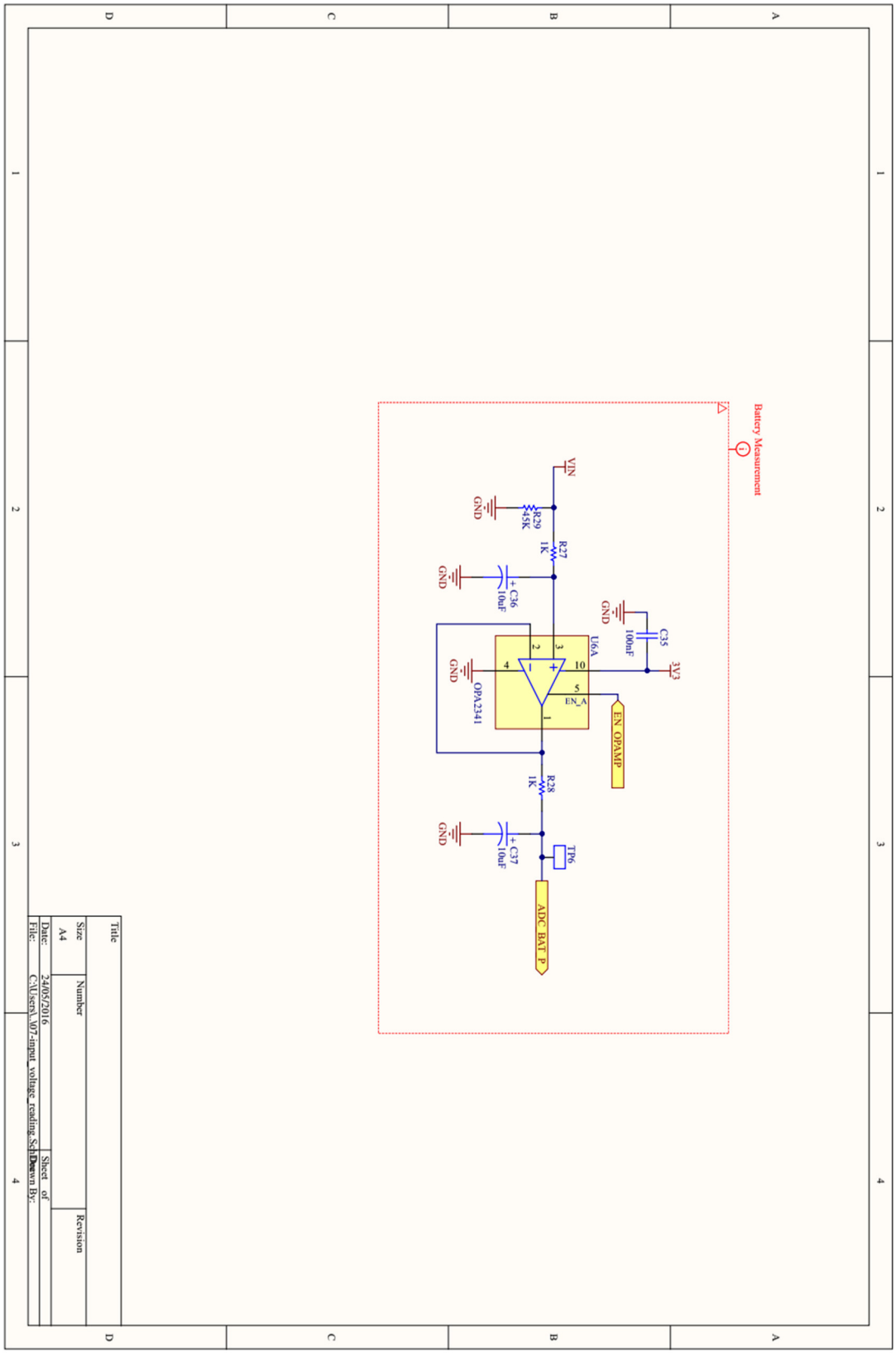

MCU_MAIN
MCU_PWR
U3A
STM32F407VGT6
U3B
STM32F407VGT6
X_CTS
X_RTS
X_MCU_TX
X_MCU_RX
X_RESET
X_ONSLEEP
X_SLEEP_RQ
MCU_RS485_DIR
MCU_TX_1
MCU_RX_1
PA13(JTMS-SWDIO)
PA14(JTCK-SWCLK)
PA15(JTDI)
PB3(JTDO)
OSC_32IN
OSC_32OUT
LED_FAIL
LED_OK
LED_TXD
LED_RXD
EN_OPAMP
PH0-OSC_IN(PH0)
PH1-OSC_OUT(PH1)
NRST
BOOT0
VCAP_1
VCAP_2
MCU_RX_2
MCU_TX_2
ADC_CS
ADC_SCLK
ADC_SOMI
ADC_SIMO
ADC_DRDY
ADC_RST
3V3
GND
C11 100nF
C12 100nF
C13 100nF
C14 100nF
C15 100nF
C16 100nF
C17 1uF
C18 100nF
C19 100nF
C20 1uF
C21 100nF
C22 2.2uF
C23 2.2uF
R10 10K
R11 510R
Title
Size A4
Number
Revision
Date: 24/05/2016
File: C:\Users\..\02-mcu.SchDoc
Sheet of
Drawn By:

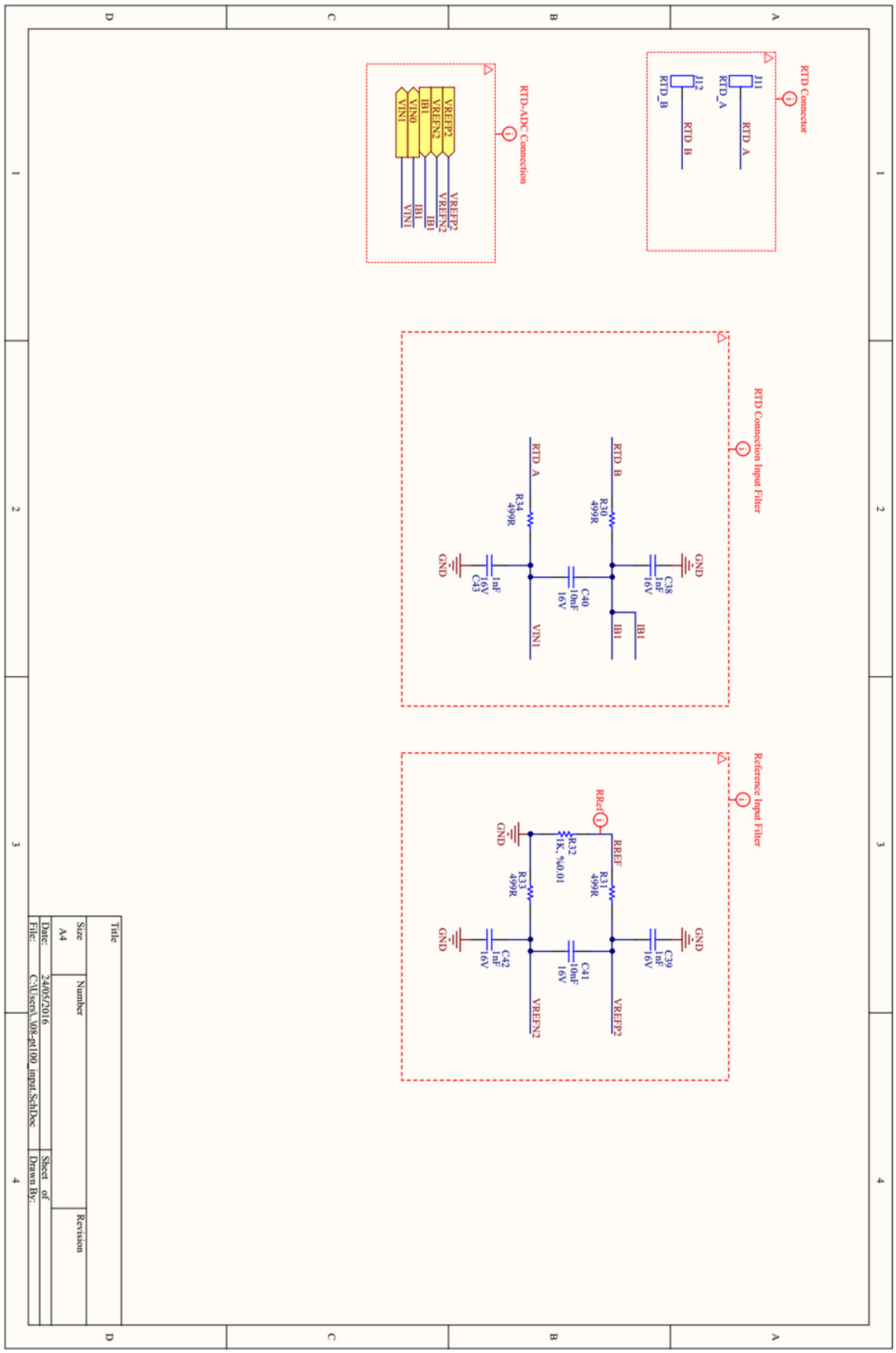

MCU_JTAG
3V3
GND
J3
2x5 Pin
PA13/JTMS
PA14/JTCK
PB3/JTDO
PA15/JTDI
NRST
MCU_RST_BTN
R13
100K
C28
100nF
S1
B3U-1000P
MCU_OSC
OSC_IN
OSC_OUT
X1
8MHz
C25
18pF
C24
18pF
R12
390R
OSC_32IN
OSC_32OUT
X2
32.768KHz
C26
12pF
C27
12pF
MCU_Status_LEDs
LED_FAIL
LED_OK
LED_RXD
LED_TXD
R43
390R
R44
390R
R45
390R
R46
390R
R47
51R
R48
51R
Q1
BC817
Q2
BC817
Q3
BC817
Q4
BC817
GRN
RD
YEL
L2
L3
K
Title
Size
A4
Number
Revision
Date:
24/05/2016
Sheet
of
File:
C:\Users\...\03-mcu_peripheral.SchDoc
Drawn By:

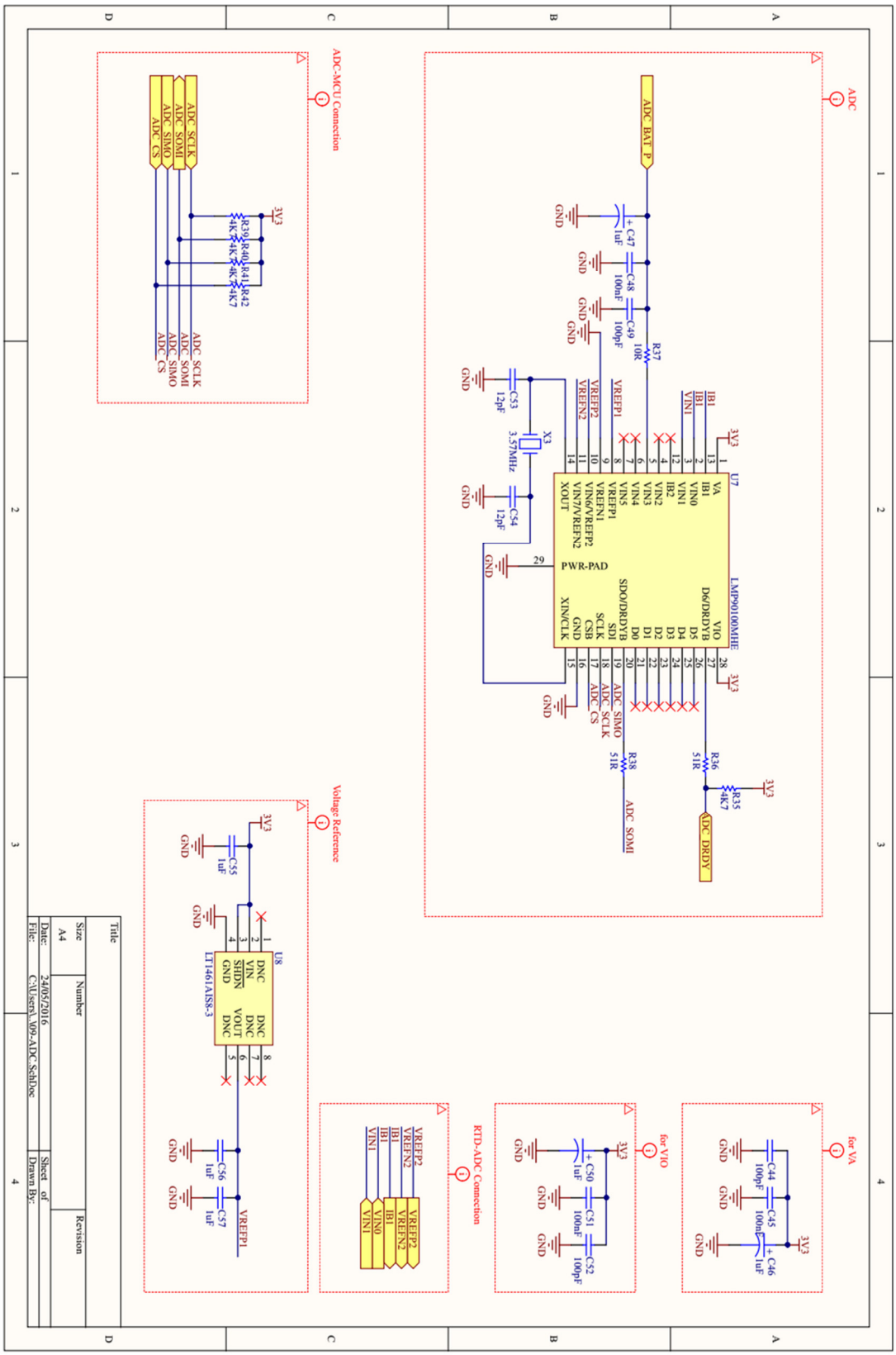

RS485 Transceiver
Termination
ENABLED
3V3
R15
10K
U4
E.pad
TE
DI
DE
RE
RO
GND
NC
A
B
VCC
LTC2854
MCU_TX_1
MCU_RS485_DIR
MCU_RX_1
R16
0R
R17
10R
RS485_A
R18
10R
RS485_B
R20
0R
C29
100pF
C30
100nF
Ex-Components
Tp2
Tp3
R14
10R
RS485_A_OUT
D8
D9
D10
D11
5V1
5W
R19
10R
RS485_B_OUT
RS485 Connection
J4
J5
J6
RS485_A
RS485_B
RS485_GND
Title
Size
A4
Number
Revision
Date:
24/05/2016
Sheet of
File:
C:\Users\..\04-rs485.SchDoc
Drawn By:


CAN_bus transceiver
MCU TX_2
MCU RX_2
GND
C31
10nF
3V3
C32
100nF
U5
LTC2875
TXD
GND
VCC
RXD
RS
CANH
CANL
SPLIT
CANH
CANL
Termination Selection
CAN_H
CAN_L
R24
120R
R23
0R
R25
0R
Termination
Resistor
SELECTION
Ex-Components
CANH
CANL
D12
5V1
5W
D13
5V1
5W
D14
5V1
5W
D15
5V1
5W
Tp4
Tp5
R21
10R
R22
10R
CAN_H
CAN_L
Can-Bus Connection
CAN_H
CAN_L
GND
J7
J8
J9
CAN_H
CAN_L
GND
Title
Size
A4
Number
Revision
Date:
24/05/2016
Sheet of
File:
C:\Users\...\05-can_bus.SchDoc
Drawn By:


RF Module Coupling Caps
3V3
C33
1uF
C34
8.2pF
GND
RF Module
X_RESET
R26
4K7
X_MCU_RX
X_MCU_TX
X_SLEEP_RQ
J10
VCC
DOUT
DIN/CONFIG
DIO12
RESET
RSSI_PWM/DIO10
DIO11
RESERVED
DTR/SLEEP_RQ/DIO8
GND
PORTB
ADC0/DIO0/C.BUTTON
AD1/DIO1
AD2/DIO2
AD3/DIO3
RTS/DIO6
ASSOC/DIO5
VREF
ON/SLEEP
CTS/DIO7
DIO14
X_CTS
X_ON/SLEEP
X_RTS
Title
Size
A4
Number
Revision
Date:
24/05/2016
Sheet of
File:
C:\Users\...\06-rf_unit.SchDoc
Drawn By:


Battery Measurement
VIN
R29
45K
R27
1K
C36
10uF
GND
C35
100nF
3V3
U6A
OPA2341
EN_A
EN_OPAMP
R28
1K
C37
10uF
TP6
ADC_BAT_P
Title
Size
A4
Number
Revision
Date:
24/05/2016
Sheet of
File:
C:\Users\...\07-input_voltage_reading.SchDoc
Drawn By:


RTD Connector
J11
RTD_A
J12
RTD_B
RTD_A
RTD_B
RTD-ADC Connection
VREFP2
VREFN2
IB1
VIN0
VIN1
VREFP2
VREFN2
IB1
IB1
VIN1
RTD Connection Input Filter
RTD_B
R30
499R
C38
1nF
16V
GND
C40
10nF
16V
IB1
IB1
RTD_A
R34
499R
C43
1nF
16V
GND
VIN1
Reference Input Filter
RRef
RREF
R31
499R
R32
1K, %0.01
GND
C39
1nF
16V
GND
VREFP2
R33
499R
C42
1nF
16V
GND
C41
10nF
16V
VREFN2
Title
Size
A4
Number
Revision
Date:
24/05/2016
Sheet of
File:
C:\Users\..\68-pt100_input.SchDoc
Drawn By:


ADC
ADC_BAT_P
C47 1uF
C48 100nF
C49 100pF
R37 10R
VREFP2
VREFN2
VREFP1
IB1
IB1
VIN1
3V3
U7
LMP90100MHE
PWR-PAD
29
X3
3.57MHz
C53 12pF
C54 12pF
R36 51R
R38 51R
R35 4K7
ADC_DRDY
ADC_SIMO
ADC_SOMI
ADC_SCLK
ADC_CS
GND
ADC-MCU Connection
R39 4K7
R40 4K7
R41 4K7
R42 4K7
Voltage Reference
U8
LT1461AISK-3
C55 1uF
C56 1uF
C57 1uF
VREFP1
for VA
C44 100pF
C45 100nF
C46 1uF
for VIO
C50 1uF
C51 100nF
C52 100pF
RTD-ADC Connection
VREFP2
VREFN2
IB1
VIN0
VIN1
Title
Size
A4
Number
Revision
Date:
24/05/2016
File:
C:\Users\...\09-ADC.SchDoc
Sheet of
Drawn By:

Ek-B

Elektronik devrede kullanılan malzemeler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

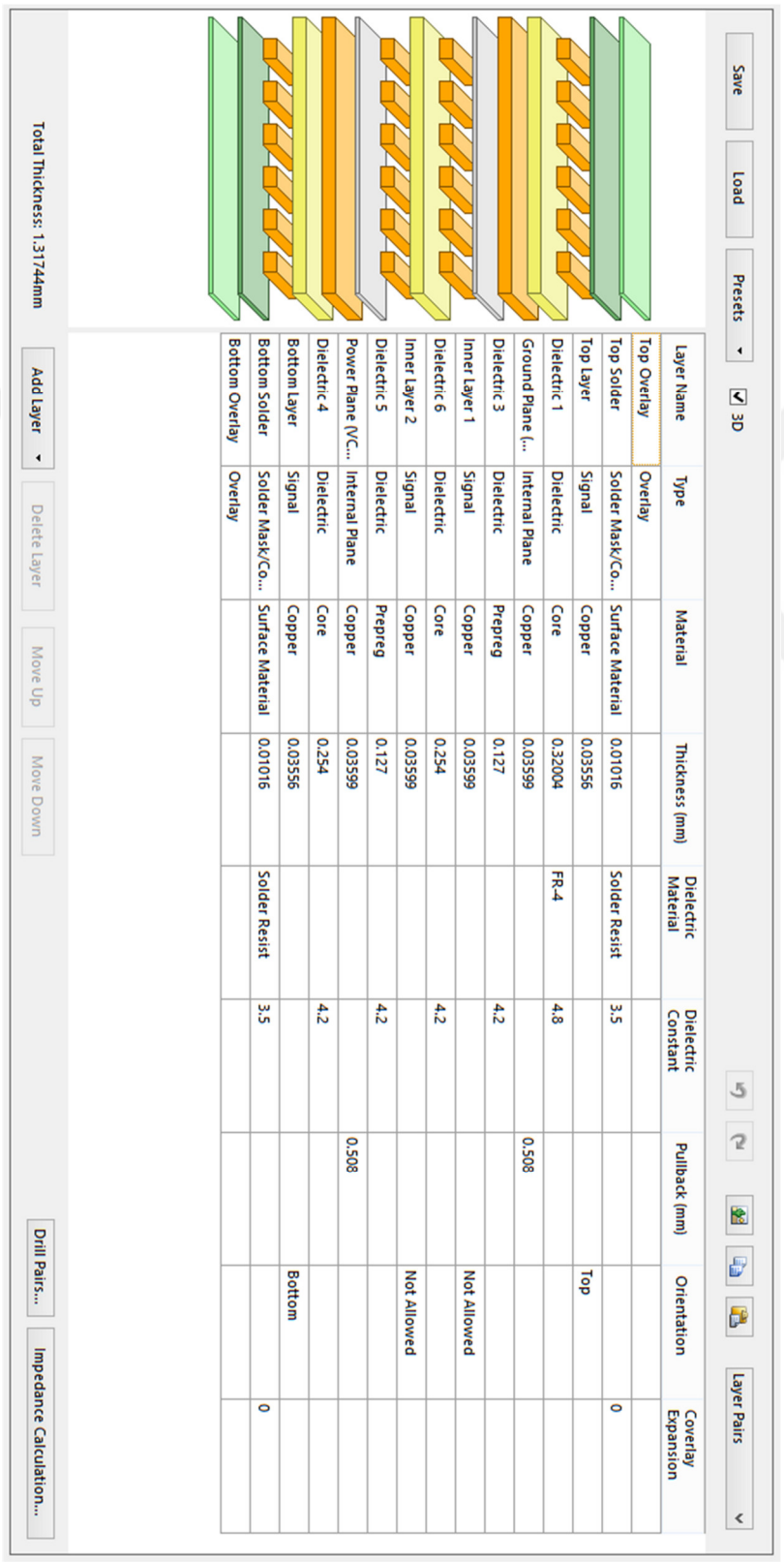
Malzeme	Açıklama	Quantity	Value
C1, C31	10uF, 6.3V X5R, 0805	2	10uF
C2	47uF, 1210, 6.3V X5R	1	47uF
C3	4.7pF, 0603, NPO, 50V	1	4.7pF
C4, C6, C8, C32	100nF, 0603, X7R, 50V	4	100nF
C5	470pF, 0603, NPO, 50V	1	470pF
C7	10pF, 0603, NPO, 100V	1	10pF
C9, C10, C33, C46, C47, C50	1uF, TANTAL, A-SIZE, 16V	6	1uF
C11, C12, C13, C14, C15, C16, C18, C19, C21, C28	Ceramic Capacitor	10	100nF
C17, C20	Ceramic Capacitor	2	1uF
C22, C23	Ceramic Capacitor	2	2.2uF
C24, C25	Ceramic Capacitor	2	18pF
C26, C27	Ceramic Capacitor	2	12pF
C29	100pF 50V 0402 NPO	1	100pF
C30	100nF 16V 0402 %10 X7R	1	100nF
C34	8.2pF, 0603, NPO, 50V,	1	8.2pF
C35, C45, C48, C51	100nF, 0603, X7R, 50V	4	100nF
C36, C37	10uF, TANTAL, A-SIZE, 16V	2	10uF
C38, C39, C42, C43	Ceramic Capacitor	4	1nF
C40, C41	Ceramic Capacitor	2	10nF
C44, C49, C52	100pF, 0603, NPO, 100V	3	100pF
C53, C54	12pF, 0603, NPO, 100V	2	12pF
C55, C56, C57	1uF, 0603, X7R, 16V, %10	3	1uF
D1, D2		2	4V7
D3	SMBJ3V3, 3V3 TVS diode	1	SMBJ3V3
D8, D9, D10, D11, D12, D13, D14, D15	Ex_Component : Zener Diode 5.1V/5W	8	5V1
F1	Sigorta	1	0A4
L1	3.3uH, RLF7030T-3R3M4R1	1	3.3uH
L2	LTL-30EFJ - Red-Green	1	LTL-30EFJ - Red-Green
L3	LTL-30EDJ - Yellow-Green	1	LTL-30EDJ - Yellow-Green

Q1, Q2, Q3, Q4	NPN Transistor	4	BC817
R1	wirewound	1	1R
R2	1M, 0603, %1	1	1M
R3	470K, 0603, %1	1	470K
R4	10K, 0603, %1	1	10K
R5	100K, 0603, %1	1	100K
R6	36.5K, 0603, %1	1	36.5K
R7	82K, 0603, %1	1	82K
R8	30.1K, 0603, %1	1	30.1K
R9	28K, 0603, %1	1	28K
R10	Resistor	1	510R
R11	Resistor	1	10K
R12	Resistor	1	390R
R13	Resistor	1	100K
R14, R19, R21, R22	Ex_Component : Resistor 10R/2W	4	10R
R15	10K 40mW %1 0402	1	10K
R16, R20, R23, R25	0R 0402	4	0R
R17, R18	10R 63mW %1 0402	2	10R
R24	120R 70mW %1 0603	1	120R
R26, R35, R39, R40, R41, R42	4K7, 0603, %1	6	4K7
R27, R28	1K, 0603, %1	2	1K
R29	45K, 0603, %1	1	45K
R30, R31, R33, R34	Ex_Component : Resistor 499R/0.125W	4	499R
R32	1K, 0805, %0.01	1	1K, %0.01
R36, R38	51R, 0603, %1	2	51R
R37	10R, 0603, %1	1	10R
R43, R44, R45, R46	390R, 0603, %1	4	390R
R47, R48	51R, 0603, %1	2	51R
S1	Push Button	1	B3U-1000P
U1	LTC3421EUH, 3A, 3MHz, Synchronous Step-Up DC/DC Converter	1	LTC3421EUH
U2	ADP3338, 3.3V, 1A, LDO, Anycap	1	ADP3338AKCZ-3.3
U3	MCU	1	
U4	LTC2854IDD 3.3V 20Mbps RS485/RS422 Transceivers with Integrated Switchable Termination	1	LTC2854
U5	LTC2875	1	LTC2875

U6		1	OPA2341
U7	LMP90100, Multi-Channel, Low Power 24-Bit Sensor AFE	1	LMP90100MHE
U8	LT1461AIS8-3, 3V Voltage Reference	1	LT1461AIS8-3
V1, V2, V3	M3 vida	3	
X1	XTAL	1	8MHz
X2	32768Hz SMD Crystal Oscillator	1	32.768KHz
X3	3.57MHz, 30ppm, ECS-35-18-4XEN	1	3.57MHz

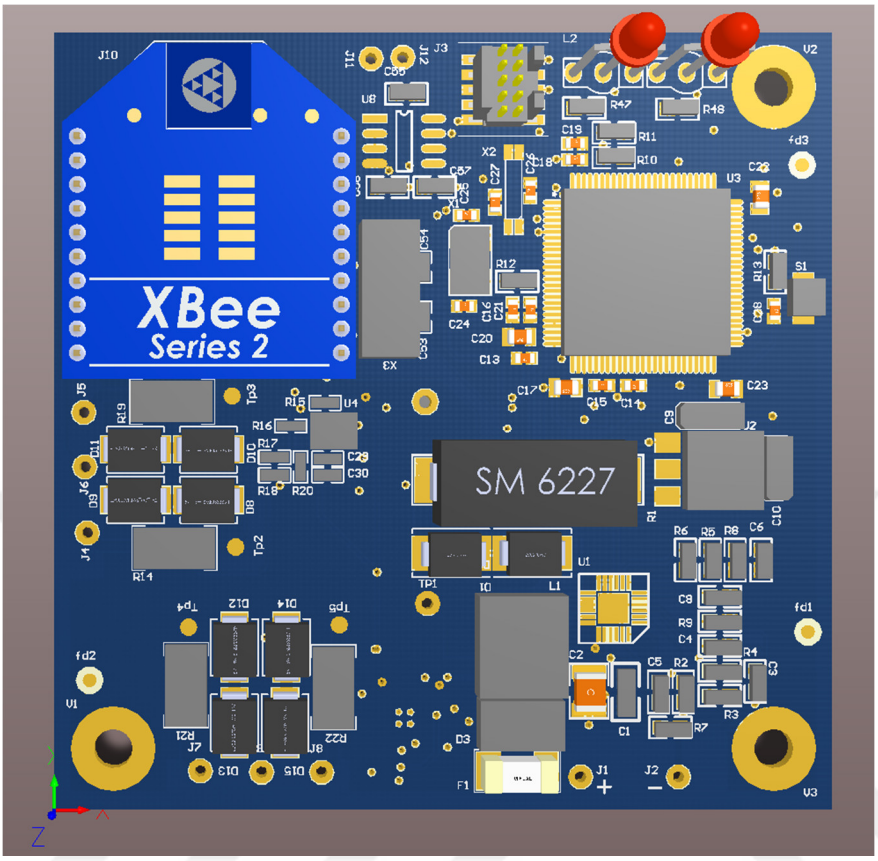
Ek-C

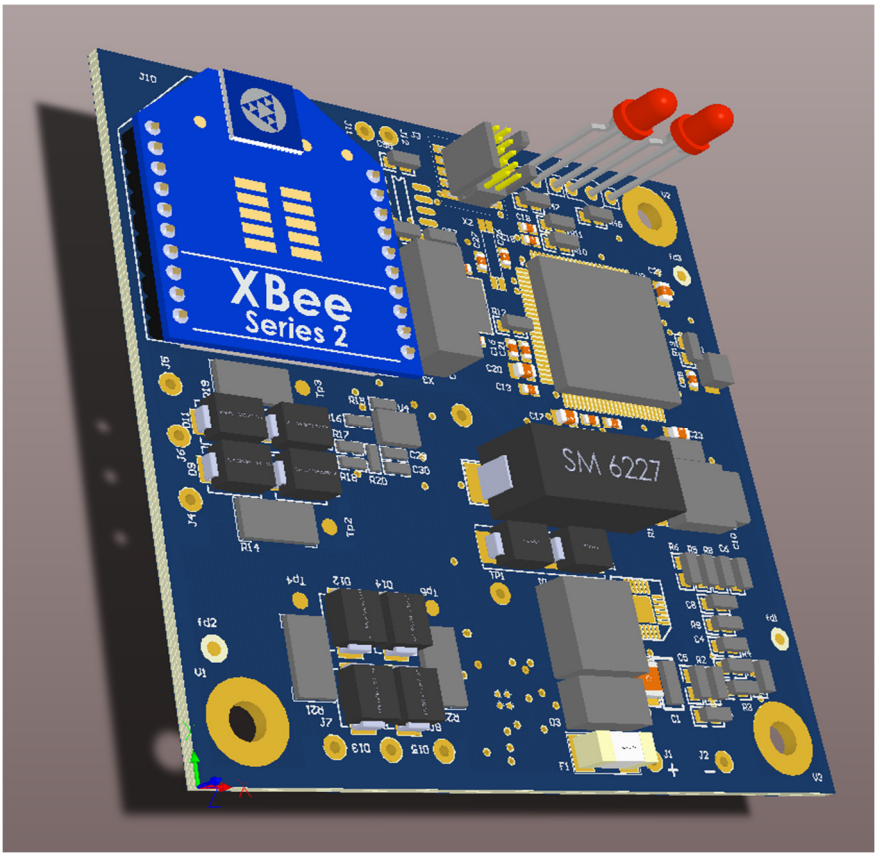
Çok katmanlı PCB katman bilgileri aşağıda verilmiştir.



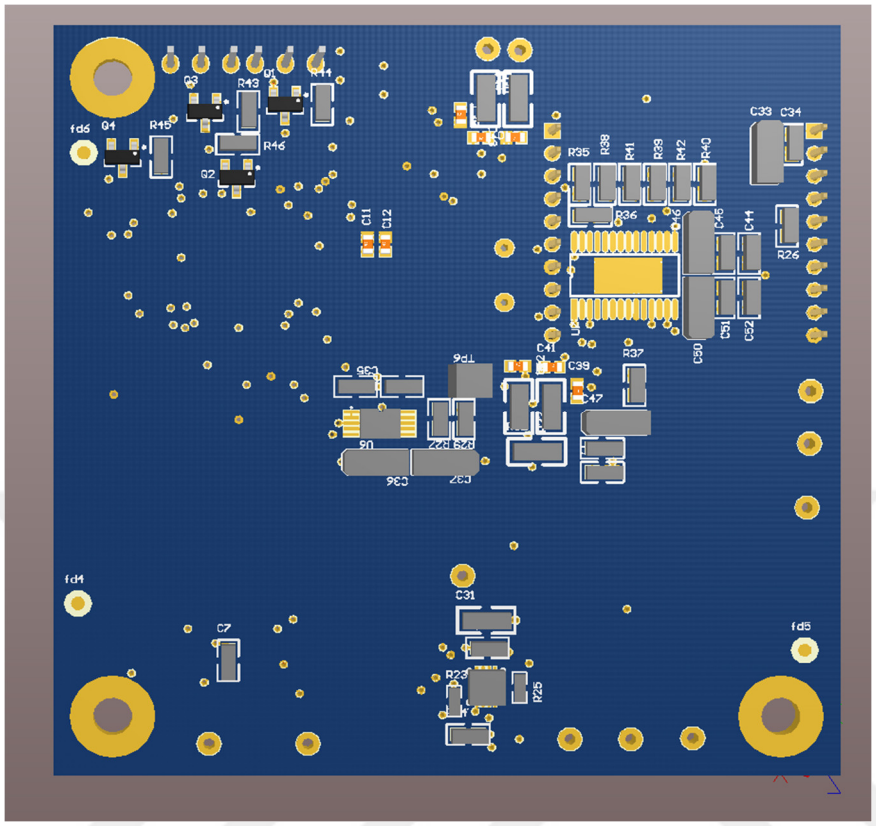
Layer Name	Type	Material	Thickness (mm)	Dielectric Material	Dielectric Constant	Pullback (mm)	Orientation	Coverlay Expansion
Top Overlay	Overlay							
Top Solder	Solder Mask/Co...	Surface Material	0.01016	Solder Resist	3.5			0
Top Layer	Signal	Copper	0.03556				Top	
Dielectric 1	Dielectric	Core	0.32004	FR-4	4.8			
Ground Plane (...	Internal Plane	Copper	0.03599			0.508		
Dielectric 3	Dielectric	Prepreg	0.127		4.2		Not Allowed	
Inner Layer 1	Signal	Copper	0.03599					
Dielectric 6	Dielectric	Core	0.254		4.2		Not Allowed	
Inner Layer 2	Signal	Copper	0.03599					
Dielectric 5	Dielectric	Prepreg	0.127		4.2			
Power Plane (VC...	Internal Plane	Copper	0.03599			0.508		
Dielectric 4	Dielectric	Core	0.254		4.2			
Bottom Layer	Signal	Copper	0.03556				Bottom	
Bottom Solder	Solder Mask/Co...	Surface Material	0.01016	Solder Resist	3.5			0
Bottom Overlay	Overlay							

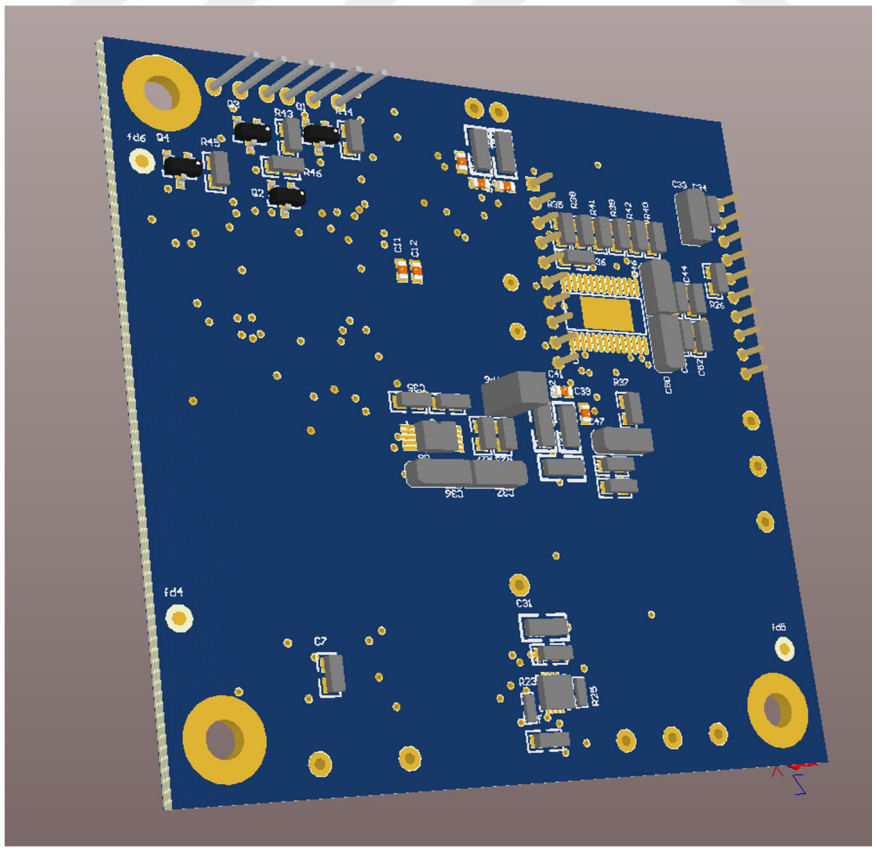
PCB 3D Önden görünüş;





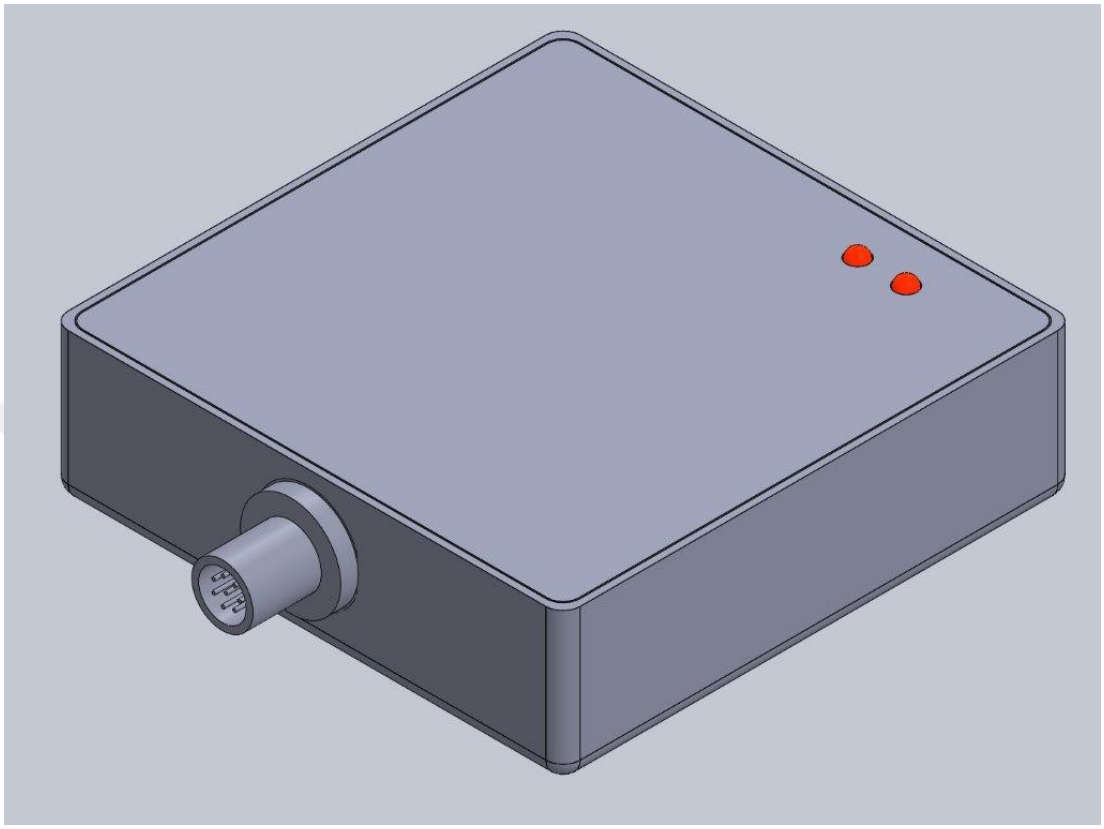
PCB 3D arkadan Görünüş;

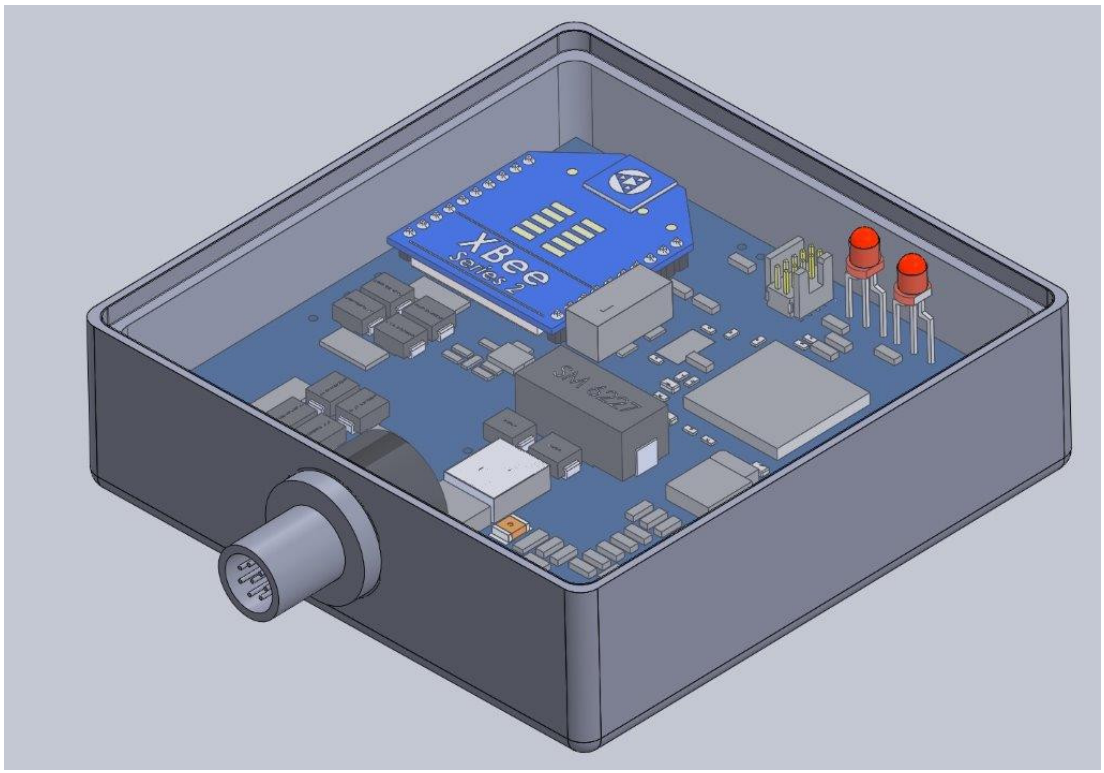


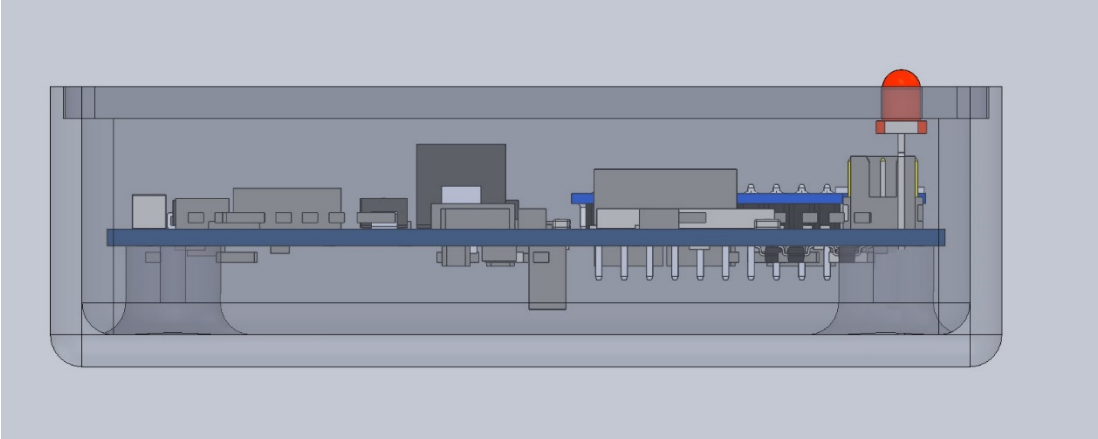


Ek-D

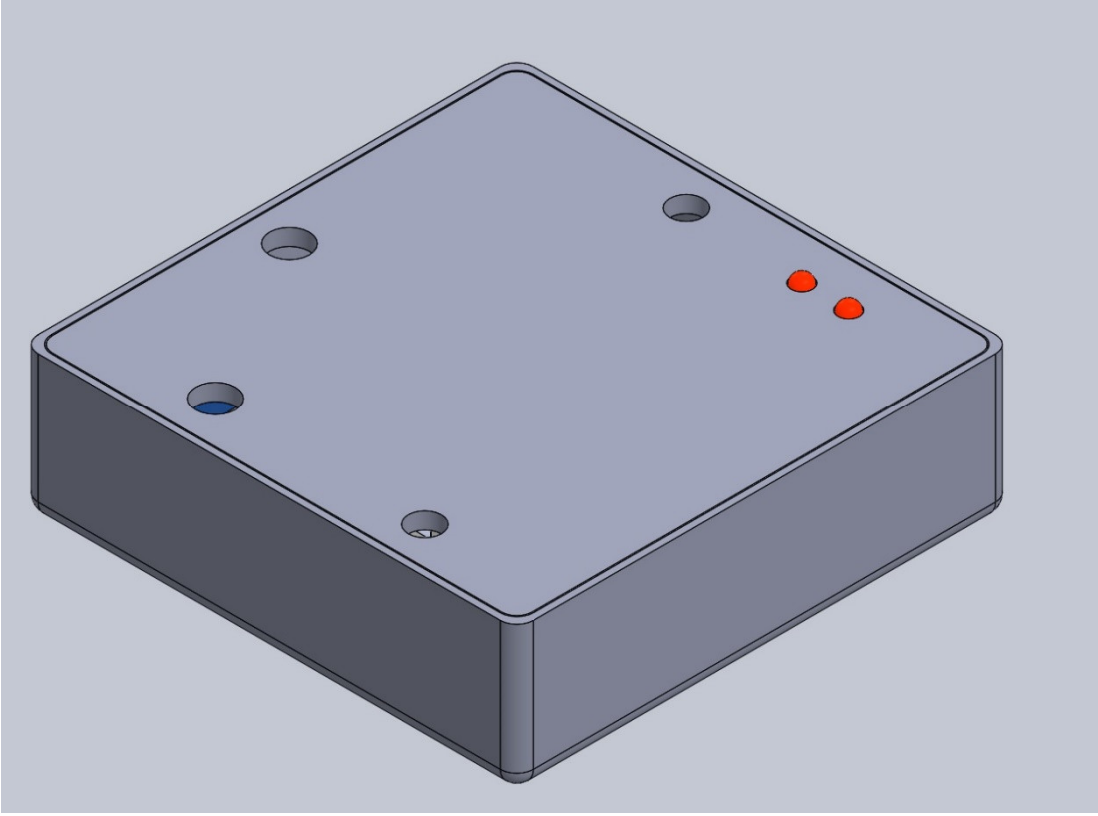
Konektörlü Kutu için mekanik çizim aşağıdaki gibidir.

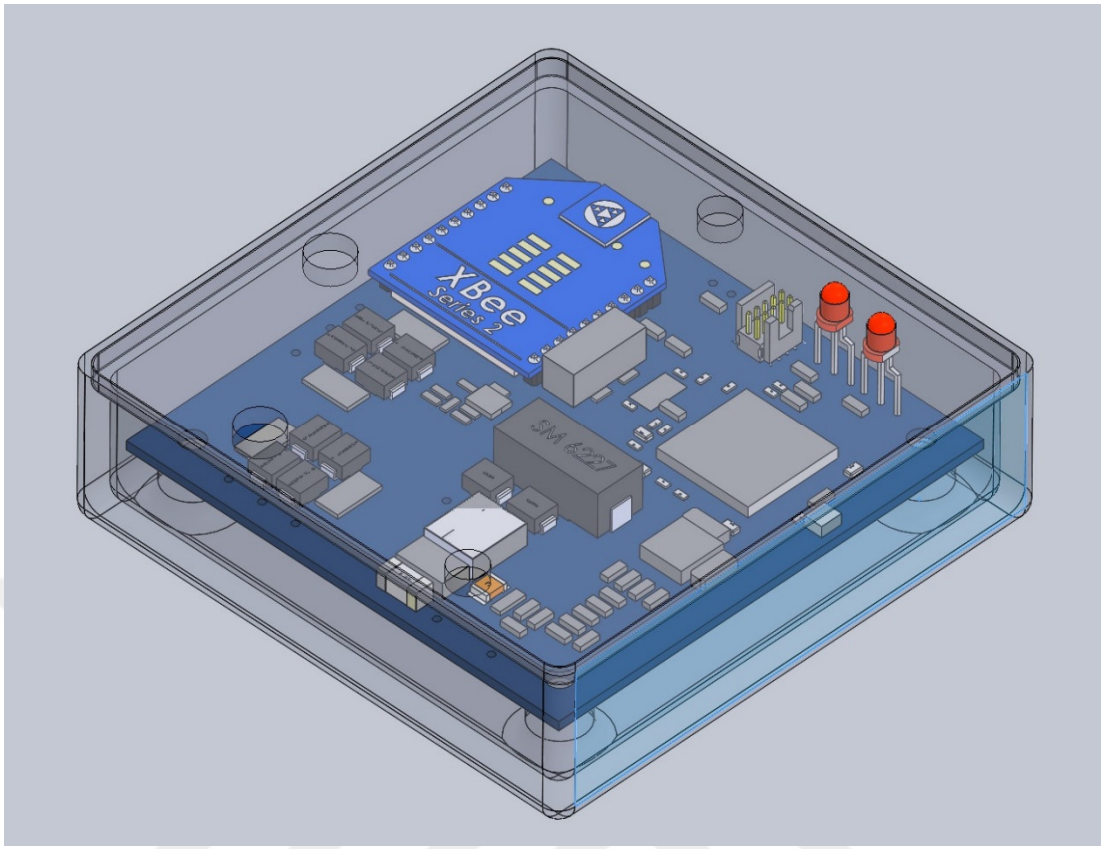


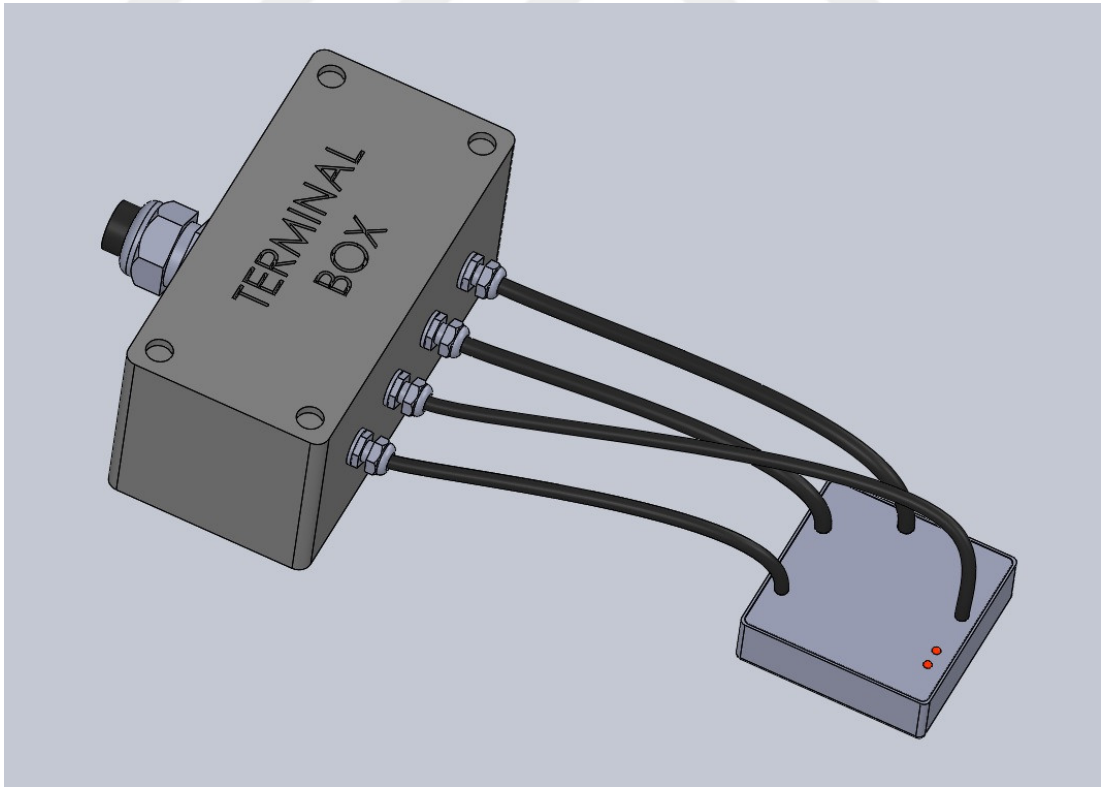




Konektörsüz Kutu Çizimi: Bağlantı kabloları kutudan çıkıp, Ex-E Terminal kutusuna girecektir.




XBee
Series 2
SM 6227


TERMINAL
BOX

Ek-E

Örnek Ex-Kritik Malzeme Doğrulama Formu

Component Purchasing Number :

EX-CRITIC COMPONENT VERIFICATION FORM

Component Information / Bileşen Bilgisi

Component Name / Bileşen Adı	
Order Code / Sipariş Kodu	
Manufacturer / Üretici	
Manufacturer Code / Üretici Kodu	
Values - Tolerances / Değerler - Toleranslar	
Order Date / Sipariş Tarihi	
Received Date / Ürün Teslim Tarihi	
Designator / PCB Version	

Supplier Test Results / Tedarikçi Test Sonuçları

Measurement Results and Calibration Information / Ölçüm Sonuçları ve Kalibrasyon Bilgisi

	Brand of Device / Cihaz markası	Calibration Date / Kalibrasyon Tarihi
1.		
2.		
3.		

Measurement Results / Ölçüm Sonuçları	

Order Note / Sipariş Notu

Signature / İmza

Ek-F

: Örnek PCB Satın alma formu

	PCB Specification Form	Document No :	ProjectCode-PCBSF-[QANcode]-OrderNo
		Revision No :	1.0
		Revision Date:	dd/mm/yyyy

PCB NAME		
BASE MATERIAL		
FINAL THICKNESS (mm)		
LAYER		
PCB SIZE X,Y (mm)		
PCB'S / PANEL		
SUB-PANEL SIZE		
DELIVERY FORMAT		
MIN LINE / SPACE Innerlayers		
MIN LINE / SPACE Outerlayers		
Cu on Innerlayers		
Cu on Outerlayers		
PTH/PCB		
SMALLEST FINAL HOLE		
BLIND VIAS	YES / NO	
BURIED VIAS	YES / NO	
TENTED VIAS	YES / NO	
PLUGGED VIAS	YES / NO	
FILLED VIAS	YES / NO	
SMD		
BGA		
NUMBER OF GOLD CONTACTS		
IMPEDANCE CONTROL	YES / NO	
SOLDER MASK	TOP/BOTT	
SILKSCREEN	TOP/BOTT	
SURFACE FINISH		
QTY		
IPC CLASS		
CONTACT PERSON		
E-MAIL		
TECHNICAL NOTES :		
Milling : Vcut		

Ek-G

Örnek Ex-kritik ürün teslim Formu

EX-PRODUCT DELIVERY FORM

Product Information / Ürün Bilgisi

Product Name / Ürün Adı	
Product Version / Ürün Versiyonu	

Delivery Info /

	Serial Number *	Delivered to: (Customer)	Delivery Date
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Additional Notes / Notlar

Signature / İmza

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında İzmit, KOCAELİ'nde doğdu. İlk ve orta eğitimini İzmit'te tamamladı. Lise eğitimini Kocaeli Teknik Lisesi'nde tamamladıktan sonra, 2005 yılında Eskişehir Anadolu Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden Elektrik-Elektronik Mühendisi olarak mezun oldu. 2010 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı.

2006-2009 yıllarında PAVO Tasarım Firması'nda Elektronik Tasarım Mühendisi olarak çalışmıştır. 2009 yılından beri TÜBİTAK BİLGEM Bilişim Teknolojileri Enstitüsü'nde araştırmacı olarak görev yapmaktadır.