

**ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**TASARIM ÇALIŞMASI RAPORU**

**BİR BUCK-BOOST CONVERTER  
DEVRE KARTININ EMC ANALİZİ**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER**

**HAZIRLAYAN**

**Recep Faruk ADAK**

**OCAK 2024**

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**

# **BİR BUCK-BOOST CONVERTER DEVRE KARTININ EMC ANALİZİ**

## **TASARIM ÇALIŞMASI RAPORU**

**Recep Faruk ADAK**

**B180100377**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER**

# İÇİNDEKİLER

<b>BEYAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>ÖZET.....</b>	<b>v</b>
<b>BÖLÜM 1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Problemin Tanımı .....	1
1.2. Çalışmanın Amacı .....	2
1.3. Çalışmanın Kapsamı.....	2
<b>BÖLÜM 2. MATEMATİKSEL YÖNTEM ve TASARIM .....</b>	<b>3</b>
2.1. Yöntem Hakkında Genel Bilgi .....	3
2.2. Tasarım (Yöntemin Problemin Çözümünde Kullanımı) .....	3
<b>BÖLÜM 3. SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI.....</b>	<b>4</b>
3.1. Simülasyon Ortamı Hakkında Genel Bilgiler.....	4
3.2. Simülasyon Gerçekleştirme Aşamaları .....	4
3.3. Simülasyon Sonuçları ve Yorumlanması .....	26
<b>BÖLÜM 4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....</b>	<b>26</b>
4.1. Sonuçlar .....	26
4.2. Öneriler .....	28
<b>BÖLÜM 5. KAYNAKLAR .....</b>	<b>30</b>
<b>BÖLÜM 6. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>31</b>

## **BEYAN**

Tasarım alışması raporu içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, çalışmada yer alan verilerin bu niversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tasarım/tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

İmza :

Recep Faruk ADAK

20 / 01 / 2020

## ÖZET

Bu çalışma, bir devre kartının yaydığı emisyonun (Emission) ve dışarıdan gelen gürültülere karşı tepkisinin (Immunity) incelenmesi üzerine kurulmuş bir altyapı ile hazırlanmıştır. Asıl hedeflenen çıktı, bir baskı devre kartının EMC(Elektromanyetik Uyumluluk) analiz simülasyonunu gerçekleştirmektir. PCB tasarımından PCB'nin farklı ortamlardan export, farklı ortamlara import edilmesine ve ardından model ortamında uygun adımlarla modellenmesine kadar olan sürecin yol haritasının sunulması amaçlamaktadır.

Bu çalışmada EMC analizi yapılan devre, LTC3442 Buck Boost Converter devresidir. LTC3442 Buck Boost Converter devresinin çalışma prensibini kısaca açıklamak gerekirse ; 2.4V-5.5V değerleri arasında ve 1.2A'e kadar olan giriş değerlerini çıkışta 3.3V sabit bir voltaj değerine dönüştürmektedir. LTC3442 Buck Boost Converter devresinin PCB tasarımı Altium Designer programında yapıp ODB++ çıktısı alınmıştır. ODB++ çıktısı alınan PCB, COMSOL Multiphysics programına aktarılıp PCB'nin detayları programa tanıtılmıştır. Detayları tanıtılan PCB'nin COMSOL Multiphysics programı üzerinden .mphbin uzantılı çıktısı alınıp yine COMSOL Multiphysics programına import edilip EMC analizi yapılmıştır. EMC analizi yapılan PCB'nin çıktıları değerlendirilip sonuçlar üzerine tartışılmıştır.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Çalışmanın giriş bölümünde, ele alınan problemin tanımlanması, amaç ve hedeflerin belirtilmesi, çalışmanın sınırlarının ve kapsamının belirlenmesi, literatürde yer alan kaynakların araştırılarak önceden yapılmış çalışmalar hakkında bilgiler sunulması hedeflenmiştir.

### **1.1. Problemin Tanımı**

Tüm elektrikli veya elektronik cihazlar elektromanyetik gürültü yayma (Emission) ve bu gürültüden etkilenme potansiyeline (Immunity) sahiptir. Bu durum cihazların veya sistemlerin olması gerektiği gibi çalışmasını engelleyebilir, cihazı belirli bir süre devre dışı bırakabilir veya tamamen işlevsiz hale getirebilir. Bu sorunlar cihazların tasarımından üretimine kadar birçok adımda ortaya çıkabilir. Bu gibi sorunlarla karşılaşmamak adına EMC(Elektromanyetik Uyumluluk) analizleri ve testleri yapılmaktadır. Sorunun asıl kaynağı tespit edilip gerekli adımda müdahale edilerek oluşabilecek sorunlar en efektif şekilde çözümlenmektedir.

EMI(Elektromanyetik Girişim)'ın ortaya çıktığı alanlardan biri de baskı devre kartlarıdır. PCB(Printed Circuit Board)'ler entegre çiplerden, bakır yollardan ve giriş/çıkış kablolarından oluşur. Bakır yollar, uzunluğa ve taşınan akıma bağlı olarak yüksek frekanslarda anten olarak davranma eğilimindedirler. Ortaya çıkan EMI radyasyonları çevrede bulunan cihazlarla etkileşime girip sorunlar ortaya çıkarma potansiyeline sahiptir.

## **1.2. Çalışmanın Amacı**

Bu çalışmada, Altium Designer programında kütüphanesi oluşturulup şematiği çizilen LTC3442 Buck Boost Converter devresinin baskı devre kartının tasarımı ve bu tasarımın COMSOL Multiphysics programına import edilerek gerekli bileşenlerin eklenmesi dolayısıyla EMC analizinin simülasyon ortamında yapılması. Simülasyon sonuçlarının EMC konusu bazında değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## **1.3. Çalışmanın Kapsamı**

Bu çalışma, bir PCB'nin EMC analiz simülasyonunun genel bir değerlendirmesini sunmayı amaçlamaktadır. Kapsam PCB tasarımı ve bu PCB'nin simülasyon ortamına taşıyıp EMC analiz simülasyonunun nasıl yapıldığına ve çıktılarına odaklanacaktır.

Belge özellikle PCB tasarımı ve bir PCB'nin tasarımdan itibaren analiz ortamına nasıl taşındığı, ayrıca PCB'nin analiz ortamında EMC analizinin nasıl yapıldığı konularını içerecektir. Ancak farklı elektrik veya elektronik sistemlerin EMC analizi ve elektromanyetik modellenmesi bu çalışmanın kapsamı dışında bırakılmıştır. Ayrıca bir PCB'nin EMC analizinin yapıldıktan sonra EMC kurallarına göre yeniden tasarlanması da konu kapsamı dışındadır.

Araştırma belirlenen devrenin(LTC3442 Buck Boost Converter) Altium Designer programında PCB kartının tasarlanma adımlarına ve tasarlanan kartın farklı bir modelleme ortamına yani COMSOL programına nasıl aktarıldığına, ardından da bu programda EMC analiz simülasyonu ve çıktılarının nasıl elde edileceğine odaklanacaktır.

Bu belge, genel bir bakış sunmayı amaçlamakla birlikte, tam kapsamlı bir mükemmeliyet arayışına girmeyecektir. Bunun yerine iki farklı ortamın birbiri ile olan ortak noktalarının belirlenerek nasıl bir yol haritası çizileceğine dair genel kapsamda yol gösterici olacaktır.

## BÖLÜM 2. MATEMATİKSEL YÖNTEM ve TASARIM

Bu bölümde çalışmada kullanılan yöntem ya da yöntemlere ait bilgilendirme ve yöntemin çalışmada kullanımına ilişkin literatür araştırmalarına yer verilmiştir. Yöntem veya yöntemlerin problemin çözümünde kullanımı ve tasarım aşamaları da bu bölümde verilmektedir .

### 2.1. Yöntem Hakkında Genel Bilgi

COMSOL Multiphysics Programında Değişkenler olarak tanımlanan denklemler aşağıda verilmiştir.

$$\text{intop1}(\text{emw.nPoav})$$

(2.1) Kabin dışına sızan güç

$$(1[V])^2/(2*50[\text{ohm}])$$

(2.2) Giriş gücü

$$f_{nml} = \frac{c}{2\pi\sqrt{\epsilon_r\mu_r}} \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 + \left(\frac{l\pi}{d}\right)^2}$$

(2.3) Boşluk rezonans frekansı

### 2.2. Tasarım (Yöntemin Problemin Çözümünde Kullanımı)

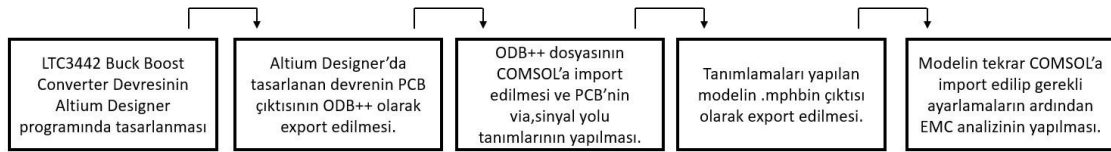
Bir önceki başlıkta verilen denklemler değişken olarak COMSOL Multiphysics programına tanımlanmıştır. Sonuç kısmında Kabin dışına sızan güç ve giriş gücü ile ilgili grafikler'e ayrıca yer verilmektedir. Hesaplanan boşluk rezonans frekansı yaklaşık olarak 4.8 GHz'dir. Dolayısıyla verilen yapı, gürültü kaynağının farklı bir frekansta daha güçlü olması durumunda devreyi, boşluk rezonansı etrafında savunmasız bırakabilir.



## BÖLÜM 3. SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI

Çalışmanın bu bölümünde problemin çözümünde tercih edilen yardımcı simülasyon ortamı hakkında genel bilgiler, simülasyon ayrıntıları ve sonuçları, simülasyon sonuçlarının genel olarak değerlendirilmesi yer almaktadır.

### Simülasyon Ortamı Blok Diyagramı



### 3.1. Simülasyon Ortamı Hakkında Genel Bilgiler

Altium Designer, güçlü bir PCB (Baskılı Devre Kartı) tasarım yazılımıdır ve entegre bir simülasyon ortamına sahiptir. Bunun yanı sıra simülasyon yapmak için birçok alternatif ortam da bulunmaktadır. Örneğin, Eagle ve Proteus gibi yazılımlar da benzer amaçlar için kullanılan yaygın simülasyon araçlarıdır. Altium Designer'da simülasyon yapılmasının tercih edilme nedenleri arasında, kullanıcı dostu arayüz, entegre PCB tasarımı ile uyumlu olma, gerçek zamanlı analiz imkanı ve geniş kütüphane desteği gibi avantajlar bulunmaktadır. Bu tasarımda özne olarak tercih sebebi danışman öğretici önerisi ve sektörde adı geçen bir tasarım programı olmasıdır.

COMSOL Multiphysics, fiziksel modelleme alanında simülasyon yapabilen güçlü bir mühendislik analiz yazılımıdır. Elektromanyetik alanlardan ısı transferine, akışkan dinamiklerinden mekanik gerilmelere kadar geniş bir yelpazede fiziksel olayları modelleyebilme imkanı sunmaktadır. COMSOL Multiphysics'e alternatif olarak, ANSYS veya MATLAB gibi mühendislik analiz yazılımları da bulunmaktadır. COMSOL Multiphysics'i tercih edilmesinin nedenleri arasında, çok sayıda fiziksel etkileşimi entegre bir platformda modelleme yeteneği, geniş materyal kütüphanesi, kullanıcı dostu simülasyon arayüzü ve çeşitli uygulama alanlarını kapsayan geniş bir modül yelpazesinin olmasıdır. Özne olarak tercih edilme nedenlerinden biri de Elektromanyetik Uyumluluk ders ödevinde yine benzer bir konu araştırılması ve simülasyonunun yapılmış olmasıdır.

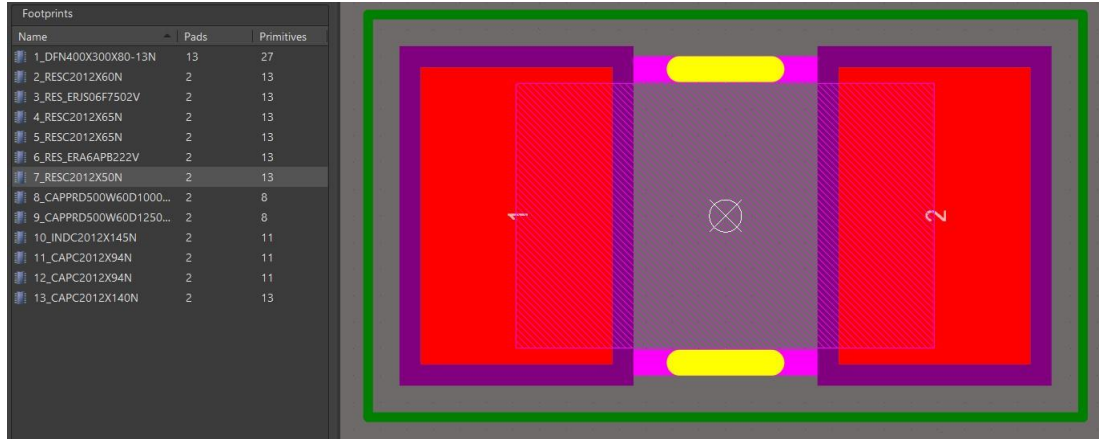
### 3.2. Simülasyon Gerçekleştirme Aşamaları

#### Altium Designer Bölümü

Sıra	Değer	Açıklama	Part
1	LTC3442	Micropower Synchronous Buck-Boost DC/DC Converter with Automatic Burst Mode Operation	LTC3442EDE#TRPBF
2	1M	Res 0805 1M 5% 125mW   Bourns CR0805-JW-105ELF	CR0805-JW-105ELF
3	75K	RES SMD 75K OHM 1% 1/8W 0805	ERJ-S06F7502V
4	15K	15 kOhms $\pm 1\%$ 0.333W, 1/3W Chip Resistor 0805 (2012 Metric) Pulse Withstanding Thick Film	CRGP0805F15K
5	340K	Res Thick Film 0805 340K Ohm 1% 1/3W $\pm 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$ Molded SMD SMD T/R	CRGH0805F340K
6	2.2K	Metal Film Smnt Resistor 0805 Case 2.2kOhm $\pm 0.1\%$ 0.125W $\pm 15\text{ppm}/^\circ\text{C}$   Panasonic Electronics	ERA6APB222V
7	200K	200 kOhms $\pm 1\%$ 0.4W, 2/5W Chip Resistor 0805 (2012 Metric) Automotive AEC-Q200, Pulse Withstanding	RCS0805200KFKEA
8	10uF	Aluminum Electrolytic Capacitors, ED-A Series, 10uF $\pm 20\%$ , 400V, Radial lead type(10x20mm)	EEU-ED2G100
9	22uF	Aluminum Electrolytic Capacitors - Radial Leaded 22uF 400volts AEC-Q200	EEU-EB2G220B
10	4.7uH	Inductor Chip Shielded Multi-Layer 4.7uH 10% 10MHz 45Q-Factor Ferrite 30mA 10hm DCR 0805 T/R	CV201210-4R7K
11	470pF	470 pF $\pm 1\%$ 200V Ceramic Capacitor COG, NPO 0805 (2012 Metric)	08052A471FAT2A
12	220pF	220 pF $\pm 10\%$ 50V Ceramic Capacitor X7R 0805 (2012 Metric)	08055C221KAT2A
13	0.01uF	Cap Ceramic 0.01uF 50V BX 10% SMD 0805 (0.001%FR) 125C Bulk	CDR31BX103AKWS
14	3.7V	Li-On Battery	

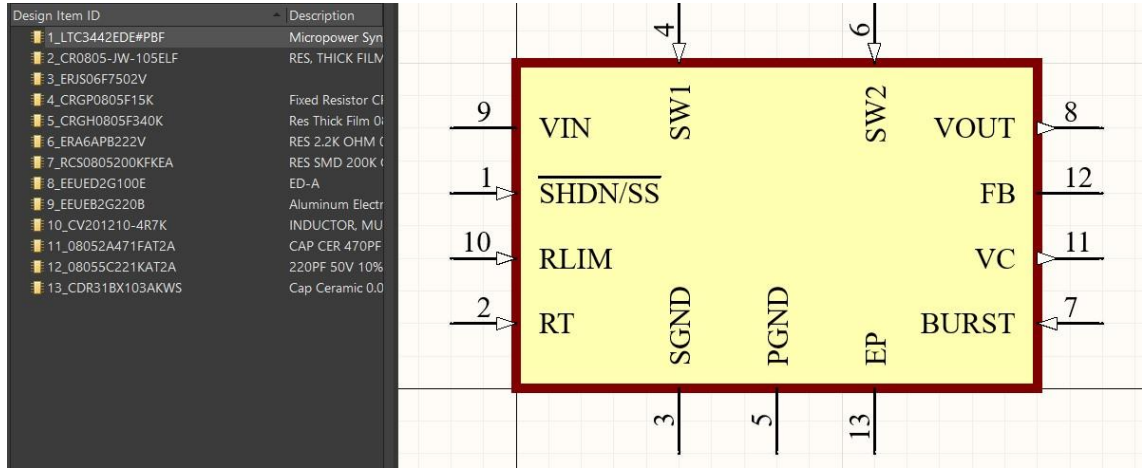
Şekil 3.2.1

Şekil 3.2.1’de LTC3442 Buck Boost Converter devresinde kullanılan komponentler bir liste biçiminde düzenlenmiştir. Böylece simülasyon sırasında ortaya çıkabilecek karışıklıkların önüne geçilmiştir.



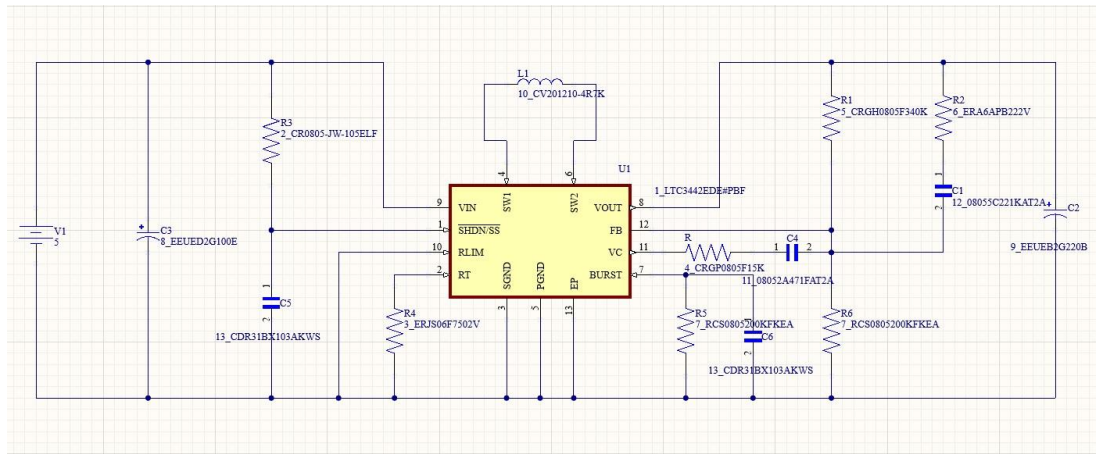
Şekil 3.2.2

Şekil 3.2.2’de LTC3442 Buck Boost Converter devresinde kullanılan komponentler PcbLib1.PcbLib dosyası içerisinde 2D ve 3D görüntüleri oluşturulup düzenlenmiştir. Daha sonraki aşamada oluşturulan Footprintler, Schematic kütüphanesindeki elemanlara atanacaktır.



Şekil 3.2.3

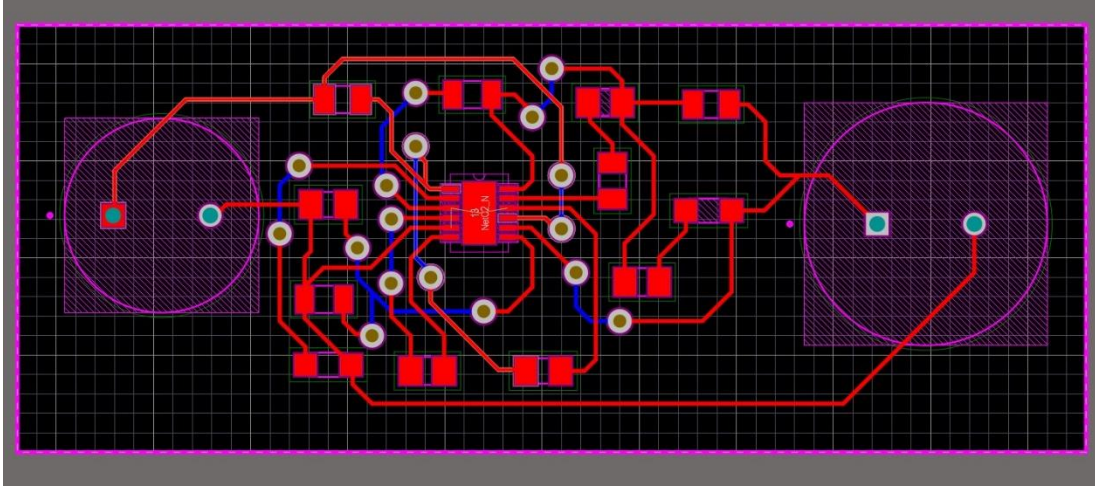
Şekil 3.2.3’de LTC3442 Buck Boost Converter devresinde kullanılan komponentlerin Schlib1.SchLib dosyası içerisinde Schematic kütüphaneleri oluşturulmuş ve Şekil 3.2.2’de oluşturulmuş olan Footprint kütüphanesindeki bileşenleri Schematic kütüphanesindeki her komponente ayrı ayrı Footprint olarak atanmıştır.



Şekil 3.2.4

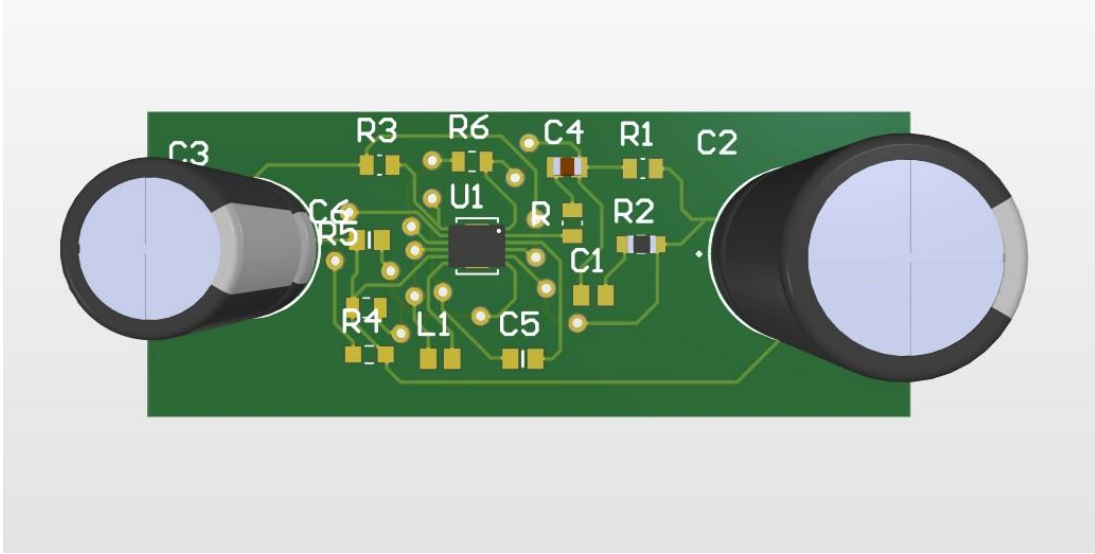
Şekil 3.2.4’de LTC3442 Buck Boost Converter devresinde kullanılan komponentlerin kütüphanelerinin oluşturulması tamamlanıp Sheet1.SchDoc dosyasının içerisinde devre çizimi yapılmıştır.

Bu aşamada kablolama yaparken komponentlerin iki ucuna da tam manasıyla denk gelmesi için Schematic kütüphanesi çiziminde kullanılan Grid ölçüsü ile aynı ölçüde çizim yapılmasına dikkat edilmiştir. Çizimi biten devrenin numaralandırılması otomatik olarak ‘Annotate Schematics Quietly’ seçeneği ile sağlanmıştır. Ardından PCB çizimi için ‘Update PCB Document’ seçeneği seçilip PCB tasarımının yapılması için oluşturulan PCB1.PcbDoc dosyasına import’u sağlanmıştır.



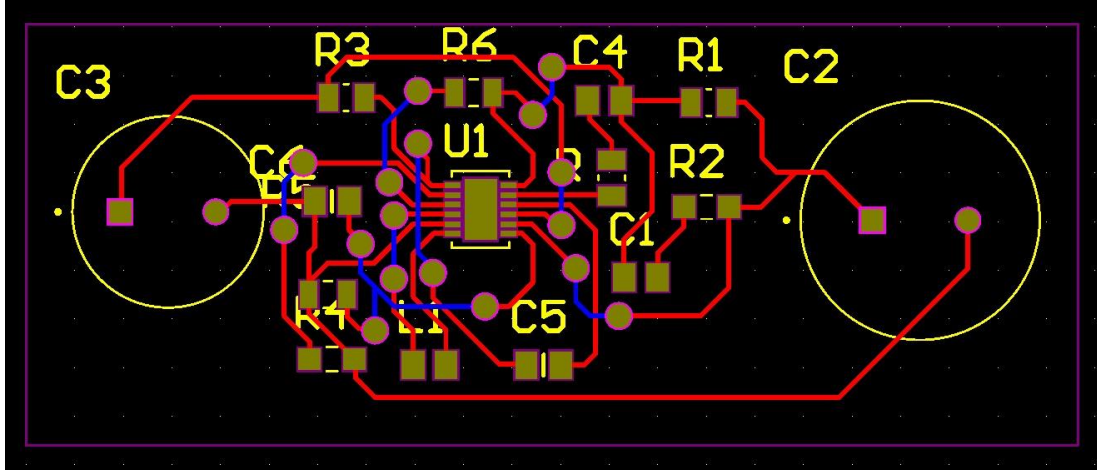
Şekil 3.2.5

Şekil 3.2.5’de PCB1.PcbDoc dosyası içerisinde oluşturulan 22mmx55mm boyutlarındaki devre kartına komponentler uygun geometride yerleştirilip PCB yol çizimleri yapılmıştır.



Şekil 3.2.6

Şekil 3.2.6’da PCB1.PcbDoc dosyası içerisinde PCB tasarımı yapılan LTC3442 Buck Boost Converter devresinin 3D çıktısı görünmektedir.

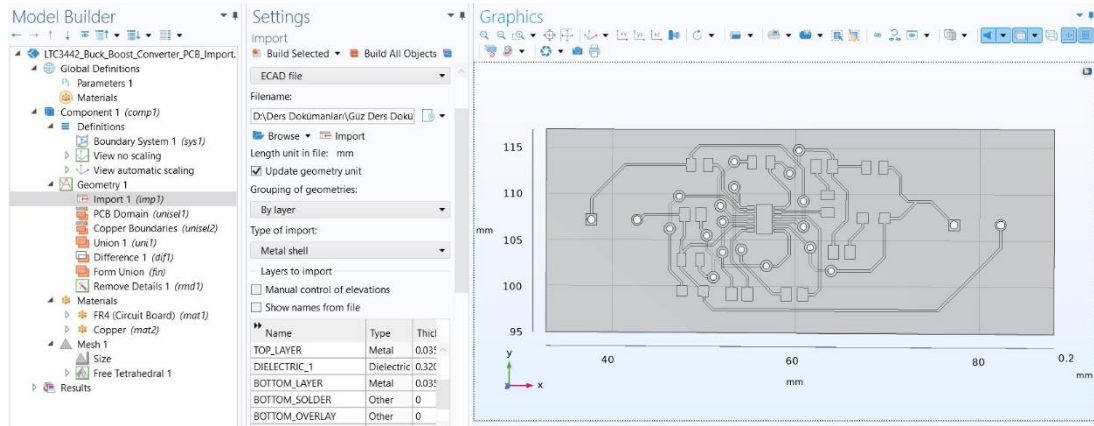


Şekil 3.2.7

Şekil 3.2.7’de Camtastic1.Cam dosyası içerisindeki LTC3442 Buck Boost Converter baskı devresinin son hali görünmektedir. Bu aşamadan sonra COMSOL Multiphysics ortamına import edilmek üzere bu PCB projesinin ODB++ çıktısı alınmıştır.



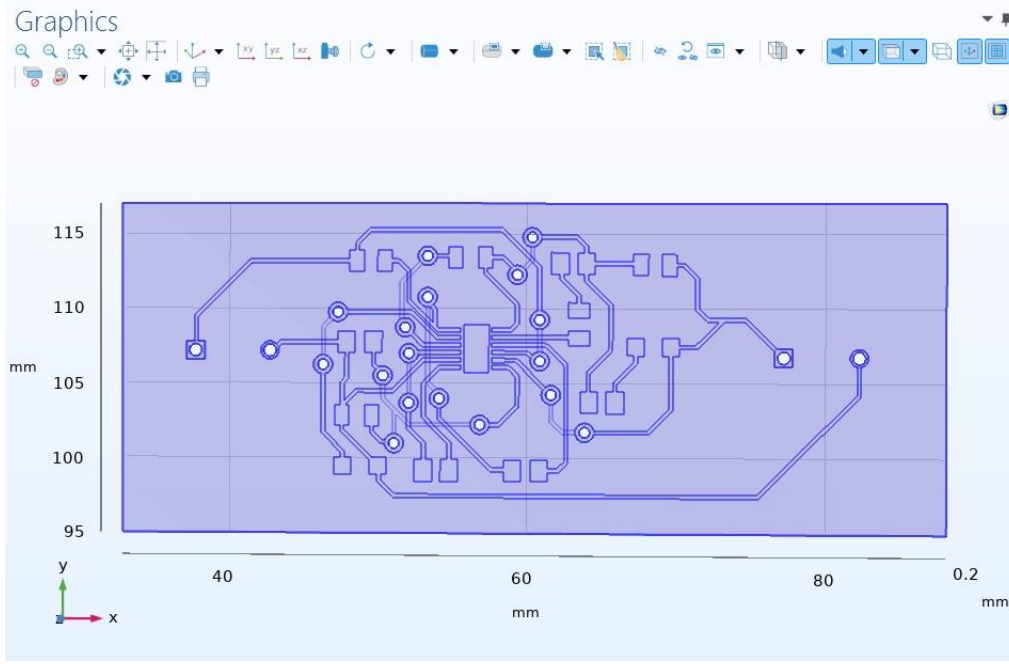
## COMSOL Multiphysics Bölümü Kısım 1- PCB Import



Şekil 3.2.8

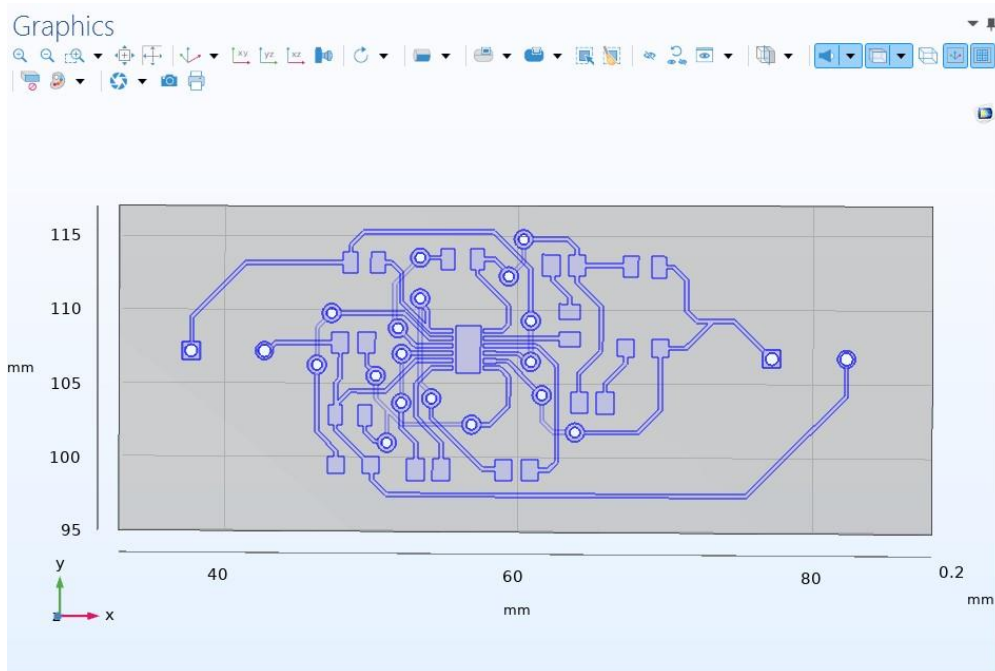
Şekil 3.2.8’de Altium Designer’den export edilen LTC3442 Buck Boost Converter baskı devresinin ODB++ dosyası COMSOL programına import edilmiş ve gerekli işlemler yapılmıştır. Bu işlemler genel manada özetlenecek olursa ;

LTC3442 Buck Boost Converter baskı devresinin ODB++ dosyası import edilip bakır katmanlar için bir yüzey nesne grubu, dielektrik katman ve via’lar için özel bir katı nesne grubu oluşturulmuştur. Dielektrik katman için katı nesne grubu ODB++ dosya arşivinde tanımlandığı şekilde, via’lar için ise silindirik bir katı nesne grubu ayrıca oluşturulmuştur. Simülasyonda belirli bir geometri elde etmek için dielektrik malzeme katı nesne grubu bakır yüzey nesne grubu ile birleştirilmiş ve via silindirik katı nesne grubu bu geometriden çıkarılmıştır. ODB++ dosya arşivi PCB dışında bulunan ve silinmesi gereken bağlantısı olmayan bakır kısımlar içermektedir. PCB birçok geometrik katmandan oluşsa da içe aktarılan katman ve yapılan işlemler sonucunda bir geometri inşa edilmiştir. Geometri inşa etmenin yanı sıra malzeme ve fizik ayarları için girdi olarak kullanılabilen alan ve sınır koşulları tanımlanmıştır. İşlemlerin son kısmı PCB geometrisinin mesh oluşturma sürecini kapsar. Mesh oluşturulmadan önce kısa kenarlar gibi ayrıntılar kaldırılıp bakır katmanlardaki küçük detaylar maksimum ve minimum eleman boyut parametreleri ile çözümlenmiştir.



Şekil 3.2.9

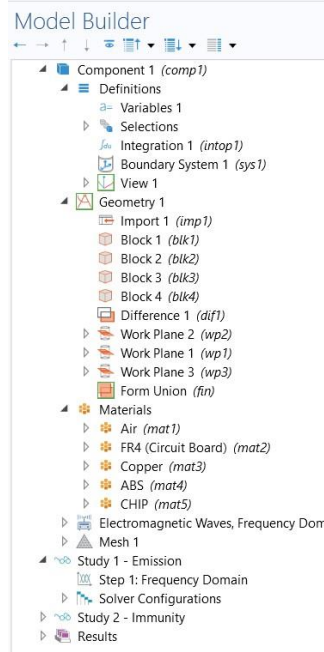
Şekil 3.2.9’da baskı devrenin materyali FR4 olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.2.10

Şekil 3.2.9’da baskı devrenin sinyal yollarının malzemesi bakır olarak tanımlanmıştır. PCB ölçüleri 55mmx22mm olarak belirlenmiştir.

## COMSOL Multiphysics Bölümü Kısım 2- EMC Analysis of PCB

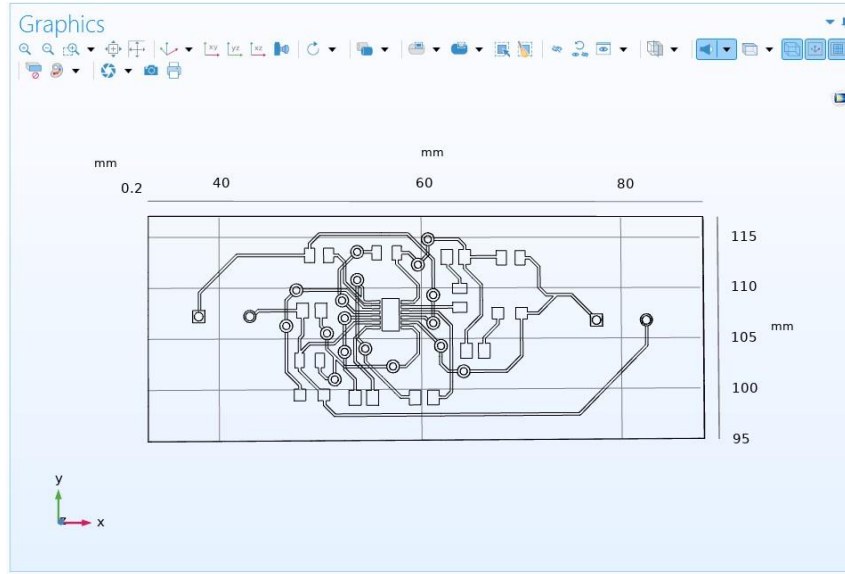


Şekil 3.2.11

Şekil 3.2.11’de verilen sekme COMSOL programının Model Builder sekmesidir ve simülasyona ilişkin bütün materyal, parametre, nesne tanımlamaları yapılmış ve simülasyon sonuçları bu sekmenin içerisinde elde edilmiştir. Genel bir bakış açısı oluşturulması açısından bu görsele yer verilmiştir.

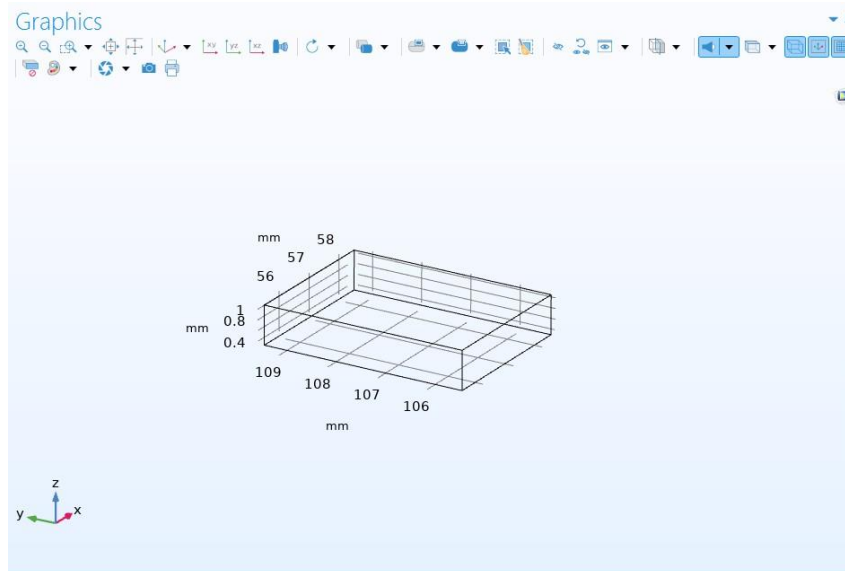


## Geometry Sekmesi



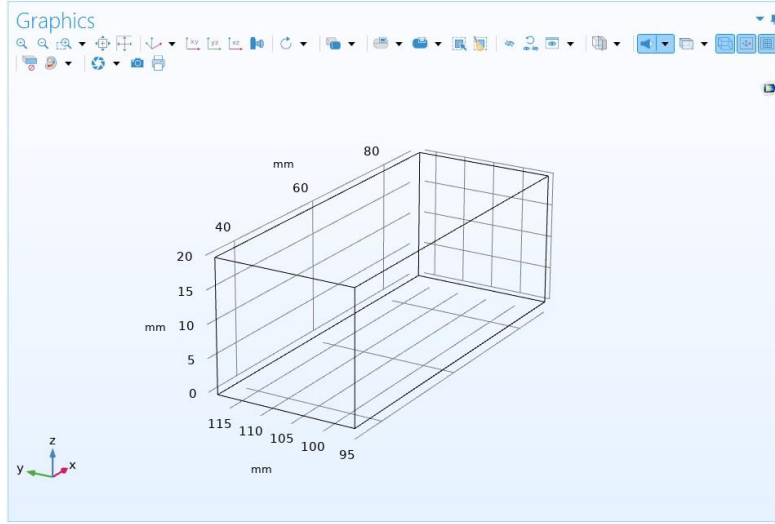
Şekil 3.2.12 Import 1

Şekil 3.2.12’de verilen görsel PCB Import bölümünde COMSOL’a aktarılmış olan .mphbin uzantılı LTC3442 Buck Boost Converter baskı devresinin görüntüsünü içermektedir. Bu import aynı zamanda printed layer’lar ve via’lar gibi nesne gruplarına sahiptir.



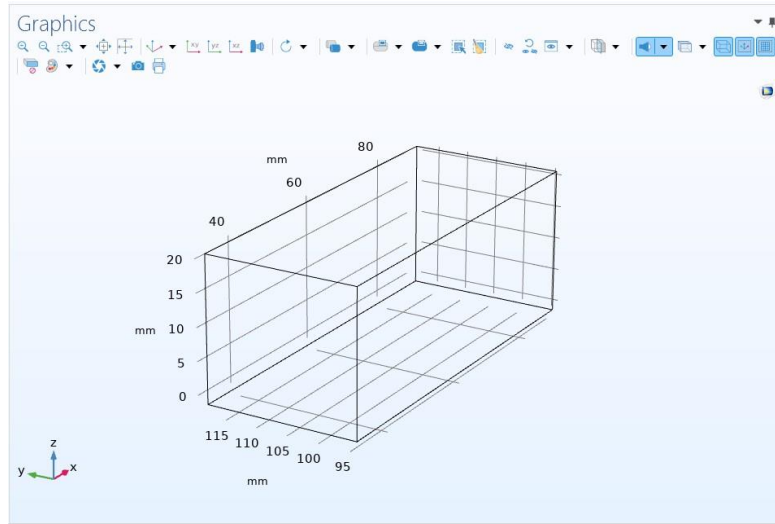
Şekil 3.2.13 Block1

Şekil 3.2.13’te IC Dummy CHIP için bir blok oluşturulmuştur. Ölçüleri LTC3442 komponentinin datasheet’inden çekilmiştir.  $W \times D \times H = 3\text{mm} \times 4\text{mm} \times 0.75\text{mm}$



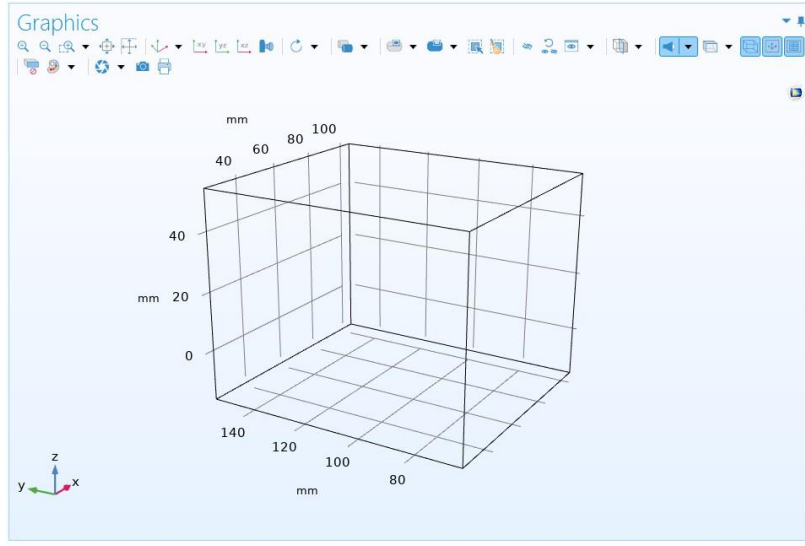
Şekil 3.2.14 Block2

Şekil 3.2.14’te PCB’nin emisyonunu ölçmek için üst tarafında açıklık bırakılan bir blok tanımlanmıştır. Ölçüleri  $W \times D \times H = 50\text{mm} \times 40\text{mm} \times 20\text{mm}$



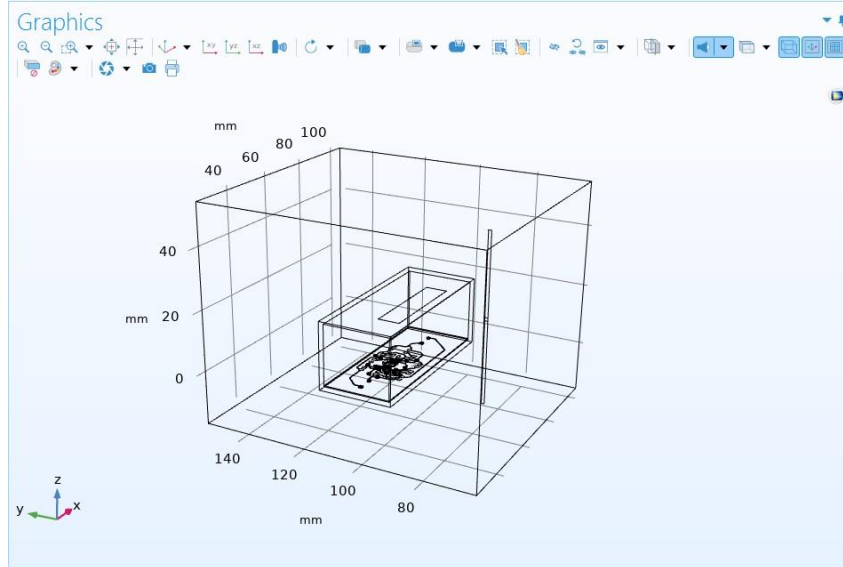
Şekil 3.2.15 Block3

Şekil 3.2.15’te PCB’nin içerisinde olacağı bir kabin tasarlanmıştır. Kabin ölçüleri  $W \times D \times H = 52\text{mm} \times 42\text{mm} \times 22\text{mm}$



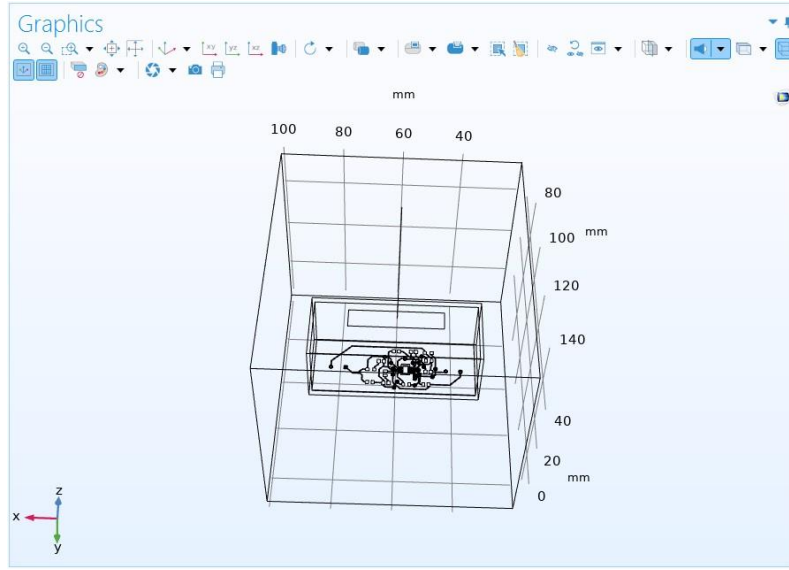
Şekil 3.2.16 Block4

Şekil 3.2.16’da tanımlanan blok en dış katmanı oluşturmaktadır. Kabin ölçüleri  $W \times D \times H = 80\text{mm} \times 90\text{mm} \times 70\text{mm}$



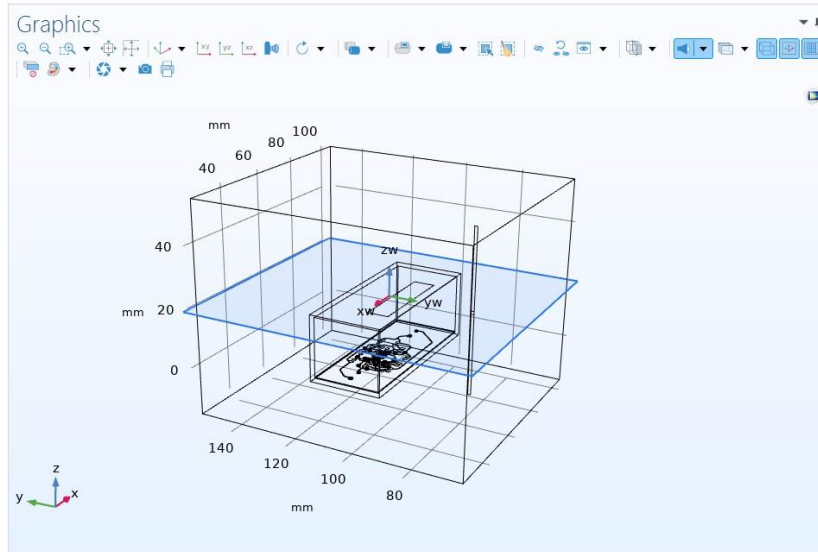
Şekil 3.2.17 Tüm Bloklar

Şekil 3.2.17’de verilmiş olan görsel Import1 Block1 Block2 Block3 ve Block4 nesnelerinin genel geometri içerisindeki görüntüsüdür.



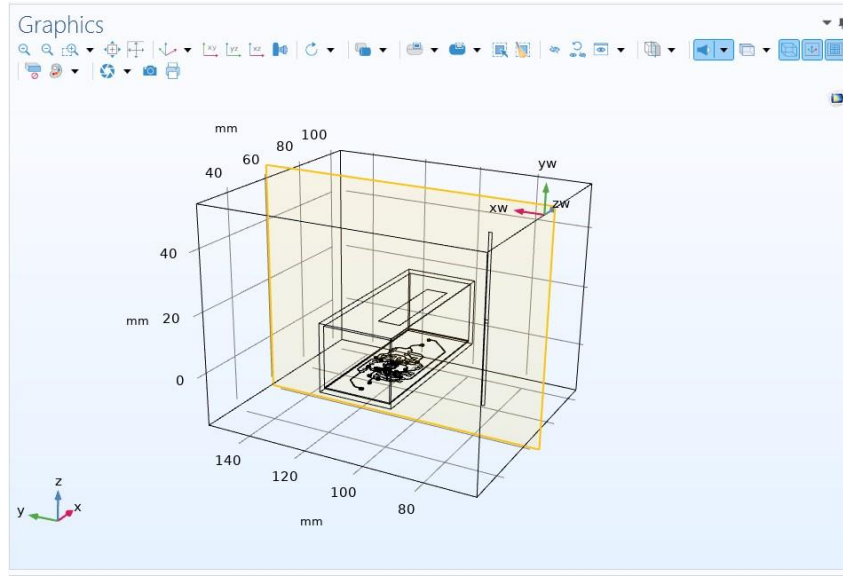
Şekil 3.2.18 Difference1

Şekil 3.2.18’de görüldüğü üzere Block3’ün üzerinde bir açıklık bırakılmıştır. Böylece bu açıklıktan PCB’nin Emisyon ölçümü yapılabilecektir.



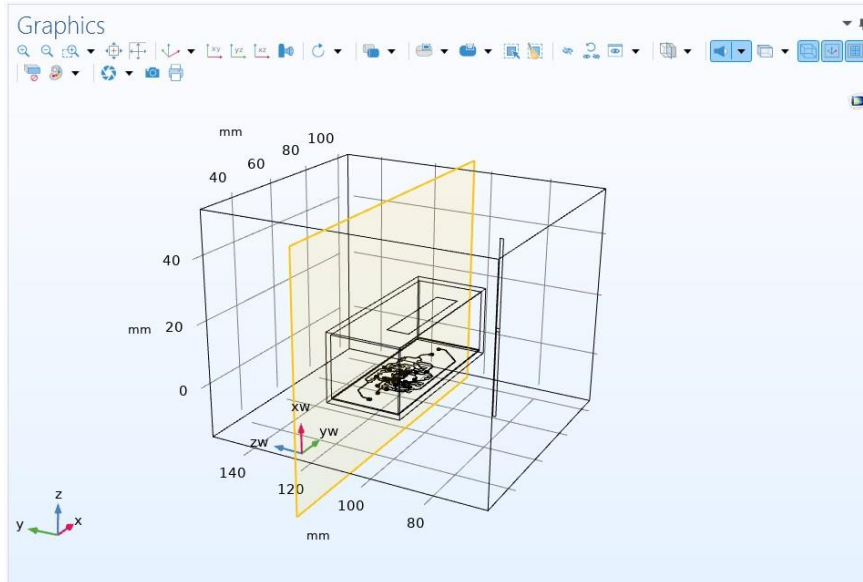
Şekil 3.2.19 WorkPlane1 Çalışm

Şekil 3.2.19’da mavi renkle gösterilmiş olan şekil birinci çalışma düzlemidir. Çalışma düzlemleri modelin görüntülenmesi ve düzenlenmesinde, koordinat sistemi tanımlanmasında, sınır ve koşul atamalarında, yani modelin daha anlaşılabilir hale getirilmesinde etkili olan bir kavramdır.



Şekil 3.2.20 WorkPlane2

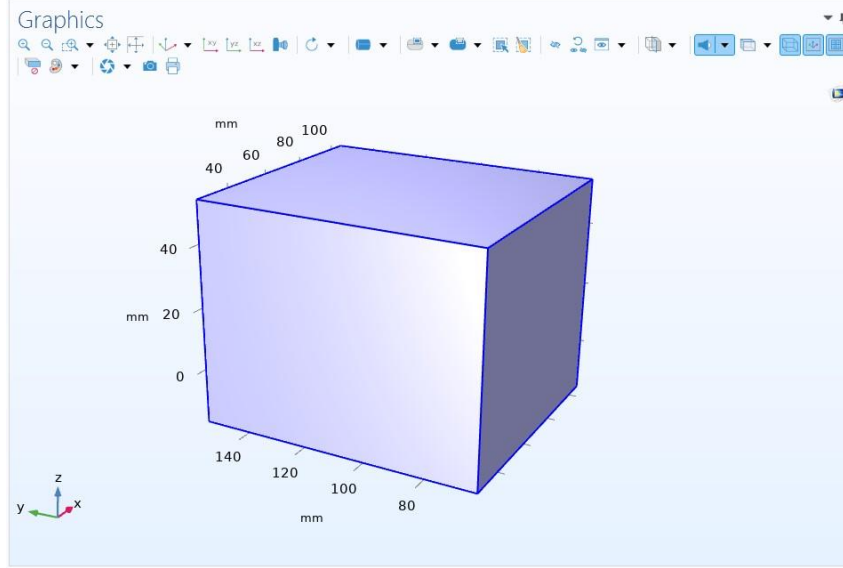
Şekil 3.2.20’de sarı renkle görünen kısım yz düzleminde olması istenen ikinci çalışma düzlemidir.



Şekil 3.2.20 WorkPlane3

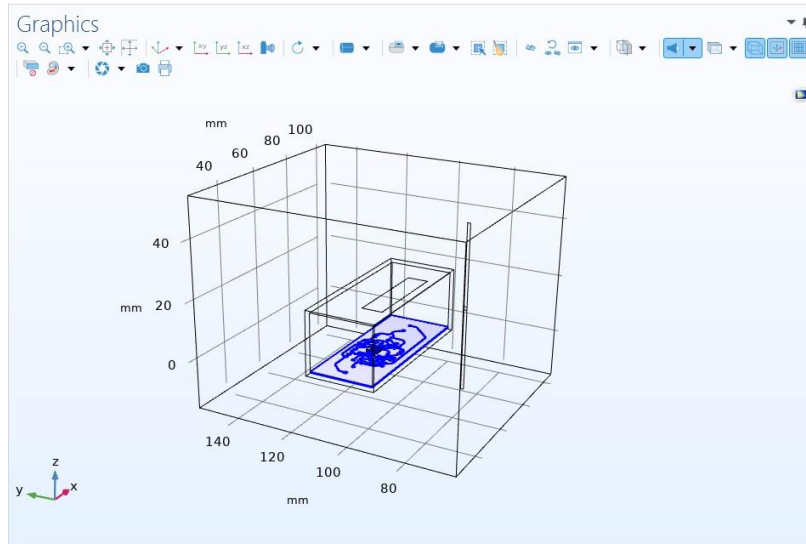
Şekil 3.2.20’de sarı renkle görünen kısım ise zx düzleminde olması istenen üçüncü çalışma düzlemidir.

## Materials Sekmesi



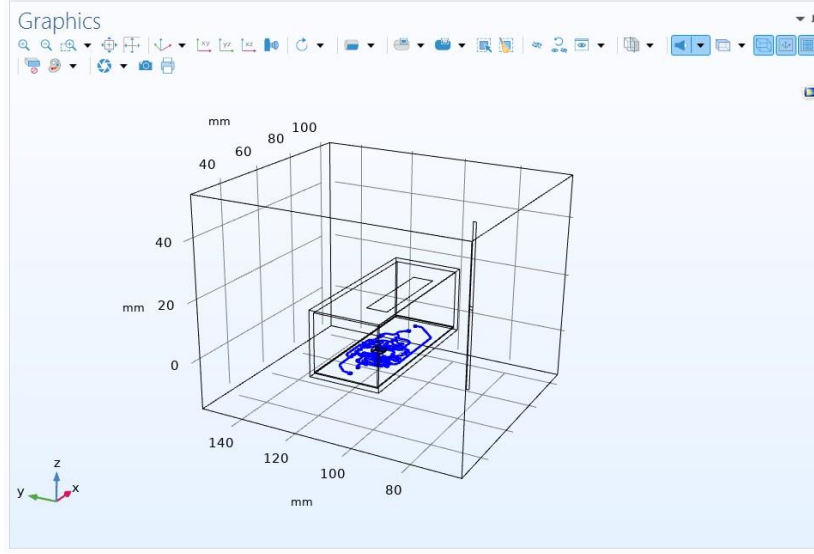
Şekil 3.2.21 AIR

Şekil 3.2.21’de daha önceden tanımlanmış olan Domain’ler için materyal olarak AIR(Hava) tanımlaması yapılmış ve bütün Domain’ler seçilmiştir.



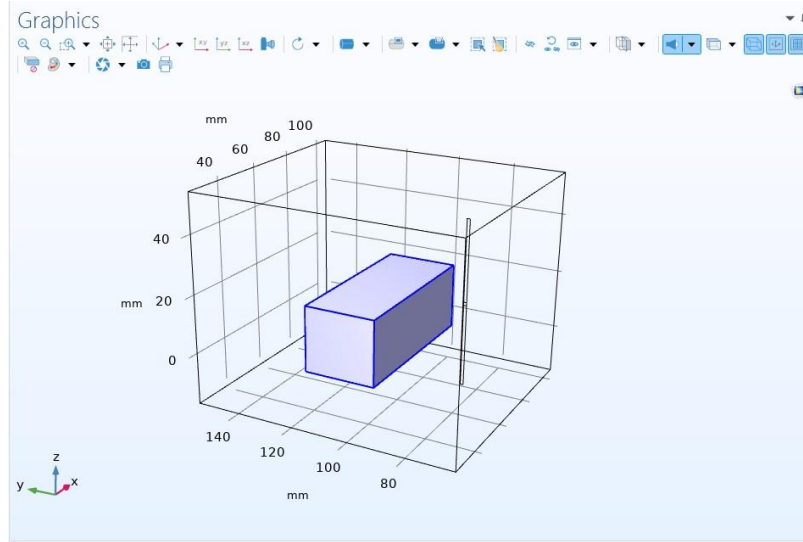
Şekil 3.2.22 FR4

Şekil 3.2.22’de görüldüğü üzere Domain 3 yani PCB’nin materyal malzemesi için FR4 tanımlaması yapılmıştır.



Şekil 3.2.23 Copper

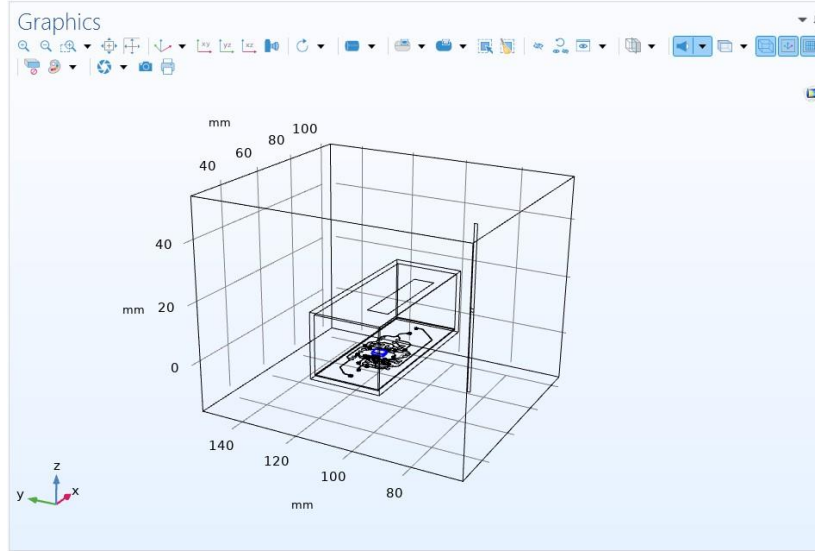
Şekil 3.2.23'te gösterilen mavi alanlar PCB'nin sinyal yollarıdır. Daha önceki aşamalarda PCB Import sırasında Boundry olarak bir grup halinde tanımlanmıştı. Bu bölümde de bu nesne grubuna materyal olarak Copper(Bakır) tanımlaması yapılmıştır.



Şekil 3.2.24 ABS

Şekil 3.2.24'te Domain 2 olarak tanımlanan kabin bölümüne ABS materyal ataması yapılmıştır. ABS (Akrilonitril Bütadien Stiren), bir polimer türüdür ve genellikle mükemmel darbe dayanımı, kimyasal direnç ve maliyet etkinliği nedeniyle çeşitli uygulamalarda kullanılır. Bu malzeme, elektronik cihazların dış gövdeleri veya PCB

(Printed Circuit Board - Baskılı Devre Kartı) kabinleri gibi uygulamalarda yaygın olarak tercih edilen bir malzemedir.

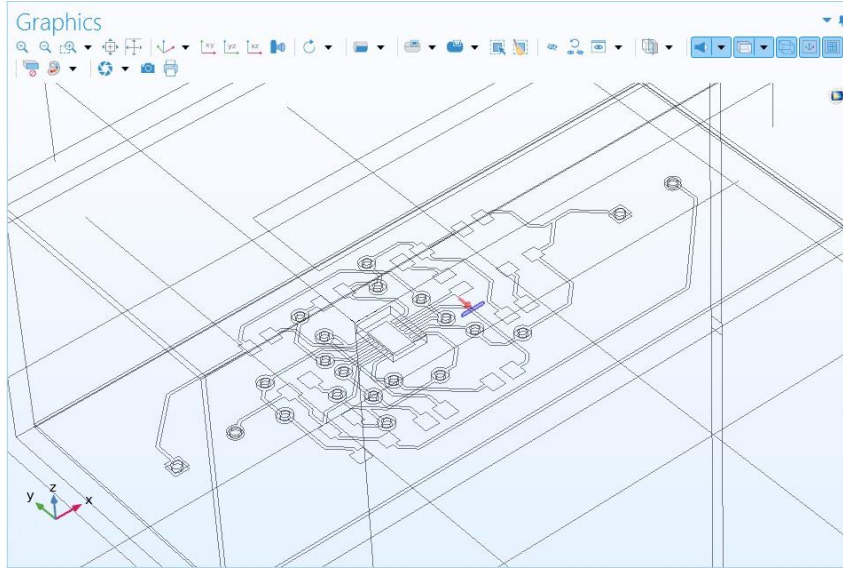


Şekil 3.2.25 CHIP

Şekil 3.2.25'te Block1 için CHIP materyal tanımlaması yapılmıştır. Relative permittivity, Relative permeability, Electrical conductivity değerleri benzer COMSOL Models kısmında EMC analizi yapılan PCB'nin değerleri ile aynı alınmıştır zira LTC3442 IC Chip'i ile ilgili bu konuda net bir bilgiye ulaşılammıştır.



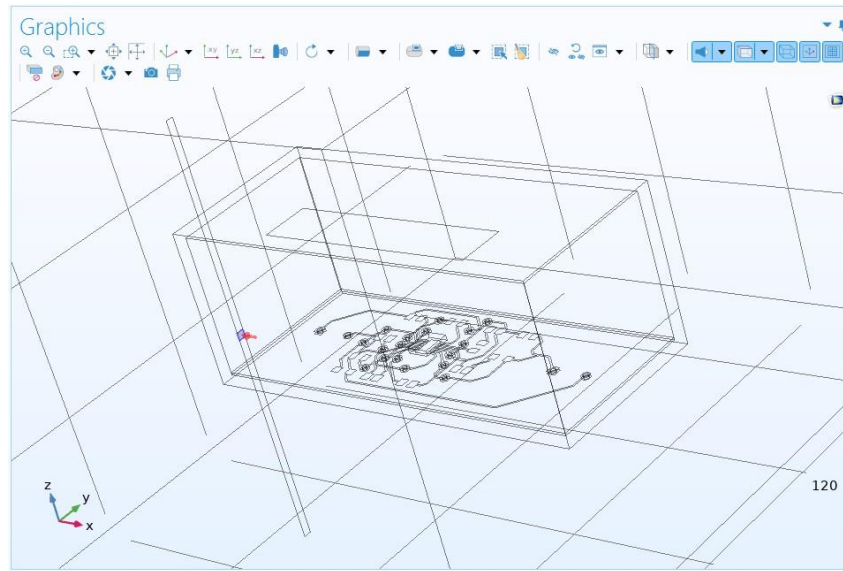
## Electromagnetic Waves, Frequency Domain(emw)



Şekil 3.2.26 Lumped Port 1

### Lumped Port 1

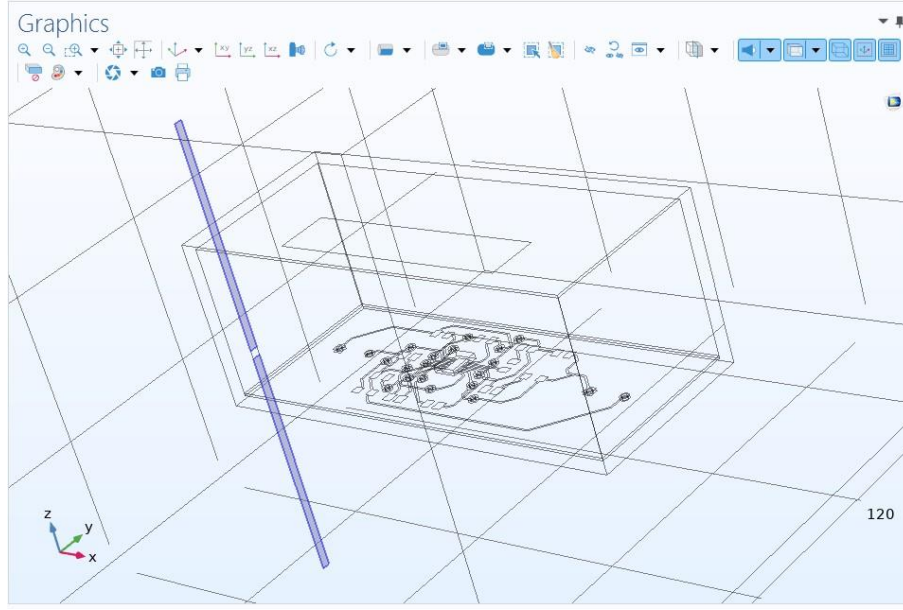
Devre kartının analizinde devre kartını uyarabilmek için kullanılır ve sinyal yolunun belirli noktasının bir gürültü kaynağı olduğu varsayılır. Bu özellik, yalnızca Study 1- Emission seçeneğinde yapılan ilk emisyon çalışmasında etkindir.



Şekil 3.2.27 Lumped Port 2

### Lumped Port 2

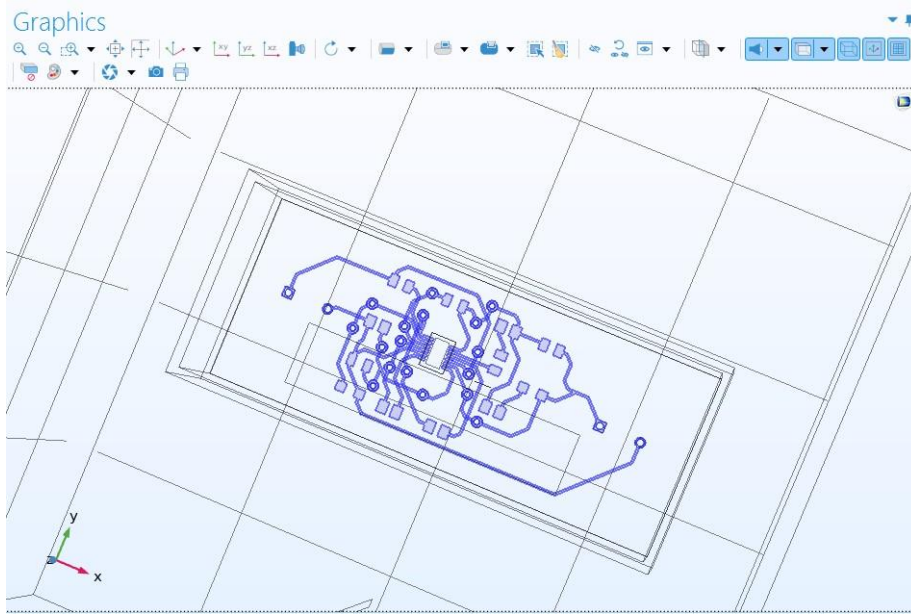
Bu ayar, dışarıdan gelen gürültüyü temsil eden dipol anten için bir gürültü kaynağını tanımlar. Bu özellik, yalnızca Study 2- Immunity seçeneğinde yapılan bağışıklık çalışmasında etkindir.



Şekil 3.2.28 Perfect Electric Conductor 2

#### Perfect Electric Conductor 2

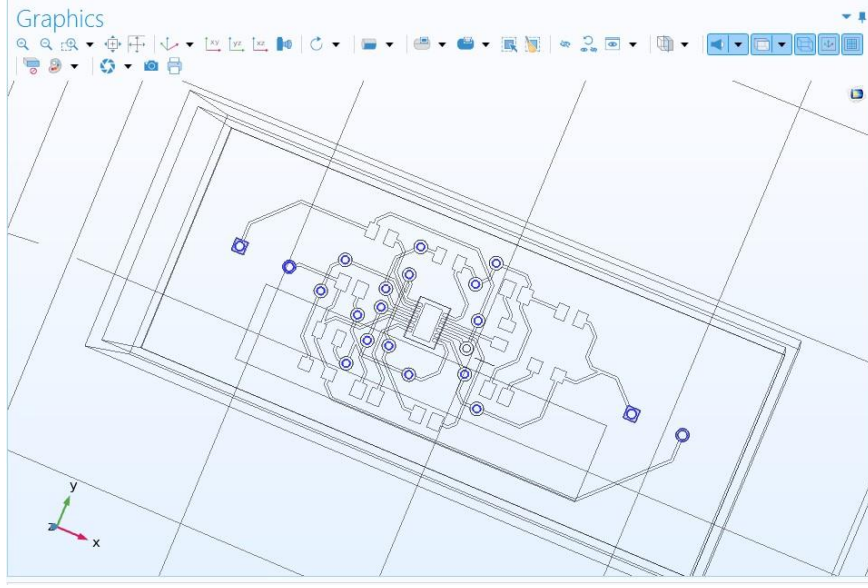
Dipol antenin iletken katmanının kayıpsız olduğu varsayılır. Bunun nedeni modeli basitleştirmektir. Dolayısıyla, Perfect Electric Conductor olarak ayarlanmıştır.



Şekil 3.2.29 Transition Boundry Condition 1

#### Transition Boundry Condition 1

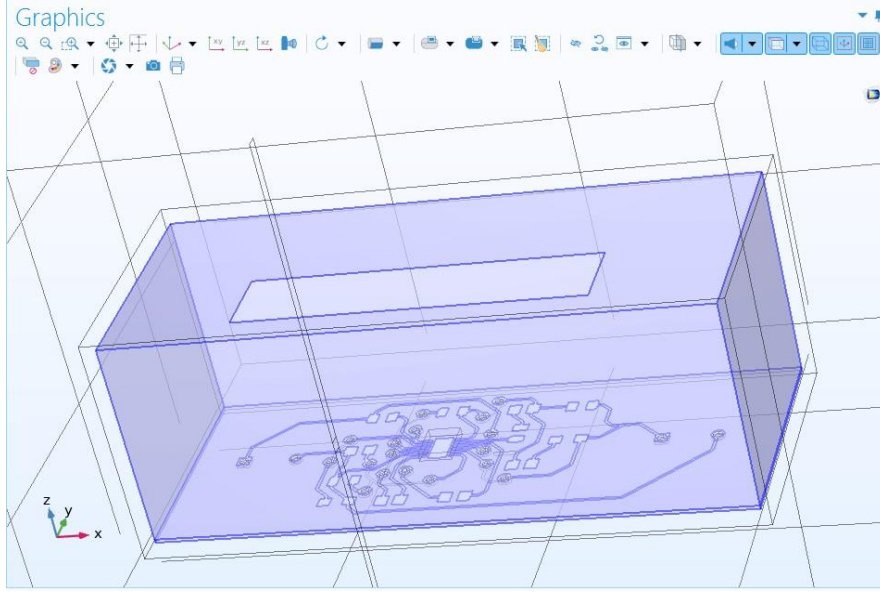
Kayıplı iletken katman, bir Transition Boundry Condition tarafından tanımlanır. Bu özellik, geometrik olarak ince bir katmanın davranışını basit bir sınır olarak modellemek için kullanılmıştır.



Şekil 3.2.30 Perfect Electric Conductor 3

### Perfect Electric Conductor 3

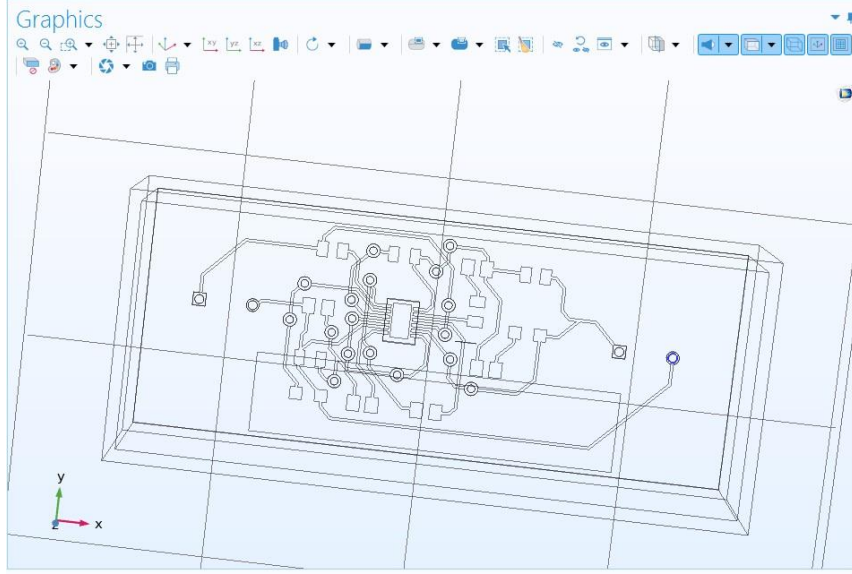
Bu ayarda seçilen kısımlarda kayıp olmadığı varsayılır. Via katmanını seçilmiştir.



Şekil 3.2.31 Perfect Electric Conductor 5

### Perfect Electric Conductor 5

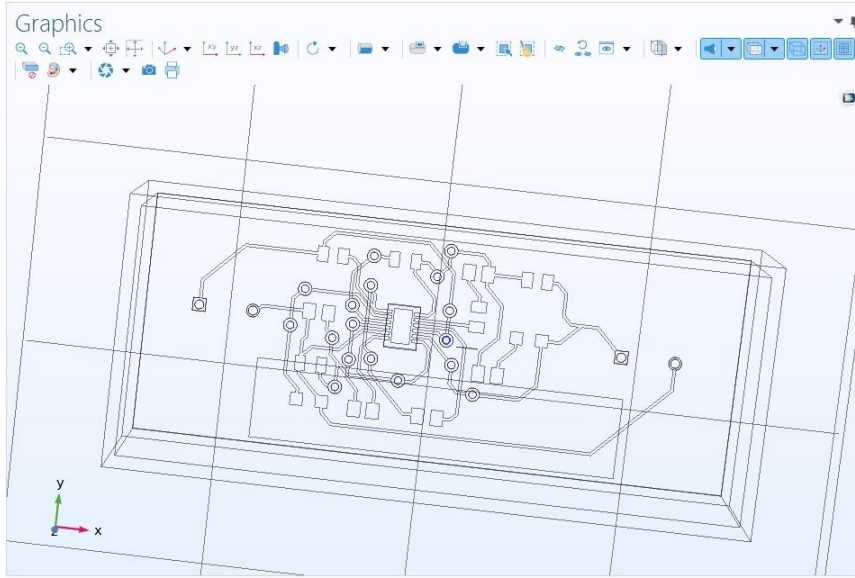
Bu ayarda seçilen kısımlarda kayıp olmadığı varsayılır. Seçilen katman PCB kabinidir ve kabinin iç kısmı mükemmel elektrik iletkeni ile kaplanmıştır.



Şekil 3.2.32 Lumped Element 1

### Lumped Element 1

Gerekli olan durumlarda pasif sonlandırmaları tanımlamak için Lumped Element özellikleri kullanılmıştır. Sayısal olarak, dalga uyarımı olmadan Lumped Port ile aynıdır, ancak S parametrelerini hesaplamaz. Lumped element olarak Via tanımlanmıştır.

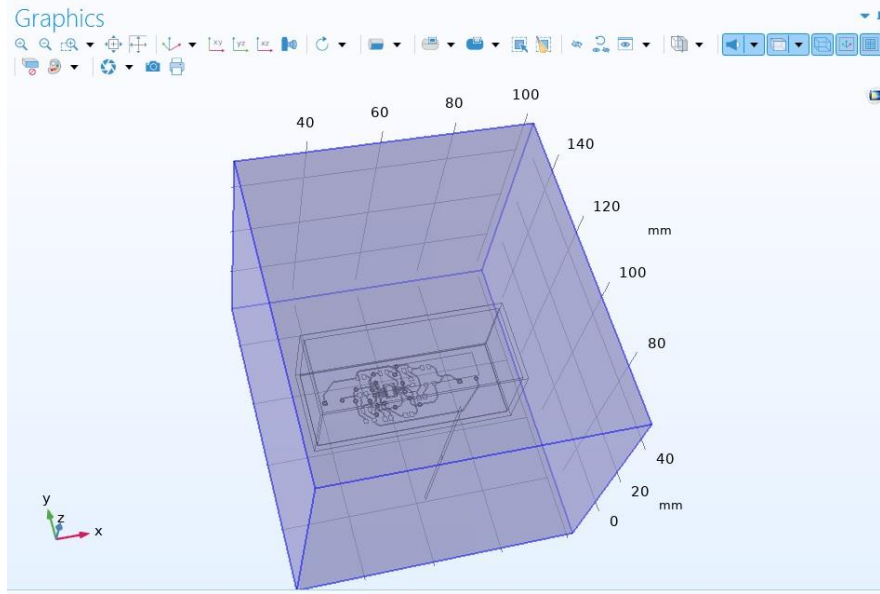


Şekil 3.2.32 Lumped Element 2

### Lumped Element 2

Gerekli olan durumlarda pasif sonlandırmaları tanımlamak için Lumped Element özellikleri kullanılmıştır. Lumped Element olarak Via tanımlanmıştır.

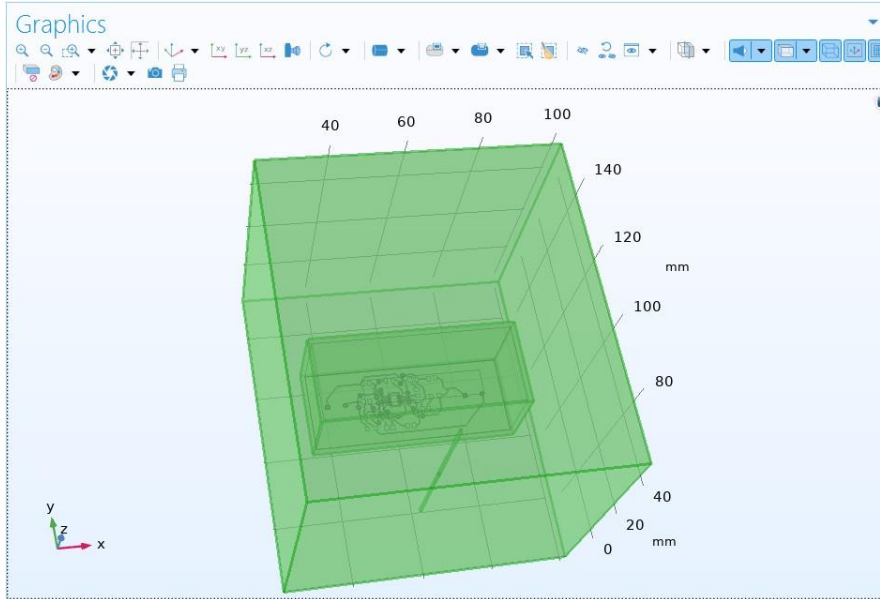




Şekil 3.2.33 Scattering Boundry Condition 1

#### Scattering Boundry Condition 1

En son katmana ulaşan gürültü yansımalarını engellemek için tanımlanmış bir sınır koşuludur. Block 4 bu katmanda sınır olarak seçilmiştir.



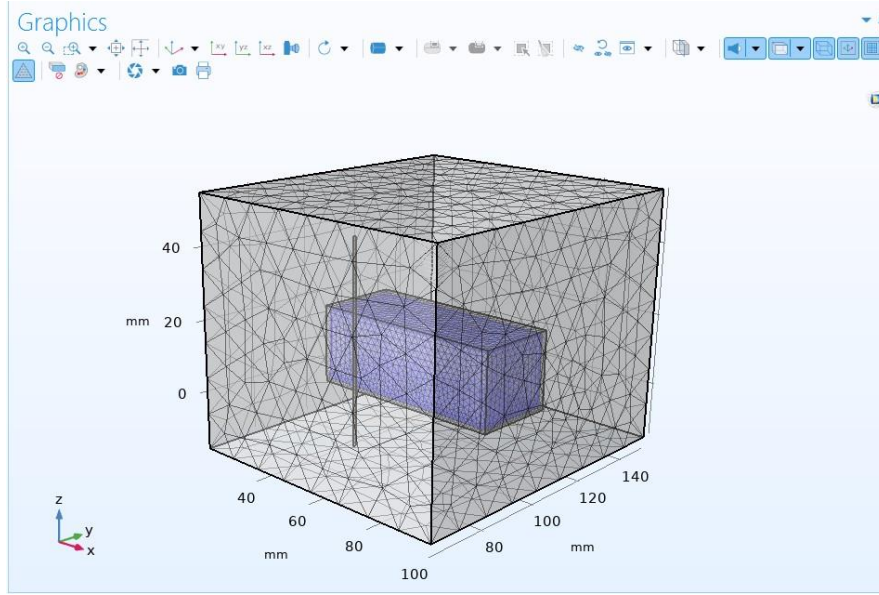
Şekil 3.2.34 Far-Field Domain 1

#### Far-Field Domain 1

Bu sınır koşulu, uyarılan sinyal noktasından uzak bir alandaki gürültüyü hesaplamak için kullanılır. Bu özellik, sadece Study 1- Emission kısmında etkindir.

Far-Field Domain 1 özelliğinin seçimi, Stratton-Chu formülüne dayanarak yakın alandan uzak alan dönüşümünü hesaplamak için hava ortamı gibi homojen bir ortam içermektedir.

## Mesh



Şekil 3.2.35 Mesh

"Mesh" (Ağ) bölümü, simülasyon alanının bir mesh (ağ) üzerinde bölünülen yeridir. Bu aşama, geometriyi ve fiziksel alanları tanımladıktan sonra, simülasyonu gerçekleştirebilmek için analitik bir çözüm yapısına ihtiyaç duyar.

Mesh, geometrik modeli küçük elemanlara (örneğin, üçgenler, dörtgenler veya diğer geometrik şekiller) bölen bir ağıdır. Bu elemanlar, fiziksel alanların özelliklerini belirleyen çeşitli parametrelerle karakterize edilir. Meshing, simülasyonun doğruluğu, çözüm süresi ve kaynak kullanımı açısından önemlidir.

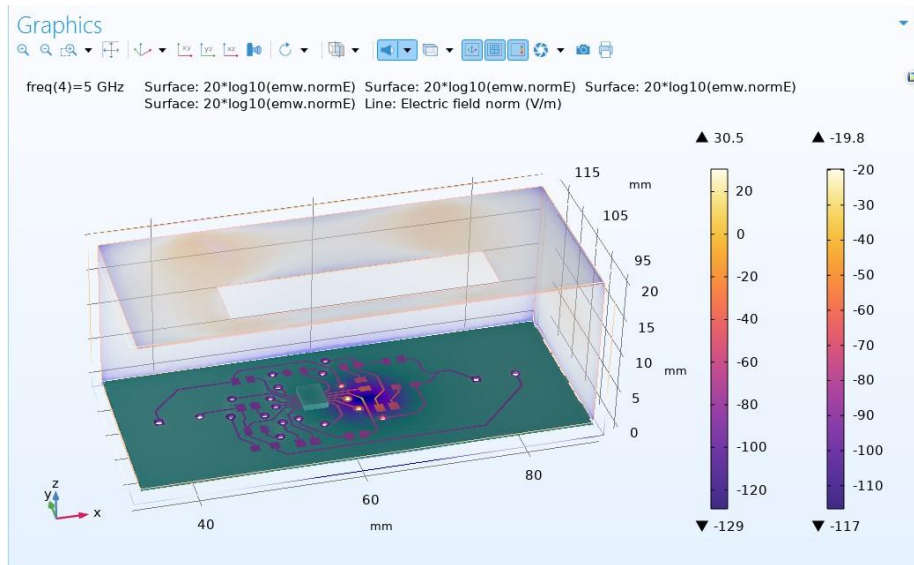
### 3.3. Simülasyon Sonuçları ve Yorumlanması

Simülasyon çalışması sonucunda yapılan çalışmalar ile PCB tasarımı, PCB'nin model ortamına taşınıp EMC analizinin yapılma koşulları büyük ölçüde tamamlanmıştır. İstenilen niteliklerde ve doğrulukta bir analize tam manasıyla ulaşılammış olup bu konu başka bir çalışmada daha tutarlı bir şekilde ele alınacaktır.

## BÖLÜM 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

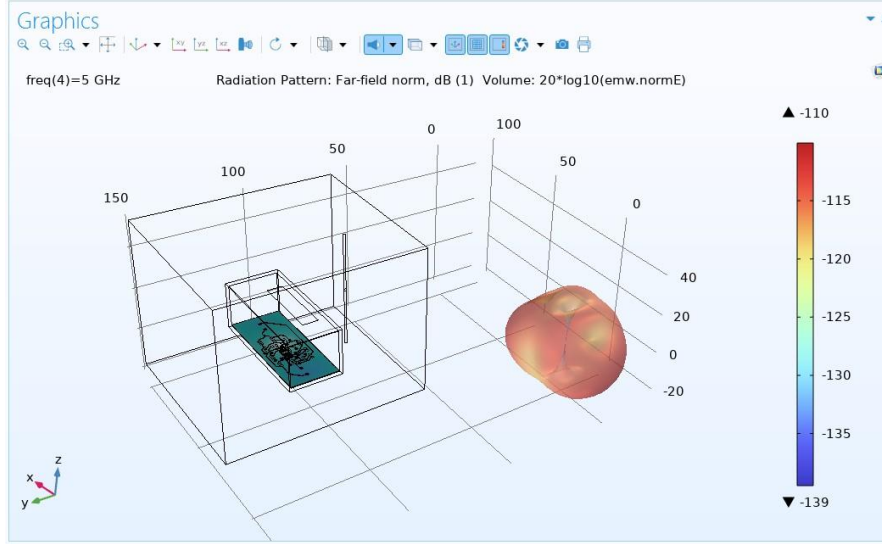
Bu bölümünde TASARIM çalışmanın sonucunda elde edilen bulgular yorumlanarak çeşitli öneriler sunulmuştur. Çalışma sonuçlarının gerçekçi kısıtlar açısından analizi yapılmıştır.

### 4.1. Sonuçlar



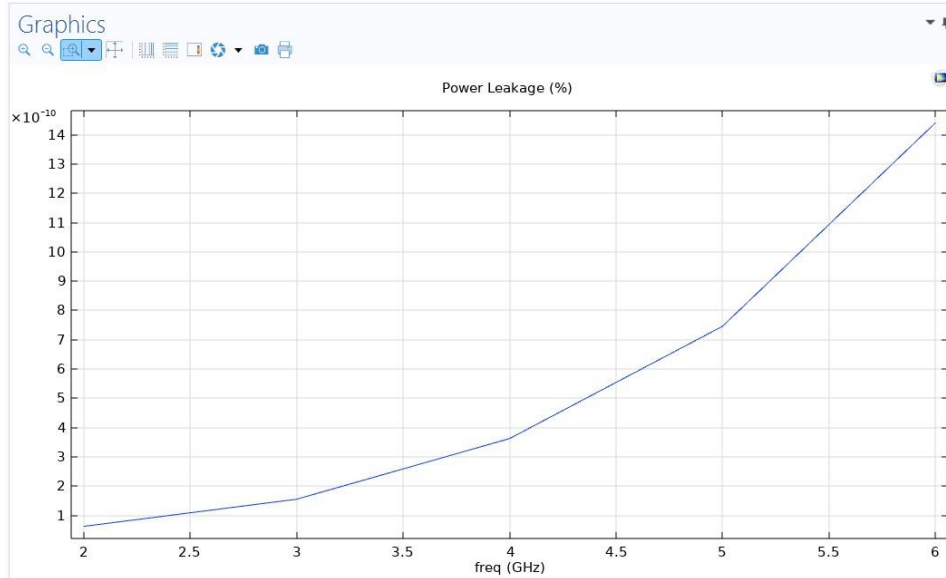
Şekil 4.1.1

Şekil 4.1.1’de elektrik alan grafiği için dB ölçeğinde üç renk tablosu kullanılmıştır. 5 GHz frekans bandında en güçlü uzak alan üretilmektedir. Şekilde radyasyon emisyonunun yönlü alan gücü 3D olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.1.2

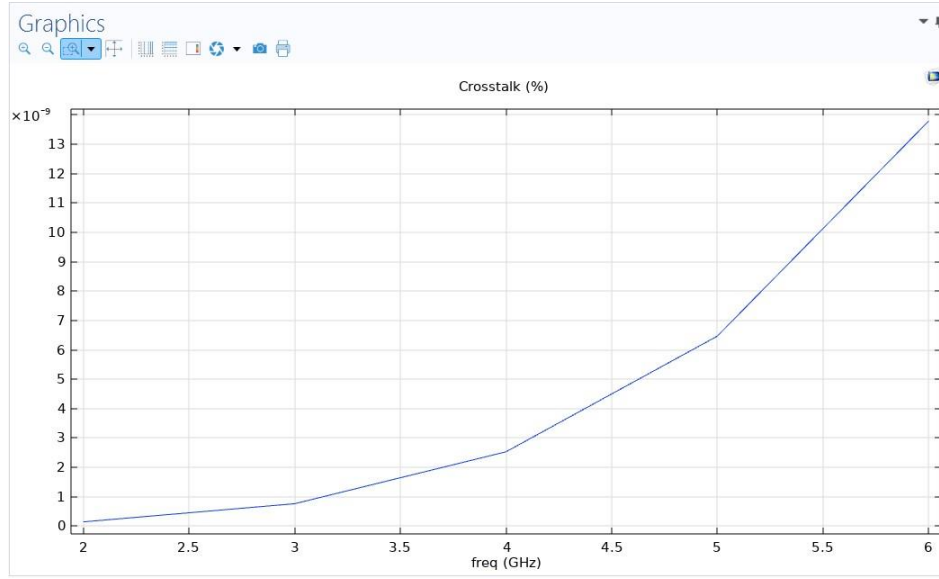
Şekil 4.1.2’de 5 GHz bandındaki yayılan emisyonun uzak alan radyasyonu verilmiştir. Devre kartının elektrik alan ölçeği dB biriminde verilmiştir.



Şekil 4.1.3

Şekil 4.1.3’te zaman ortalaması bazlı güç akışı, toplam yayılan emisyonun hesaplanması için dış sınırlar ile entegre edilmiştir. Çıkış gücü ile giriş gücü arasındaki oran grafiği şekilde yüzde olarak verilmektedir.





Şekil 4.1.4

Şekil 4.1.4'te sinyal yolu ile seçilen hat arasındaki crosstalk etkisi grafiksel olarak gösterilmektedir.

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular simülasyon ile olması gereken en doğru şekilde gerçekleşmeye çalışılmıştır. Bazı dokümantasyon ve bilgi eksiklerinden dolayı elde edilen sonuçlar mutlak doğrulukta değildir. Zaten bu simülasyon çalışmasında amaçlanan durum elde edilen sonuçların doğruluğundan ziyade sonuca giden yolda izlenilmesi gereken yöntemlere ışık tutmaktır.

## 4.2. Öneriler

EMC gerçekten de günümüzde yaygınlaşan birçok elektriksel ve elektronik sistemle önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada da ilgilenilen alan bir PCB'nin EMC analizi olması dolayısıyla PCB tasarımının ne denli kritik bir süreç olduğunu bize göstermektedir. Simülasyon ortamları analiz konusunda problem çözümlerine önemli ölçüde efektif katkılar sağlamaktadır. Bazı deneylerin gerçekleştirilmesinden önce simüle edilmesi oldukça fayda sağlayacaktır. Bu nedenle bu tür analizlerin yapılmasında simülasyon programlarına ve kullanımlarına önem atfedilmesi oldukça elzem bir gerektir.

#### **4.3. Sonuçların Sağlık, evre ve Güvenlik Açısından Analizi**

Önceden öngörülmeyen dış etkenlerin özellikle frekans ve enerji düzeylerindeki dalgalanmaların PCB'nin elektromanyetik uyumluluk performansını etkilediği gözlemlenmiştir. Bu bağlamda EMC analiz sürecinde öngörülmeyen çevresel sorunların ortaya çıkması, tasarımın daha güçlü ve dayanıklı hale getirilmesi gerekliliğini vurgulamaktadır.

## BÖLÜM 5. KAYNAKLAR

- [1] <https://www.comsol.com/model/importing-and-meshing-a-pcb-geometry-from-an-odb-archive-47681>
- [2] <https://www.comsol.com/model/basic-emission-and-immunity-analysis-of-a-circuit-board-89061>
- [3] <https://aktif.net/pcb-tasarimlarinda-elektromanyetik-uyumluluk-emc/>
- [4] <https://www.lvt.com.tr/tr/hizmet/emc-testi>
- [5] <https://chat.openai.com>

## BÖLÜM 6. ÖZ GEÇMİŞ

Recep Faruk ADAK, 1999 yılında Burdur’da doğdu. Lise öğrenimini İzmirde bulunan Tire Fen Lisesi’nde tamamladı. 2017 yılında Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliğini kazandı. Belirli bir süre bu bölümde öğrenim gördükten sonra kendisine daha yakın hissettiği Sakarya Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliğine 2018 yılında geçiş yaptı. Üniversite eğitimi boyunca sadece üniversite mezunu ünvanını kazanmaktan ziyade kendini farklı disiplinlerde geliştirmek için çabaladı. Sosyoloji, felsefe ve psikoloji gibi alanlarda kitaplar okuyup araştırmalar yaptı. Ortaokuldan beri gitar çalmakta ve şarkı söylemektedir. Aynı zamanda kendi yazdığı şarkılarını besteleyip bunları insanların beğenisine sundu. Üniversite hayatında kamp, otostop ve trekking yaparak farklı kültürlerde insanlarla tanışma ve tartışma olanağına sahip oldu. Hayatının inişli ve çıkışlı yıllarından dizlerinin üzerinde değil ayaklarının üzerinde çıktığının farkında olması onu özgüvenli ve kendinden emin biri yapmıştır. Son yıllarda akademik hayatını olması gerektiği gibi sonlandırması gerektiğinin farkında olan bir birey olarak çalışmalarına devam etmektedir. Farkındalığı yüksek ve bilinçli bir öğrenci olarak amacı sadece bir Elektrik Elektronik Mühendisi olmak değil bu hayatı anlamlandırarak öğrendiklerini diğer insanlarla paylaşmaktır. Yaşam onun için disiplinli bir şekilde devam etmektedir.

## TASARIM ÇALIŞMASI SON KONTROL FORMU

		EVET	HAYIR
1	Beyan formu çalışmada bulunuyor mu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Özet bölümü en az 100 kelime içermekte mi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Simge ve Kısaltmalar uygun şekilde yazılmış mı?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Şekiller listesi formata uygun şekilde hazırlanmış mı?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Tablolar listesi formata uygun şekilde hazırlanmış mı?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Başarı ölçütlerinden bahsedilmiş mi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	IEEE Etik kurallar onay formu imzalanmış mı?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Çalışmanın Ulusal ya da Uluslararası standartlar ilişkisi verilmiş mi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Kaynaklar bölümü formata uygun hazırlanmış mı?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Yazım kılavuzuna aykırı durumlar mevcut mu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bu çalışma tarafımdan incelenmiş olup kontrol sonuçları yukarıda verildiği gibidir.

**İnceleyen** :

**Tarih** : 2019-11-13

**İmza** :