# T.C. BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

### Staj Defteri

#### T.C. BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ



	•				••	~	
DD A	TIIZ	C $A$ $T$ $T$ $C$ $N$	/ A 3/T	YAPAN	$\alpha$	$^{\sim}$ DFN	CININ.
$\mathbf{\Gamma} \mathbf{\Lambda} \mathbf{A}$	$\mathbf{n}$	CALISI	IAII	IAFAN	v	JNEN	CHNIIN

Adı, Soyadı	:	Ahmed Melih Ulusoy
•		031511564
Numarasi	•	051511504
Yarıyıl	:	8. Yarıyıl
Programi		Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü

#### PRATİK ÇALIŞMANIN YAPILDIĞI YER VE TARİHİ

KURUMUN	ÇALIŞMANIN	TARİH		GÜN	İŞYERİ YETKİLİSİNİN
ADI	KONUSU	BAŞLAMA	BİTİRME	OLARAK SÜRESİ	YETKILISININ İMZASI
Saygı Mühendislik Ltd. Şti.	Teknik Destek ve Araştırma	31.08.2021	04.10.2021	30	

#### BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ PRATİK ÇALIŞMA ESASLARI

#### Genel Bilgiler:

- 1- Stajlar, Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Staj Talimatnamesine uygun şekilde yapılır.
- 2- Pratik çalışmanın fiili süresinde eksiklik bulunamaz.
- 3- Staj defteri muntazam, temiz ve teknik resim esaslarına uyacak şekilde doldurulur, tarih ve konular açık şekilde belirtilir. Her sahife atölye şefi tarafından ve defterin sonu ise staj yapılan müessesenin sorumlu şahıslarınca mühürlenip tastik edilir.
- 4- Her grup staj aşağıdaki programa göre yapılacaktır.

#### Staj ve Bu Defterin Doldurulması:

- 1- Öğrenciler; staj süresince yapmış olduğu bütün işleri, gerekli resim ve hesapları öğrenci işlerinden alacakları staj defterine kaydedeceklerdir.
- 2- Staj sonunda eksiksiz olarak işlenen ve ilgili bölümleri imza ve tastik ettirilmiş defter iki hafta içinde öğrenci işlerine alındı belgesi karşılığında teslim edilecektir.
- Staj kabul edilmeyen veya noksan olan öğrenci yeniden öğrenci işlerinden alacağı staj defterini kullanacaktır.
- 4- Staj defteri, muntazam, temiz ve teknik resim esaslarına uyacak şekilde doldurulacak, tarih, süre ve konular açık olarak belirtilecektir.
- 5- Staj Defterinin doldurulmasında kullanılacak harf ve rakamların büyüklükleri gösterilen örneğe uygun olacaktır:
  - a- Harfler
  - b- Rakamlar.

## ABCDEFGHIJKLMNOPRSŞTUVXYZ ŞĞÖÜ abcdefghıjklmnoprsştuvxyz şğöü 1234567890

- 6- Yapılan işlerin ve işlenen parçaların krokileri, deftere çizilecektir. Krokiler kurşun kalemle yapılacak ve yapılan işin ölçülerini taşıyacaktır. Yapılan çalışma ile ilgili metin ve kroki için bir sayfa yetmiyorsa, defterin müteakip sayfalarına devam edilecektir. Devam edilen sayfaların başlığına hangi sayfadan devam edildiği yazılacaktır.
- 7- Yapılan çalışma, krokiyi gerektirmiyorsa, defterin ilgili sayfasında çalışma, metin olarak özetlenecektir.
- 8- Staj çalışması için bir defter yetmiyorsa ikinci bir defter kullanılacaktır.

#### STAJ YAPILAN İŞYERİ GÖREVLİLERİNİN YERİNE GETİRMELERİ GEREKLİ HUSUSLAR:

- 1- Staj gruplarında yapılması zorunlu olan çalışmalar dikkate alınarak öğrencilere yardımcı olunmalıdır.
- 2- Staj ile öğrencilerin kazanmaları amaçlanan bilgi ve beceriyi elde edebilmeleri için, Pratik Çalışma süresince öğrencilerle ilgilenecek görevliler işyeri yetkililerince zamanında tespit edilmelidirler.
- 3- Staj çalışmaları ile ilgili aksaklıklar işyeri yetkililerince Dekanlığa bildirilmelidir.
- 4- Staj çalışmalarında öğrencilerin bu defterde yazılı hususları yerine getirmelerine yardımcı olunmalıdır.
- 5- Staj defterinin öğrenciler tarafından doldurulması, defterin kullanılması ile ilgili açıklamalara uyulması sağlanmalıdır.
- 6- Staj defterinin her sayfası işyeri görevlisi tarafından imzalanmalı ve varsa her çalışmaya ilişkin düşünceler açıklanmalıdır.
- 7- Stajın bitiminde, staj defteri işyerinin yetkilisi tarafından incelenerek defterin sonunda bulunan ilgili bölüm imza ve tasdik edilmelidir.
- 8- Ayrı bir yazı ile işyeri yetkilisine gönderilecek olan STAJ GİZLİ SİCİL FİŞİ işyeri yetkilisi tarafından pratik çalışmayı yaptıran görevlilerin görüşleri de alınmak suretiyle staj sonunda bekletilmeden gizli olarak posta ile Dekanlığa gönderilmelidir.

Kısım: Teknik Destek	Süre 31.08.2021 Tarihinden 01.09.2021 Tarihine Kadar 8 saat

#### Yapılan İş: Proje Seçimi

Bugün stajın ilk gününde bir proje belirlenmesi istendi. Proje olarak donanım tasarım konusunda geliştirme yapılabilecek bir proje belirlendi. Bu proje motor sürücü ve kontrolcüsü olarak belirlenmiştir. İlk önce konuya dair teorik bilgiler verilecek ve daha sonar proje gerçeklenme kapsamında Altium Designer programı kapsamında PCB (Printed Circuit Board) tasarımı gerçeklenecektir.

Projeye başlangıç olarak, firçasız motorlar çok çeşitli motor yapılarını kapsar. Bu PM BLDC (Permanent Magnet Brushless Direct Current) terimi ile belirtilir. Varsayılsın ki, düşük maliyetli bir PM BLDC motor aranıldığı düşünülsün. Radya kontrollü elektrik motorları, doğru sürüldüğünde şaşırtıcı miktarda tork ve güç sağlayabilen çok yüksek kaliteli firçasız motorlardır. Elektrik motorları hareket üretmek için dönen bir manyetik alan gerektirir. Klasik DC motorlarında bu bir komütator (commutator) kullanarak sağlanılır. Komütator, esasen çoklu iletken bantlara sahip bir halkadır. Bu bantların her biri motorun kontaklarından biridir ve firça adı verilen grafik kontaklar daha sonar bu iletken kontaklara bastırır ve sırayla bir DC güç kaynağına bağlanır. Motorun dönüşü, firçaların temas ettiği noktayı değiştirerek motor sargılarına giden alternative bir akım yaratır. Bariz dezavantaj, mekanik temasların tüm dezavantajlarını (EMI, kıvılcım, iletkenlik azalımı...) ortadan kaldıran ve beraberinde getiren yumuşak bir temas noktasına sahip olunmasıdır.

Modern zamanlarda bu tür motorları geçmişte bırakmak için çeşitli faktörler bir araya getirilmiştir:

- ► Ucuz ve güçlü toprak mıknatısları
- ► Ucuz ve yetenekli mikrodenetleyiciler
- ► Katı hal güç anahtarlamasındaki gelişmeler (Güç MOSFET'leri)

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

T C A D I	Süre 01.09.2021 Tarihinden 02.09.2021 Tarihine
Kısım: Satış ve Pazarlama	kadar 8 saat

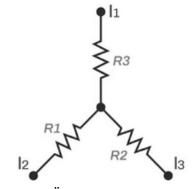
#### Yapılan İş : BLDC Motorlar Hakkında Teorik Bilgi Verilmesi, Tasarım Konusunda Çeşitli Makale ve Notlardan Bİlgi Edinilmesi

Bugün dün başlanan motor kontrolcü ve sürücüsü projesine devam edilmiştir. BLDC motorlar hakkında bilgi verilmeye devam edilmiştir. BLDC motorların avantajları:

- ► Daha yüksek güç/ağırlık oranı
- ► Daha yüksek hız
- ► Çok daha yüksek tork
- ► Uzun ömürlülük
- ► Daha güçlü motorlardan daha düşük fiyat

Ek olarak, BLDC motorlar doğrudan hareket geribeslemesi (encoder vs.) olmadan elektronik olarak control edilebilir. BLDC motorlara temellerine değinilecektir.

BLDC motorların nasıl sürüldüğü konusu önemlidir. BLDC motorlar için en yaygın kullanılan konfigürasyon, üç – fazlı bir yıldız kurulumudur. Aşağıdaki şekilde bir gösterim verilmiştir. Gösterilen her bir direnç motorun kanatlarını temsil eder.



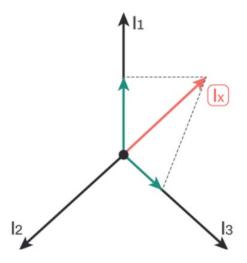
Şekil 1. Üç fazlı yıldız gösterimi

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

V Talmile Dontale	Süre 02.09.2021 Tarihinden 03.09.2021 Tarihine
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat

#### Yapılan İş: Motor Sürme Temelleri

Bugün motor sürme temellerine devam edilecektir. Her eksen, her bir sargıdan akan akımı temsil eder. Üç vektörün toplamı motorun manyetik alanının bir temsilini verir. İx'in sistemde akan gerçek bir akım veya sürücü tarafından sağlanan toplam akım değil, manyetik alan cinsinden eşdeğer akımın bir temsili olduğu unutulmamalıdır. Rotor kendisini İx vektörüyle hizalamaya çalışacaktır. Rotorun sürekli dönmesi için motor sargılarıyla oluşturduğumuz manyetik alanın doğru hizada dönmesinin sağlanması yeterlidir.



Şekil 2. Yıldız sargı akımı gösterimi

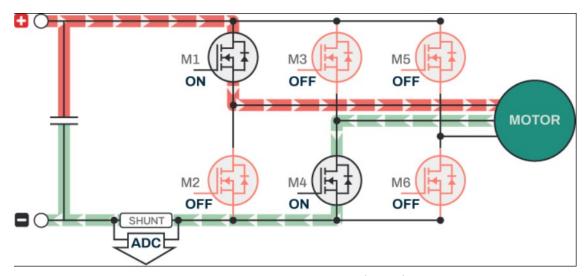
Bu gösterim yoluyla sistemin birçok ilginç fiziksel parametresi belirlenebilir. Sürüş hızının, Ix vektörünün belirli bir süre içinde tamamladığı devir sayısıdır. Gerçek hız, rotor vektörünün belirli bir süre içinde tamamladığı devir sayısıdır. Tork, Ix vektörünün açısal mesafesi ve rotor vektörü ile orantılıdır. Bu değer bir sınıra kadar geçerliliğini korumaya devam eder.

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

Tales II David	Süre 03.09.2021 Tarihinden 04.09.2021 Tarihine
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat

#### Yapılan İş: BLDC Motor Sürme Metodları

Bugün BLDC motorun sürme metodları hakkında bilgi verilecektir. Tasarımın önemli bir bölümünü bu kısım olşturacaktır. Temelin anlaşılması açısından önemli bir noktadır. BLDC motorları için çok benzer control şematikleri bulunur. Çoğu durumda sürücü devresi aşaüıdaki şekilde gösterildiği gibidir.



Şekil 3. BLDC motor sürücü devresi

Tüm MOSFET'lerin bir kapı sürücüsü (gate driver) ihtiyacı olacaktır çünkü kapıları hızlı bir şekilde açıp kapatmak için akım çekimi muhtemel bir mikro denetleyicinin sağlayabileceğinin ötesindedir ve FET'in drain-source (akaç-kaynak) bağlantısının direnci, daha yüksek kapı voltajları ile azalır. En uygun tasarım, altı konumun tamamı için N-kanallı MOSFET'leri kullanmaktır çünkü onların P-kanallı muadillerine göre önemli ölçüde daha az drain-source direncine sahiptirler.

Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası		

w	Süre 04.09.2021 Tarihinden 05.09.2021 Tarihine
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat
Yapılan İş : Motor Sürücü Devre	si
Motor sürücü devresi v	e teorik bilgilerin verilmesi işlemlerine devam edilecektir. En uygu:
	in N-kanallı MOSFET'lerin kullanmak olduğu önceki günde veri

Motor sürücü devresi ve teorik bilgilerin verilmesi işlemlerine devam edilecektir. En uygun tasarımın, altı konumun tamamı için N-kanallı MOSFET'lerin kullanmak olduğu önceki günde verilen bilgilerle gösterilmiştir. Ancak bu daha yüksek bir voltajda çalıştırmak için yüksek kutup kapı sürücüsünün kullanılması gerekir. Hlf-bridge driver seçimi iyi bir fikirdir. Bu herhangi bir köprünün hem yüksek hem de alçak tarafının kazara aynı anda açılmasını önleyecektir; bu durum geçiş olarak bilinen tehlikeli bir durumdur. (shoot-through)

BLDC motorun sürülmesi için iki temel yöntem vardır:

- ► Trapezoidal
- ► Sinusoidal

Sinüsoidal sürme genellikle Field Oriented Control (Alan Odaklı Kontrol – FOC) denir. Bu iki ilke genellikle birlikte kullanılır, ancak motorun sinüzoidal sürme control denetleyicisi otomatik olarak bir FOC sürücüsü yapmaz.

Bu iki temel sürme stratejisine atıf yaparken, bunun Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM) aracılığıyla yapıldığı varsayılmaktadır. Tranzistörleri çok uzun düre açık tutmak asla iyi bir fikir değildir. İlk olarak Trapezoidal sürme hakkında teorik bilgiler verilecektir. Daha sonra sinusoidal sürme hakkında teorik bilgi verilecektir. Ardından iki sürme teniği hakkında kıyaslama yapılacaktır.

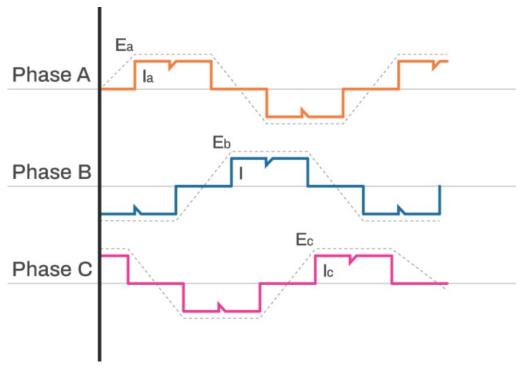
Trapezoidal sürmede bilinmesi gereken ilk önemli olgu, herhangi bir zamanda yalnız bir faz parçası aktiftir. Stajın diğer gününde Trapezoidal sürme şematiği gösterilecektir.

Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

W. Talanda Dantah	Süre 06.09.2021 Tarihinden 07.09.2021 Tarihine
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat

#### Yapılan İş: Motor Sürücü Tasarımı ve Trapezoidal Sürme Tekniği

Bugün stajda motor sürücüsü tasarımına ve teorik bilgiler verilmeye devam edilmiştir. Projede şuan Trapezoidal sürme şematiği şematiği verilecek ve temellerini anlatılacaktır.



Şekil 4. Trapezoidal sürme şeması

Görüldüğü gibi, tam döngü sadece altı farklı duruma sahiptir. Her fazing iki olası koşulu vardır. HIGH (yüksek) veya LOW (düşük). Bununla birlikte HIGH çekilen tüm fazlar veya LOW çekilen tüm fazlar, sargılardan akım akmayacağından aktif olmayan durumlardır. İdeal seçenek her iki aktif fazı da module etmek olsa da, gereken PWM çıkışlarının sayısını azaltmak için bir öneri yüksek taraf (HIGH side) tranzistörlerini module etmektir. Görüldüğü üzere Trapezoidal sürme grafiği gösterilmiştir ve temel çalışma durumu açıklanmıştır.

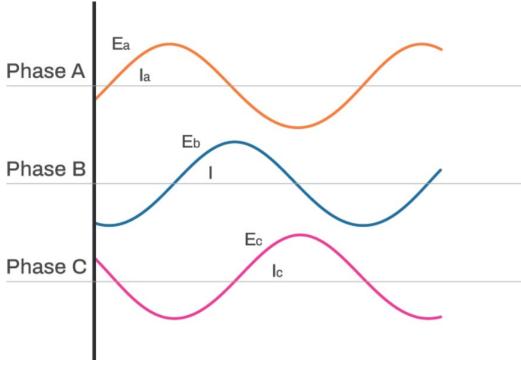
Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

W. Talanda Dartala	Süre 07.09.2021 Tarihinden 08.09.2021 Tarihine
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat

#### Yapılan İş: Sinüzoidal Sürme Tekniği

Bugün motor sürücü devresinin bir düğer sürme tekniği olan sinüzoidal sürme tekniği gösterilecek ve temel düzeyde çalışma biçimi açıklanacaktır.

Sinüzoidal sürmede, sargı akımını kademeli olarak module etmek için PWM kullanılır. Daha karmaşık bir sürüş mekanizmasıdır, ancak çoğu durumda çok daha iyi performans sağlar. Bu kısımda dikkat edilmesi gereken bir ayrım, BLDC ile Kalıcı Mıknatıs Senkron Motor (PMSM) karşılaştırmasıdır. Fark, sargıların yapısından kaynaklandığından, birçok üretici her iki türe de atıfta bulunmak için her iki terimi de kullanacaktır. Aşağıda sinüzoidal sürme tekniği gösterilmiştir.



Şekil 5. Sinüzoidal sürme şeması

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

V Takuik Dagtak	Süre 08.09.2021 Tarihinden 09.09.2021 Tarihine
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat

#### Yapılan İş: Motor Sürücü ve Kontrol Frekansı

Motor sürücü devresinin projesinde bugün sinüzoidal sürme tekniği hakkında bilgi verilmeye devam edilecektir.

Önceki gün verilen bilgilere ek olarak, motor tipinin belirlemeye yönelik hatasız test, Back EMF (BEMF) ölçmektir. Bu motorun dönerken oluşturacağı voltajdır. Sürme planını bu BEMF'nin şekline uydurulması istenir. Güç aşamasında hiçbir fark olmadığının (sinüzoidal daha iyi akım ve konum algılaması istemesine ragmen) ve her iki stratejiyi kullanarak her iki motor türünü de sürülebileceği unutulmamalıdır.

#### Sürme ve Kontrol Frekansı

Bu noktada tipik bir karışıklık kaynağı, sürme frekansı (driving frequency) ile kontrol frekansı (control frequency) arasındaki farktır. Genel anlamda, sürme frekansı PWM darbelerini frekansı iken, kontrol frekansı kontrol sisteminin frekansıdır. (bir "Control Cycle" için geçen süre) Çoğu sistem için sürme frekansı 20 kHz ile 80 kHz arasında olurken, kontrol frekansı tipik olarak 1 kHz ile 5 kHz arasında olacaktır.

Sürme frekansı, daha yüksek bir sürme frekansı benimsemek bizlere çoğunlukla donanım kısıtlama getirecektir. Daha hızlı kapı sürücüleri (gate driver), kontrolcüde daha hızlı PWM modülleri daha hızlı tranzistörler ve açma-kapama özelliklerinin daha sıkı kontrolünün gerektirecektir. Bazı devrelerde daha yüksek sürme frekansları kullanmanın önemli faydaları vardır. Daha hızlı bir PWM, akımların daha iyi ayrıntı ölçeğinde kontrol etmeyi sağlar ve sinüzoidal kontrolün daha küçük adımlardan daha fazla sayıda olmasına izin verir. Bu dürme akımınız ile motorunuzun empedansı arasındaki uyumsuzluğu azaltarak genel performansı artırır. Daha yüksek frekansların kullanımı bazı durumlarda EMC'yi düzenlemeye yardımcı olabileceği ve daha yönetilebilir hale getirebileceği anlamına gelir. (Trapezoidal'de Sinüzoidal'den daha fazla EMC uyumsuzlupu mevcuttur.)

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

Kısım: Teknik Destek	Süre 09.09.2021 Tarihinden 10.09.2021 Tarihine
Risim: Teknik Destek	kadar 8 saat

#### Yapılan İş: Motor Kontrol Frekansı

Önceki staj gününde sürme ve kontrol frekansları hakkında bilgiler verilmiştir. Bugün kontrol frekansı konusundan devam edilecektir.

Kontrol frekansında, ADC'lerin frekansı tipik olarak kontrol frekansını belirler. Seçilen kontrol algoritmalarına bağlı olarak hesaplama hızı da bir faktör olabilir. Kontrol frekansını artırmanın genel yolu, denetleyici kapasitesinin (çalışma frekansının bilgi işlem gücü) arttırmak veya DSP'lerde kesirli gösterimlerin avantajını kullanarak haberleşme uygulamasını geliştirmektir. Kontrol frekansını artırmaya yönelik ana iyileştirmeler, yük geçişlerine (load transitions) yanıt verme yeteneğindeki artmasından gelir ancak bu büyük ölçüde özel uygulamalara bağlıdır. Çoğu uygulama için kontrol frekansı günümüzde zorlayıcı bir problem değildir. Zaman duyarlı iletişimleri ve motor sürüşüne bağımsız olarak yönelmek için çift çekirdekli MCU veya çift MCU yapılandırılması kullanmak endüstriyel sektörde popülerliği artan bir çözümdür. EtherCat gibi daha zorlu protokoller daha yaygın olarak benimsendikçe muhtemelen daha genel bir trend haline gelecektir.

Genel olarak kontrol, bir değeri ölçmeyi onu bir referansla karşılaştırmayı ve bir dizi kurala göre fark üzerinde hareket etmeyi içerir. İyi bir donanım tasarımı için hangi değerlerin ölçülmesi gerektirdiğini bilmek yeterlidir. Bizim için en kritik değişkenler rotor konumu ve sargı akımıdır.

Rotor pozisyonu Hall-effect sensörleri ile veya BEMF ölçülerek tespit edilebilir. Hall-etkisi sensörleri, birçok BLDC rotor konumlarını tespit etmek için Hall etkisi sensörlerini içerecektir. Bu hall etkisi sensörleri analog veya dijital olabilir. Hall etkisi sensörlerinin çoğu pull-up direnci gerektirir ve filtreleme her zaman tavsiye edilir.

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

II Tolynik Dogadok	Süre 10.09.2021 Tarihinden 11.09.2021 Tarihine
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat

#### Yapılan İş: BEMF, Rotor Konumu

Bugün motor sürücü projesinin BEMF konusundan devam edilecektir. BEMF, geri EMF rotor konumunu tahmin etmek için kullanılabilir. ( özellikle sinüzoidal BEMF motorlarında) Bu yapılanmaya genellikle sensörsüz kontrol denir, ancak bu yapılanmanın önemli bir uyarısı vardır; static bir rotor BEMF oluşturmadığından konum yalnızca roto hareket halindeyken ölçülebilir. Bu, başlangıç konumunun genellikle bilinmediği anlamına gelir, bu nedenle motorun çalıştırılması özel işlem gerektirecektir.

Sarma akımı, Arıza durumlarını tespit etmenin yanısıra, sargı akımını bilmek dolaylı olarak torku ölçmemizi sağlar. İyi bir akım kontrolüne sahip olmak, statörümüzün ürettiği manyetik alan gücünün (Ix vektörü) bilmek için çok önemlidir. Bu alan ile rotor arasında sabit bir açısal mesafe koruyarak motorun torku ölçülebilir. Trapezoidal kontrol için, herhangi bir zamanda bir sargı aktif olduğundan her sargı için akım yerine toplam akım ölçülerek bir miktar tasarruf sağlanabilir.

Diğer değişkenlerine değinmek gerekirse, aslında önceki iki başlık çoğu kontrol şeması için gerekli olan tek şeydir. Yüksek örnekleme hızları kullanarak konumu ölçmek, kontrole bazı basit işlemler eklememizi sağlar. Bu, hız, ivme ve sarsıntının hesaplanmasını sağlayacaktır. Bazı uygulamalar için toplam akımı ölçmek, bazı yaygın arıza türlerinin tespit edilmesine yardımcı olduğundan iyi bir seçenek olabilir.

Sıra BLDC sürücünün prtik olarak tasarlanmasına gelince ilk olarak yapılması gerekenleri listelemek önemli bir başlangıç adımı olabilir. Güç kaynağımız, en az üç hücreli (3S LiPo) bir lityum polimer pil olacaktır. Bu bataryalar için Kabul edilebilir aralık 10V-13V aralığıdır. Minimum 9V giriş voltajı ve maksimum 20V giriş voltajı ile ekstra alan sağlayabiliriz. Maksimum toplam akım 30A olacaktır. Sağlam bir sürücü istediğimizden (ve pillere zarar vermek istenilmediğinden) toplam akım kontrol edilir ve sürücünün 45A'e kadar bir tepe akımı için tasarım yapılabilir.

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

T. T. L. Ch. D. A. L.	Süre 11.09.2021 Tarihinden 12.09.2021 Tarihine
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat

#### Yapılan İş: BLDC Motor Sürme Devresinin Tasarımı

Stajın bu gününde Pratik bir BLDC motor sürücü devresi tasarım projesine devam edilecektir. Önceki gün verilen teorik ve Pratik bilgilere ek olarak, özelliklere biraz bindirmek iyi bir fikirdir. Çoğu durumda, müşterinin testten sonra kartın gücünü artırması gerekecektir. Nominal değerlere x1.5 faktörü eklemek genel bir kuraldır. Bu tasarımda belirli bir motor hedeflenmemiştir, bu nedenle hem Hall etkisine dayalı hem de sensörsüz konfigürasyonları kullanabilmek ve hem trapezoidal hem de sinüzoidal sürüşü desteklenmesi isteniyor. Bu şekilde aynı donanıma sahip her iki motor tipini de hedefleyebilir ve sonar firmware ile çalışırken seçim yapabiliriz. CUI'nin AMT serisinden harici bir kodlayıcı için ek girdiler sağlanacaktır. PWM tabanlı bir arayüz amaçlar için yeterli olsa da, denetleyici için bir UART arayüzü kullanılacaktır. Bu, özelürün yazılımı oluşturulduğunda kendi komut dizinini tanımlamak için ST Motor profil oluiturucuyu kullanılmasına izin verir. Temel bir TTL UART (3.3V), işleri basit tutmak için yeterli olacaktır ve standart bir USB'den UART'a dönüştürücü aracılığıyla erişilebilir.

Şimdi sırada komponenet seçimi konusunda değinilmesine gelmiştir. Denetleyici seçimi, denetleyici sürücünün belirleyici özelliklerinden biri olacaktır. Seçimleri üç husus etkilemelidir. İşlem gücü (Computational Power), daha karmaşık kontrol stratejileri yapmak planlanıyorsa, Bir ARM Cortex M0 veya daha iyi birisi olabilir.

PWM karakteristiği, denetleyici temel sinyalleri oluşturmaktan sorumlu olacaktır. Çoğu durumda 20 kHz'lik bir PWM yeterince iyidir ancak hangi motorları kullanmayı planladığınıza bağlı olarak sınırlayıcı bir faktör olabilir (örn, düşük endüktanslı motorlar)

Motor konrrolü alanı yaygındır, bu nedenle birçok özel MPU mevcuttur. Hızlı ADC'ler, karşılaştırıcılar ve hatta DC/DC veya kapı sürücüleri. Tüm bu özellikler gerçek zaman tasarrufu sağlayabilir.

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

Kısım: Teknik Destek	Süre 13.09.2021 Tarihinden 14.09.2021 Tarihine
	kadar 8 saat

#### Yapılan İş: Komponent Seçimi

Projenin komponenet seçimi konusunda bu staj günüde devam edilecektir. Şimdı sırada denetleyici seçimi için Pratik bir örnek oluşturacak şekilde seçilen denetleyici ve fazla detaya girmden özelliklerinden bahsedilecektir.

Seçilen bir STSPIN32FO komponenti kullanarak tüm bu zaman kazandıran fırsatlardan yararlanılacaktır. Bu ST ürünü aynı zamanda kontrol cihazının donanım yazılımını otomatik olarak oluşturmak için bize birçok yazılım aracı sağlayacaktır. Bu kodlama için daha az zaman ve maksimum performans için cihazı ayarlamak için daha fazla zaman harcanacak demektir.

Güç bölümü için, sargı akımını değiştirecek gerçek transistor köprüleri ve arayüzler için, hemen hemen doğrudan olsa da girişlerimizi ESD ve diğer arızalardan korunması gerekecek ve kodlayıcıya bir güç kaynağı sağlanması gerekecektir. İlk önce ST'nin "Motor Control Wokbench"ini kontrol edilmelidir. İlk önce onu kullanmak seçimi sınırlayabilir. Tasarımın son aşamasında, denetleyicinin bir sınırlaması olduğunu aniden öğrenmek istenilmez.

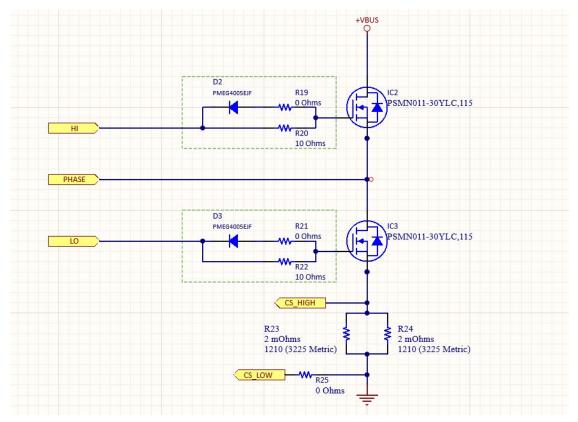
Güç kısmında component önerisi olarak, sargı akımını değiştirmek için üç NMOS yarım köprü kurmak gerecektir. 48V eşiğinin altında çalışıldığı için GaN tabanlı teknolojiler gibi egzotik tranzistörleri düşünülmesine gerek yoktur. Standart silicon-karbür bazlı bileşenler bize en iyi performasnı verecektir. Stajın sonraki gününde örnek bir tasarımın Altium Designer da çizimi gösterilecektir. Belli tasarım aşamaları açıklanacak ve tasarım ilerlemesi sağlanacaktır. Şekilde çizilen dirençleri temel olarak sinyallerin yükselme ve alçalma sürelerinin belirlenmesinde değerlendirilir. Direnç kullanımın birçok farklı alan türü vardır. Burada kullanılmasının nedeni sinyalerinin yarlanması ve regülasyonudur.

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası					

W. Talash Dadah	Süre 14.09.2021 Tarihinden 15.09.2021 Tarihine				
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat				

#### Yapılan İş: PCB Kartın Şematiğinin Çizimi

Stajın bu gününde tasarımın çizilmesine geçilmiştir. Şekil üzerinden tasarım notları verilecektir. Böylelikle inceleyen kişi için soru işareti kalmaması sağlanacaktır.



Şekil 6. Motor sürücü devre konfigürasyonu

Kontrol edilmesi gereken önemli özellikler vardır, Rds(on), tranzistörün sunduğu dirençtir. Veri sayfasındaki (Datasheet) değer göz ardı edilmelidir ve doğrudan grafiklere gidilmelidir. Rds değeri sabit bir değer değildir ve özellikle kapı voltajına duyarlıdır. Kapı sürücüsü 12V'ta çalışır bu nedenle çoğu transistor iyi olacaktır. Genel olarak Rds sürücü tarafından harcanan gücü belirlemek için kullanılıcaktır. Anahtarlama kayıplarını da hesaba katılması gerektiği unutulmamalıdır bu nedenle minimum harcanan gücü verecektir. İsı yönetimi ne kadar iyi olursa, Rds bütçesi o kadar iyi olur.

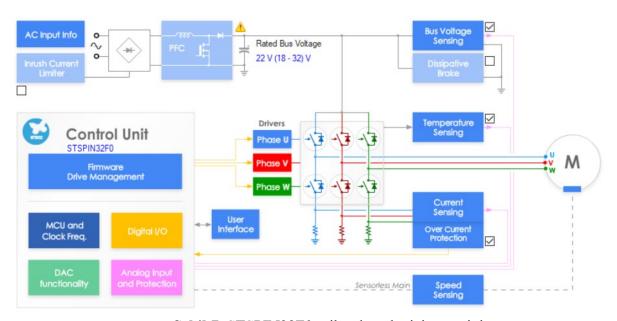
Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası					

T 1 1 D 4 I	Süre 15.09.2021 Tarihinden 16.09.2021 Tarihine				
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat				

#### Yapılan İş: STSPIN32F0 Mikrodenetleyici Şematiği

Projenin bir sonraki aşamasında "footprint" konusuna değinilecektir. Burada Pratik olarak tasarıma yönelik tavsiye verilecektir. Tranzistör seçiminde footprint durumundan bakılırsa birçok transistor yeterli olcaktır. Örneğin, Power-S08 D2PAK.

Voltaj 80V'dan yüksek olsaydı, "kendi kendine açılma" denen bir etki görmeye başlanılacağı için parazit kapı kapasitörleri dikkate alınması gereken başka bir faktör olacaktır. Bu etki kontrol edilmezse feci sonuçlara yol açabilir, bu yüzden dikkatlı olunulmalıdır. Akım algılama açısından STs yazılımı toprağa 1 mohm direnç ister. İki paralele direnç kullanmak, güç gereksinimlerini kolaylaştırır ve direnç değerini seçerken daha fazla esneklik kazandırır.



Şekil 7. STSPIN32F0 mikrodenetleyici şematiği

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası					

w T1 2 D 4 I	Süre 16.09.2021 Tarihinden 17.09.2021 Tarihine				
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat				

#### Yapılan İş: Motor Sürücü Devresi Önemli Tasarım Kriterleri

Şimdi sırada proje için krik öneme sahip bazı bilgilerin verilemsi ile devam edilecektir. Burası sürücü için hayati önem taşır bu nedenle çok kritik uygulamalar üzerinde çalışılıyorsa birkaç şey eklemek istenilebilir:

- ► Darbe toleranslı dirençler kullanıldığından emin olunmalıdır. Devrenin bu bölümü 1 ile 2A arasında geçiş yapacaktır, bu nedenle önemli akım darbeleri üretilecektir.
- ► Kapıya yüksek dirençli bir pull-down direnç ekleyin. Bu, herhangi bir arıza durumunda tranzistörleri kapatacaktır ancak doğru şekilde yapılandırılmazsa performansı etkileyebilir.

Kapıu sürücüleri, seçilen mikrodenetleyici entegre kapı sürücüsüne sahiptir ancak çoğu duurmda durum böyle olmayabilir. Bu yüzden, kendi harici kapı sürücü eklemek isteniyorsa bu konuda düşünülmelidir. Kapı sürüclerinin mümkün olduğunca transistor kapısına mümkün olduğunca hızlı bir şekilde şarj kaynağı oluşturmasına ve batırmasına ihtiyaç vardır. Bu genel olarak, sürme akımı ne kadar büyükse o kadar iyi demektir. Seçim kriterlerini anlamak için geçiş sırasında tranzistörlerin (özellikle güç tranzistörlerinin) nasıl davrandığını bilmek önemlidir. Sürücüyü bozacak parametrelere odaklanılacaktır.

- ► Offset Voltage (Denge Voltaj)
- ► Gate Driver Voltage (Kapı Sürücü Voltajı)
- **▶** Deadtime

Offset voltajı, kapı sürücüsünü yüksek sürme tranzistörüne bir denge olarak sağlayabileceği maksimum voltajıdır. Kural basittir, her zaman offset (denge) voltajının yol voltajından yüksek olacağı unutulmamalıdır.

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası					

Kısım: Teknik Destek	Süre 17.09.2021 Tarihinden 18.09.2021 Tarihine				
	kadar 8 saat				

#### Yapılan İş: Motor Sürücü Devresi Önemli Tasarım Kriterleri

Bugün projeye kalındığı yerden devam edilmiştir. Bozacak parametrelerinin açıklanmasından devam edilecektir. İkinci durum olan kapı sürücü voltajından bahsedilecektir.

Kapı sürücüsünün, 10 ile 20 V arasında değişen bir voltajla transistor kapsını sürme yeteneğine sahip olması gerecektir. 12V'luk bir voltaj kullanılır, ancak "logic level gate" güç MOSFET'leri kullanılırken maksimum kapı voltajlarını (tipik olarak 15V) aşmak kolaydır. Her zaman bu maksimum sınıra uyunduğundan emin olunmalıdır. Bu sınırın aşılmasına karşı korumanın yaygın bir yolu, maksimum kapı voltajını sınırlayarak önyükleme (bootstrap) devresine zener diyotları eklemektir.

Deaktime, uygulama için Half-Bridge gate drivers (Yarım Köprü Kapı Sürücü) önerilir çünkü herhangi bir tranzistörün yüksek veya alçak tarafının aynı anda etkinleştirilmesinin önüne geçilecektir ancak bu durumu sadece bloke etmek tek başına yeterli değildir. Kapatma süreleri genellikle açma sürelerinden daha uzundur; denetleyici bir durumdan diğerine çok hızlı geçiş yapmaya çalışırsa, tranzistörümüzün tam kapanmadan önce açılabileceği anlamına gelir. Bir shootthrough durumuna neden olur. Bu problem önlemek için çoğu yarım köprü sürücüleri iç "deadtime" sağlar. Bu, tranzistörü açma ile kapama arasında geçici bir boşluk yaratır. Bu koruma kritik ortamlarda arzu edilirken, bu özellikler yüke verilebilecek maksimum gücü sınırlayacak ve maksimum sürüş frekansını kısıtladığı için kontrol üzerinde bazı küçük etkileri olacaktır.

Buradaki öncelikle strateji, yarım köprü ölü süresini minimum olarak kullanmak (ve sürme dirençleri ile artırmak) ve ardından izin veriyorsa yazılım tabanlı ek bir ölü zaman eklemektir.

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası					

Sahife 17									
W. Talenda Davida		Sü	Süre 18.09.2021 Tarihinden 19.09.2021 Tarihine						
Kısım: Teknik Destek			kad	kadar 8 saat					
Yapılan İş : Arayi	izler (In	terfa	ices)						
Bugün	stajda	bir	diğer	önemli	parameter	olan	arayüzler	(Interfaces)	konusuna

değinilecektir.

Kodlayıcının doğru çalışması için 5V'luk temiz bir besleme gerekir ve denetleyici doğrudan 3.3V'a aşağı dönüşüm yaptığından ayrıca sağlanması gerekecektir. Kodlayıcı çıkış sinyalleri de bu aralıkta olacaktır, bu yüzden bunları azaltmak için bazı direnç bölücüler kullanmak gerekecektir. Arayüz özellikleri bireysel uygulamaya ve tasarıma bağlı olacaktır. Ortam çok gürültülü olacaktır (elektriksel veya başka türlü) bu nedenle titreşimlere ve sarsıntılara dayanabilecek güvenilir bağlantılar kullanıldığından ve uygun topraklama tekniklerinin kullanıldığından emin olunması gerekir. Gerekirse iyi bir filtreleme ve gerektirdiğinde Elektrostatik Boşalma (Electrostatic Discharge – ESD) koruması sağlanabilir.

Buna benzer koruma yöntemleri olarak aşağıda verilecek bilgilere dikkat edinilmesi gerekecektir. 50A'den yüksek akımlarla çalışılıyorsa, ani akım sınırlaması bir zorunluluk haline gelecektir. Motorun yüksek eylemsizlikli bir yüke bağlı olduğu uygulamalarla çalışılırken motorun yavalaması yükün enerjisini yönetmesi gerekecektir. Besleme veya sistemin geri kalanı, gerekli miktarda enerjiyi boşaltamıyorsa (Örneğin, aküyü şarj etmek suretiyle üretilen akım) dönüş frenleme akımı için güvenli bir yol sağlanmalıdır. Bu tipik olarak, yüksek güç direncini yükü dağıtan yola bağlanarak yapılır. Bu tür bir koruma kolaydır ve aşırı gerilim koşullarını yönetmeye de yardımcı olur.

BLDC motorlar verimli ve uzun ömürlüdür. Bu nedenle sürekli çalışan cihazlarda yaygın olarak kullanılır. Çamaşır makinelerinde, klimalarda ve diğer tüketici elektroniğinde kullanılırken; son zamanlarda yüksek verimliliklerinin güç tüketiminde önemli bir azalmaya katkıda bulunduğu fanlarda görünmektedir. Tüm bunların yanı sıra; vakum makinelerini çalıştırmak için de kullanılır. Dönme hızında büyük bir sıçrama olması üstün kontrol edilebilirliğinin bir örneğidir.

Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

T. T. I. D. A. I.	Süre 20.09.2021 Tarihinden 21.09.2021 Tarihine
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat

#### Yapılan İş: Motor Sürücü Kartı için Yönlendirme (Routing) Tüyoları

Bugün stajda motor sürücü için yönlendirme tüyoları (Routing Tips) konusunda bilgi verilecektir. Bu kısım tasarımın en önemli kısmını meydana getirecektir. Bu konu hakkında, motor sürücüleri için yönlendirme ipuçlarının çoğu iki temel düşünceden türetilmiştir:

- ► Isı Yönetimi (Heat Management)
- ► Elektromanyetik Uyumluluk (Elektromagnetic Compatiblity)

Isı yönetimi (Heat Management) açısından, güç düzeyleri ve via'lar en iyi arkadaşlardır. Güç düzeylerine özellikle yüksek akım taşıyanlara çok sayıda via yerleştirmekten çekinilmemelidir. İdeal olarak, faz başına birden fazla katman kullanılmalıdır. Bu nedenle kartın parçaları arasında iyi bir bağlantı olması çok önemlidir. Akım yoğunluğunun PDN Analyzer gibi bir araçla simüle etmek bakır kalınlığının ve alanının yeterli olduğundan emin olmak için mantıklı olma kontrolüdür. İsının çoğu güç katmanından özellikle MOSFET'lerden ve bakır izlerinden, aynı zamanda veri yolu kapasitörlerinden gelecektir. Gerçekçi olarak bu izler çoğu karttan görülenden daha yüksek sıcaklık artışlarını işlemesi gerekecek, bu nedenle elektriksel ve termal olarak iyi bağlandıklarından emin olunulmalıdır. Termal yönetim amacıyla via'lar yerleştirilirken;

Daha büyük via'lar kullanılmalıdır. (tipik olarak 0.4-0.5 mm delikler ile 0.8-1 mm çapında) küçük via'lar ısı akışını çok fazla kısıtlayabilir ve daha iyi kapama gerektirebilir bu da maliyeti arttırabilir.

Düzeylerdeki kırık oluşumundan kaçınılmalıdır. Via'lar yerleştirilirken diğer düzeylerde oluşturabileceğiniz kırıklara dikkat edin. Her zaman kırma olmayacak şekilde aralarına boşluk koyulmalıdır. EMC'ye gelince standart kuralların yanı sıra motorlarla çalışamaya başlarken bazı özel uyarılar açık olmayabilir. Bu konuya stajın bir sonraki gününde devam edilecektir.

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

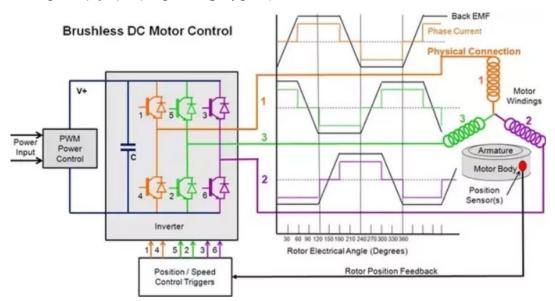
T. T. L. H. Davids	Süre 21.09.2021 Tarihinden 22.09.2021 Tarihine
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat

#### Yapılan İş: Motor Sürücü için EMC Uyarıları

Projemiz için EMC uyarılarımızın yapılmasıyla motor sürücü devresine devam edilecektir. Sürme (Driving) hatları üzerinde yönlendirme (Routing) kritik öneme sahiptir. Kağı sürme hatlarının hassas yüksek hızlı hatlarmış gibi takip edilmeli, dönüş yolları için her zaman altında kesilmemiş bir toprak düzlemi bulundurulmalıdır. Kapı sürme hatlarınıza bağlı tüm gürültü faz hatlarında büyütülmüş olarak görüncektir, bu yüzden bunlara karşı çok dikkatli olunulmalıdır.

Fet kapıları yüksek kapasitansa sahipse sürme hatlarında yüksek hızlı PWM'ye sahip birkaç amper bulunabilir, izlerin yük için uygun boyutta olduğundan emin olun. Her zaman dönüş yolarını göz önünde bulundurulmalıdır. Güç yollarının yüksek akım taşıdığını unutmak nadir olsa da, tüm akımın toprak düzleminden geçmesi gerektiğini unutmak daha kolaydır. Yer düzleminin, güç kısmından konektöre kadar düzgün bir rotası olduğundan emin olunmalıdır. İdeal seçenek bir bütün düzlemin sadece toprak olarak ayrılmasıdır.

Güç izleri için mümkün olduğunca polygonlar (veya fills veya regions) kullanılmalıdır. İzler özellikle 2 mm'den kalın bir şeye ihtiyacınız varsa sınırlarını ortaya çıkaracaktır. Güç sinyalleri ile ilgili herhangi bir şey için çokgenler (polygons) kullanılmaldır.



Şekil 8. Motor Kontrol Şeması

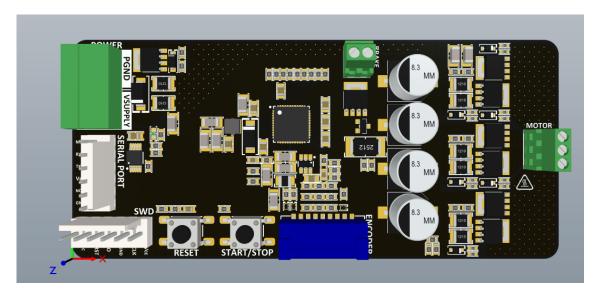
Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

	Süre 22.09.2021 Tarihinden 23.09.2021 Tarihine	
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat	
Yapılan İş : Motor Sürücü ile İlgili Karşıla	ışılan Kavramlar	
Motor sürücü tasarlarken ilgi ç	çekebilecek ilginç terimlerin bir listesi verilecektir. Bu	
terimler, motor kontrolü dünyası için öneml	i bilgilerdir.	
Shoot-Through: İki tranzistörün	kalıcı veya geçici olarak açık kalmasını içeren bir felaket	
arızasının teknik adıdır. Bazı durumlarda	her döngüde yalnızca birkaç mikrosaniye için meydana	
gelirse anlık bir güç kaybı olarak kendini gö	sterecektir.	
<b>Self Turn-On:</b> Tranzistördeki k	açak kapasitans tarafından tetiklenen ve "shoot-through"	
olayıyla sonuçlanabilen bir olaydır.		
Third Harmonic Injection: Dah	a iyi verimlilik ve daha düşük EMC sorunları için fırçasız	
motorların kablolarından yararlanılmasına izin veren tipik kontrol mekanizmasının bir		
modifikasyonudur. Verilen gücü arttırmak için bir yıldız bağlantısının orta noktasındaki voltajın		
akıllıca kullanılmasını içerir.		
Back — to — Back: Sürücüler	ri test etmek için standart bir konfigürasyonudur. Bu	
konfigürasyon ile system sağlanan enerjir	nin çoğunu yeniden üretebilir, yan, herhangi bir kaybın	
üstesinden gelebilmek için yalnızca güç kay	nağına ihtiyacınız vardır.	
Silicon - Carbide: Yüksek volt	aj yüksek akım uygulamalarında iyi olan tranzistörleride	
kullanılan bir malzeme türüdür.		
GaN Transistors: Daha yükse	k frekanslarda ve daha düşük anahtarlama kayıplarıyla	
çalıştırılabilen, silicon yerine Galyum bazlı	bir transistor türüdür. $50\mathrm{V}-200\mathrm{V}$ 'a kadar motor kontrolü	
için kullanışlıdır ancak daha yüksek voltajla	r için Silisyum-Karbür daha iyi değer sağlar.	
Feed - Forward: Sistemin fiziksel dünya modeline göre bür yükün nasıl davranacağını		
tahmin etmeyi içeren bir kontrol tekniğidir.		
Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası	

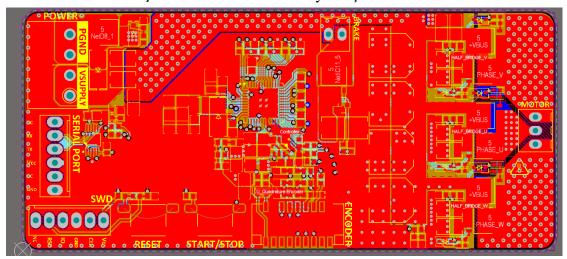
	Süre 23.09.2021 Tarihinden 24.09.2021 Tarihine
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat

#### Yapılan İş: Motor Sürücüsünün İki ve Üç Boyutlu Gösterimi

Stajın bugünkü konusunda motor sürücü devresinin tasarımı tamalanmıştır. Altium Designer'da tasarlanmıştır. Aşağıda iki ve üç boyutlu görüntüleri yer alacaktır. Böylece seçilen projemiz tamamlanmıştır. Bundan sonraki ksımlarda araştırma olarak önemli makaleler ile donanım tasarım konusunda gelişim sağlanacaktır. Şimdi motor sürücü kartı aşağıdaki gibidir.



Şekil 9. Motor sürücü 3 boyutlu şekli



Şekil 10. Motor sürücü 2 boyutlu şekli

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

T. T. I. D. A. I.	Süre 24.09.2021 Tarihinden 25.09.2021 Tarihine
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat

#### Yapılan İş: Gömülü Sistemdeki Güç Tüketimini En Aza İndirmek İçin İpuçları

Stajda seçilmiş olan motor sürücü devre kartı çizimi gerçekleştirilmiştir. Şimdi sırada bazı önemli konularda yapılan araştırmalar ve bu araştırmalar kapsamında incelenen makale içerikleriyle staja devam edilecektir.

Bu makalenin konusu, gömülü sistemde güç tüketimini en aza indirmek için neler yapılabileceğidir. Bunun için devreyi çizmeye başlamadan önce doğru tasarım stratejisinin uygulanması gerekir. Genel olarak enerji tasarruflu bir tasarım tercih edilebilir. Kartın güç miktarını ayarlamak için tasarımınıza güç sınırlaması koyulmalıdır. Enerji tasarruflu ve daha az güç tüketen mikrodenetleyici ve komponentler seçilmelidir. Gömülü bir sistemde verimli güç tasarruflu özelliklerini uygulamak için hem donanım hem de gömülü yazılım mühendisleri gerekir. Tasarımdaki güç tüketimini en aza indirmek için bazı ipuçları:

Derin Uyku Modu (Deep Sleep Mode) 'nu Kullanılması: Güneş enerji tabanlı uygulamalarda verilen özellikleri yerine getirebilmek için güçlü bir mikrodenetleyici kullanmak kaçınılmaz olabilir. Bu işlevlere dayanarak 32-bit MCU en iyi seçenek haline gelir. Dahası, böyle bir MCU tüm çevre birimleri açıldığında daha yüksek bir akım tüketir. MCU'nun maksimum güç çekmesini önlemek için, boştayken (idle) onu derin uyku moduna geçirmektir. Derin uyku modunda maksimum akımın küçük bir kısmını (genellikle nano-amper) tüketirler. Gömülü yazılım mühendisleri bir MCU'yu gerektirdiği gibi uyandırmak için kesintileri kullanabilir.

Anahtarlamalı Regülatör (Switching Regulator) Kullanılması: Bazen 181 şeklinde gereksiz güç israfı meydane gelir. Bu, tasarımınızda doğrusal bir regülatör kullandığınızda meydane gelir. Güneş enerjisiyle çalışan bir cihaz için güç kaynağı devreleri için voltajın düşürülmesi gerekir. Doğal olarak lineer voltaj regülatörü bunun en ucuz çözümüdür. Bununla birlikte, gerilimler arasındaki farkı 181 olarak dağıttıkları için verimli olmadıkları bilinmektedir. Bunu yerine anahtarlamalı regülatör tercih edilebilir.

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

T. T. I. D. A. I.	Süre 25.09.2021 Tarihinden 26.09.2021 Tarihine
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat

#### Yapılan İş: Kart Tasarımına Harici Bir WDT (Watchdog Timer) Eklenmesi

Bugün staj gününde incelenen makale, harici bir WDT eklemesinin gerekli olup olmadığının incelenmesidir. Mikrodenetleyicide zaten dahili bir WDT varsa, harici bir WDT dahil edip etmemek zor bir karardır. Donanım tasarımcısı olarak son karar tasarımcılarındır.

Watchdog Timer, gömülü sistemlerdeki anormallikleri tespit etmek ve mikrodenetleyiciyi sıfırlamak için kullanılan bir özelliktir. Genellikle sıfıra kadar sayan önceden yüklenmiş bir zamanlayıcıdan oluşur. Önceden yüklenmiş watchdog zamanlayıcı kartının süresi dolduğunda mikrodenetleyici sıfırlanacaktır. Normal şartlar altında MCU WDT'nin sıfırlama durumuna girmesini önlemek için zamanlayıcının değerinin sürekli olarak yeniler. Buna genellikle "kicking the watchdog" denir. Mikrodenetleyicinin durma sebeplerine değinecek olursak;

- ► Kararsız Güç Kaynağı
- ► Bellek Yığını Taşması (Stack Overflow)
- Programın Sürekli Bir Döngüde Hapsolması

Bunlar olduğunda WDT trigger (tetikleyici) olan sistemler otomatik olarak sıfırlanır. Bunun nedeni, insan müdahalesi olmadan sistemin sıfırlamasını sağlamaktır.

Dahili WDT'ler, MCU'ların kendi içinde yerleşik olan zamanlayıcılarıdır WDT 'nin yapılandırılması ve yenilenmesi WDT'nin ilgili kayıtlarına değerler yazılarak yapılır. Öte yandan, harici WDT'ler fiziksel entegre devrelerdir ve çalışması için pozitif komponentler gerektirir. Sıfırlama geri sayımının süresi kapasitör değerine göre belirlenir. Harici yerine dahili bir WDT seçmenin avantajı, ek bileşenlerin maliyetini en aza indirerek paradan tasarruf etmeniz ve daha küçük bir PCB düzenine sahip olunmasıdır. Çoğu modern MCU, güvenilir olduğu söylenen dahili bir WDT ile donatıldığından bu mantıklı bir seçim gibi görünüyor. Görev açısından kritik uygulamalarda dahili WDT'lerin üzerine harici bir WDT yerleştirmek her zaman daha güvenlidir.

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

	Süre 27.09.2021 Tarihinden 28.09.2021 Tarihine				
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat				

#### Yapılan İş: Mikrodenetleyici için Giriş ve Çıkış Genişletme Metodları

Bugün staj gününde incelenen makale, Mikrodenetleyicilerin giriş ve çıkışlarını nasıl genişletilebileceği incelenecektir. Çok sayıda sensor ve solenoid ile arayüz oluşturmanız gereken uygulamalrda girş/çıkış (I/O) pinleri yetersiz olabilir. Bu gibi durumlarda her biri kendi sonuçları olan bir dizi seçenek mevcuttur.

Daha Yüksek Pin Sayılı Mikrodenetleyici Kullanımı: Bir mikrodenetleyicideki giriş ve çıkış pinleri genellikle portlarda gruplanır. Tek bir port, mikrodenetleyici mimarisine bağlı olarak 8 ila 32 ayrı I/O pinden oluşabilir. Mikrodenetleyici daha yüksek bir pin sayısına yükseltmek en basit çözüm gibi görünebilir. Bununla birlikte, daha yüksek pin sayılı bir mikrodenetleyici seçmek, artan bileşen maliyetlerini içerir ve üretici yazılımı temelde etkilebilir. Aynı mikrodenetleyici ailesi içinde firmware değişiklikleri küçük ve gereksizdir. Bununla birlikte, 8-bit bir mikrodenetleyiciden (PIC18F25K20) 32-bit ARM tabanlı bir mikrodenetleyiciye (LPC1768) yükseltme, aygıt yazılımının ayrı bir geliştirme seti ile tamamen farklı bir mimari için kodlanmasını içerir. Genelde 32-bit mikrodenetleyiciler, 8-bit mikrodenetleyicilerden birkaç kat daha pahalıdır. Bu nedenle, yalnızca daha fazla I/O pini uğruna yükseltme yapmak aşırıya kaçabilir.

7400 Serisi Mantık IC'nin Kullanılması: Ürün yazılımını tamamen yeni bir platforma taşımaktan kaçınmak için 7400 serisi mantık ailesinde giriş/çıkış genişletmesi için mükemmel olan birkaç tümleşik devre (IC) seçeneği vardır. Örneğin, 74HC4051 analog sinyaller için de kullanılabilen 3:8 CMOS çoklayıcı/çoğullama çözücüdür. Elbette multiplexer kullanmak her biri IC 3 pin işgal edeceğinden, mikrodenetleyici üzerindeki sınırlı I/O pini sorununu tamamen çözmez. Daha iyi bir çözüm, çıkış için 74HC595 ve giriş için 74HC165 gibi seri saatli kaydıran yazmaç (Shift Register) kullanmaktır. Shift register'ın kullanılması, IC'lerin sayısından bağımsız olarak mikrodenetleyicide yalnızca üç I/O pinini içerir.

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

W. Talash Davids	Süre 28.09.2021 Tarihinden 29.09.2021 Tarihine			
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat			

#### Yapılan İş: Mikrodenetleyicide Kullanılmayan Pinlere Ne Yapılmalı?

Bugünün staj konusunda mikrodenetleyicide kullanılmayan pinlerin ne yapılacağı konusunda çeşitli görüşlere yer verilecektir.

Tipik bir mikrodenetleyici tasarımında, kullanılmayan pinlerle sonuçlanması normaldir. Bunlar, veri sayfalarında "NC" olarak etiketlenen genel amaçlı girişler ve çıkışlar veya pinler olabilir. Hızlı ve kolay çözüm bu pinleri bağlantısız bıramaktır çünkü bu donanım için daha az yönlendirme ve PCB üzerinde daha az yer kaplaması anlamına gelir. Bunun gerçek bir uygulamada sonuçları ise mikrodenetleyicinin kararsız çalışmasını veya ciddi bir şekilde bileşenin kendisine doğrudan zarar vermesini içerebilir. Kullanılmayan pinlerin etkisi, pin tiplerine ve bağlantısız bırakıldığında oluşabilecekleri potansiyel risklere bağlı olarak değişir. En önemli endişelerden biri, kullanılmayan giriş pinleri tarafından sunulmaktadır. U tpinler genellikle dahili pull-up veya pull-down dirençlere bağlıdır, onları bağlantısız bırakmak mikrodenetleyicinin algoritmasını etkilemez. Ancak, giriş pinlerini bağlantısız bırakmak onları elektrostatik deşarjları (Electrostatic Discharge – ESD) veya elektromanyetik parazitleri (EMI) çekmek için mükemmel bir mıknatıs yapar. Çıkış pinlerinin bağlantısız bırakılması durumunda nadiren sorun olur, bağlı olmayan bir çıkış pininde salınımın meydana gelebileceği ve dahili mantığın kararlılığını etkiledeği bazı durumlar vardır. Bağlantısız bırakmanız gereken pinler, fabrika testi için dahili devre içerdiği belirtilen pinlerdir. Genellikle IC ile gösterilirler ve veri sayfalarında açıkça vurgulanır.

Bazı uzmanlar kullanılmayan pinleri toprağa veya Vcc'ye bağlamanın EMI paraziti riskini ortadan kaldırmanın en iyi yolu olduğunun iddia edebilir. Ancak bunu yapmak tasarımın esnekliğini azaltırken kendi başına bir tehdit oluşturuyor. Firmware geliştiricileri yanlışlıkla giriş pinleri yerine bir pull-up veya pull-down direncine bağlanmalıdır. Bu, tasarımda esneklik ve EMI azaltma arasında bir denge sağlayacaktır.

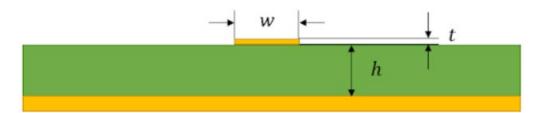
Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

	Süre 29.09.2021 Tarihinden 30.09.2021 Tarihine				
Kısım Teknik Destek	kadar 8 saat				

#### Yapılan İş: PCB İz Endüktansı ve Genişliği

Bugünün staj konusunda PCB iz endüktansı ve genişliği hakkında bilgiler verilecek ve önemli olan parametrelerin altı çizilecektir.

İzleri boyutlandırmak için belirli bir kural mümkün olduğunca her zaman daha geniş izleri tercih etmektir. Bununla birlikte iz empedansını kontrol etmeniz ve aynı anda "Ringing" azalt manız gerektirdiğinde, iz genişliğini kontrol etmeniz gerekir. Mikroşerit izleri için IPC 2142 formülleri yalnızca belirli bir empedans aralığında yüksek doğruluktadır. Mikroşerit izlerinin empedansını belirlemek için Waddell denklemleri kullanılmalıdır.



$$Z_{0} = \frac{60}{(2\varepsilon_{r} + 2)^{0.5}} \ln \left( 1 + \frac{4h}{w'} \left[ \left( \frac{14 + \frac{8}{\varepsilon_{r}}}{11} \right) \left( \frac{4h}{w'} \right) + \sqrt{\left( \frac{14 + \frac{8}{\varepsilon_{r}}}{11} \right)^{2} \left( \frac{4h}{w'} \right)^{2} + \pi^{2} \frac{1 + \frac{1}{\varepsilon_{r}}}{2}} \right] \right)$$

$$\text{where } w' = w + \left(\frac{1 + \frac{1}{\varepsilon_r}}{2}\right) \left(\frac{t}{\pi}\right) \ln \left(\frac{4e}{\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{1/\pi}{w/t+1.1}\right)^2}\right)$$
 
$$\text{and } \varepsilon_{eff} = \begin{cases} \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \left(\left(1 + \frac{12h}{w}\right)^{-0.5} + 0.04\left(1 - \frac{w}{h}\right)^2\right) & \text{if } w < h \\ \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{w}\right)^{-0.5} & \text{if } w > h \end{cases}$$

Şekil 11. Waddell denklemleri

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

II. Talanda Dantah	Süre 30.09.2021 Tarihinden 01.10.2021 Tarihine
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat

#### Yapılan İş: PCB İz Endüktansı ve Genişliği

Bugünün staj konusunda PCB iz endüktansı ve genişliği hakkında bilgiler verilecek ve önemli olan parametrelerin altı çizilecektir. Önceki gün verilen bilgilere bugün de devam edilmiştir.

Simetrik şerit çizgileri (Symmetric Striplines), gömülü mikro şeritler (Embedded Microstrips), eş düzlemli dalga kılavuzları ve offset/asimetrik şerit çizgileri için benzer denklemler geliştirilmiştir. İlk yapılacak şey, belirli bir iz empedansı için birim uzunluk başına minimum iz endüktansı sağlayan w değerini belirlemek için yukarıda verilen denklemleri kullanmaktır. Damping constant (Sönümleme Sabiti) ile PCB iz endüktansı ters orantılı olduğundan, birim uzunluk başına endüktansı en aza indirme ihtiyacı oldukça önemlidir.

PCB İz Endüktansını ve Empedansını Kontrol Etme: Burada belirlenecek önemli parameter, belirli bir (t/h) değeri için (w/h), substrat dielektrik sabiti ve istenen empedans değerdir. Geçici ringing için en yüksek sönümleme sağlamak istiyorsak, birim uzunluk başına endüktansını en aza indiren (w/h) değerinin belirlemeniz gerekir. Empedans ve sinyal hızı açısından birim uzunluk başına iz endüktansı ve kapasitansı:

$$L = \frac{Z_0}{c_{vacuum}} \sqrt{\varepsilon_{eff}} \qquad C = \frac{L}{Z_0^2}$$

**Sekil 12.** İz endüktansı ve kapasitansı

Burada çözülebilir bir problem olarak görülse de, efektif dielektrik sabitinin doğrusal olmayan parçalı doğası ile ilgili üç geometrik parametresinin olması nedeniyle açıkça zordur. Bu tür bir sorunu çözmek için en iyi seçenek birim uzunluk başına PCB iz endüktansını en aza indiren (w/h) ve (t/h) değerlerini belirlemek için yinelemeli bir optimizasyon algoritması kullanmaktır.

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

II. Talanda Dantah	Süre 01.10.2021 Tarihinden 02.10.2021 Tarihine
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat

#### Yapılan İş: PCB İz Endüktansı ve Genişliği

Bugünün staj konusunda PCB iz endüktansı ve genişliği hakkında bilgiler verilecek ve önemli olan parametrelerin altı çizilecektir. Önceki gün verilen bilgilere bugün de devam edilmiştir.

En son yerden devam edilecek olursa, (t/h) ve (w/h) değerlerini belirlemek için yinelemeli bir optimizasyon algoritması kullanmaktır. Bu tür bir problem;

- ► Gradyan Descent Algoritması
- ► Evolutionary Algoritma
- ► Kuhn-Tucker Yöntemi

Bu w/h değeri, pratik üst ve alt limitler tanımlamanıza izin verir. Neyse ki, bu sorun Excel'deki çözücü (Solver) aracılığla çözülecek kadar basittir. Waddell denklemleri ve endüktans denklemi ile minimizasyon problemini çözen bir elektronik bir tablo oluşturuldu.

Minimize 
$$L\left(\frac{w}{h}, \frac{t}{h}\right) = \frac{Z_0(\frac{w}{h}, \frac{t}{h})}{c_{vacuum}} \sqrt{\varepsilon_{eff}\left(\frac{w}{h}, \frac{t}{h}\right)}$$

s. t. 
$$0 < \frac{w}{h} < a$$
  
 $Z_0 = 50 \Omega$   
 $0 < \frac{t}{h} < b$ 

Şekil 13. Maksimum iz için optimizasyon

Amaç, L'yi tutan w/h, t/h değerlerini belirlemektir.

1	Α	В	С	D	E	F	G	Н	1	J
1		t	0.000035	h	0.000393	Dk	4			
2	t/h	w/h	w'/h	Z	E_eff	V	L	С		L-final
3	1.213156	1.572332	2.05211664	49.90020147	3.010547	172223357.6	2.89741E-07	1.16361E-10		2.89741E-07
ı										
5									(t/h)	(w/h)
5									1.213156	1.572331778
,										

Şekil 14. Excel çözücü için örnekleme

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

V Tolynik Dostoly	Süre 02.10.2021 Tarihinden 03.10.2021 Tarihine			
Kısım: Teknik Destek	kadar 8 saat			

Yapılan İş : SoC (System on a Chip)

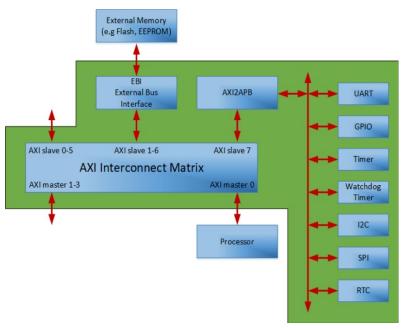
Bugün System on a Chip (SoC) konusunda bilgi verilecektir. SoC, bir çip üzerinde tüm elektronik veya bilgisayar sistemini onun üzerine entegre eden bir entegre devre veya IC'dir. Adından da anlaşılabileceği gibi, tek bir çiğ üzerinde bütün bir sistemdir. Bir SoC'de genel olarak;

- ► Kendi içindeki birleştirmeye çalıştığı bileşenler arsında bir merkezi işlem birimi (CPU)
- ► Dahili Bellek
- ► Analog Giriş ve Çıkışlar

Sinyal işleme, kablosuz iletişim, yapay zeka ve daha fazla işlevi yerine getirebilir.

#### Neden SoC?

Birincil amaç, enerji israfını azaltmak harcama maliyetinden tasarruf etmek ve aynı zamanda büyük sistemlerin kapladığı alanı azaltmak olduğu gerçeğidir. Bir SoC ile çok daha az güçle tek bir işlemciye küçültüldüğünde tüm bu hedeflere ulaşılır. Bu çipler her yerde rahatlıkla taşınabileceği çok sayıda taşınabilir cihaz yaratmak mükün oldu. Bu nedenle nesnelerin internet (IoT), gömülü sistemler, akıllı telefonlar, arabalar ve daha fazlasıyla ilgili sistemlerde sıklıkla kullanılabilir. Aşağıda SoC blokları grafiği gösterilmiştir.



Şekil 15. SoC blok grafiği

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

Kısım: Teknik Destek	Süre 04.10.2021 Tarihinden 05.10.2021 Tarihine kadar 8 saat

#### Yapılan İş: SoC (System on a Chip)

Bugün System on a Chip (SoC) konusunda bilgi verilmeye devam edilmiştir. SoC bloklarından devam etmek gerekirse, başlangıç olarak SoC işlevlerini tanımlayacak bir işlemciye sahip olmalıdır. Normalde bir SoC'nin birden fazla işlemci çekirdeği vardır. Bir mikrodenetleyici, bir mikroişlemci, bir dijital sinyal işlemcisi (DSP) veya uygulamaya özel talimat seti işlemcisi (Instruction Set Processor) olabilir.

İkinci olarak, SoC'nin hesaplama yapmasına izin verecek hafizasına sahip olması gerekir. RAM, ROM, EEPROM ve hatta bir Flash Memory'ye sahip olabilir. Üçüncü olarak SoC; Ethernet ve HDMI gibi endüstri standardı iletişim protokollerine uymasına yardımcı olacak harici arayüzlerdir. Ayrıca kablosuz haberleşme WiFi ve Bluetooth ile ilgili protokoller içerebilir. Dördüncü olarak arayüzü görselleştirmeye yardımcı olmak için bir GPU (Graphics Processing Unit)'ya ihtiyaç olacaktır.

Beşinci olarak SoC, voltaj regülatörleri, faz kilidi döngü kontrol sistemleri, osilatörler, saatler ve zamanlayıcılar, DAC ve ADC dönüştürücler vb. bulunur. Tüm bu blokları bağlamak için dahili veri yolu veya ağ bulunur.

Esasen bir SoC kullanmanın asıl faydaları:

- ► Güç Tasarrufu
- ➤ Yerden Kazanım
- ► Maliyet Azalımı

SoC'lerin performansı watt başına en yüksektir, bundan dolayı verimlidir. SoC üzerindeki sistemler, parazit ve ara bağlantı gecikmeleri en aza indirmek ve haberleşmeyi hızlandırmak için gecikmeyi en aza indirme eğilimindedirler. Stajın son gününde SoC hakkında detaylı bilgi verilerek gün sonlanmıştır.

Yapılan Çalışma İle İlgili Düşünceler	Çalışmayı Yaptıran Yetkilinin İmzası

Kurumumuzda staj çalışmasını yapan Ahmed Melih Ulusoy bu defterde gösterilen işleri, iş yeri görevlilerimizin yönetiminde, pratik çalışma yönetmeliği ve staj çalışma esaslarına uygun olarak yapmış olduğu ve yapılan çalışmaların tarafımızdan görüldüğü tasdik olunur.

Kurum Yetkilisinin	/ / 20	
Adı ve Soyadı	İ m z a	
	Mühür veya Kaşe	