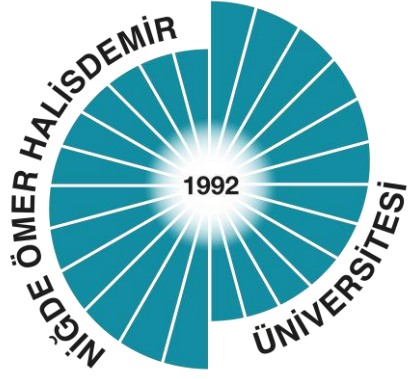




T.C.

NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

2017-2018 EÖY LİSANS BİTİRME TEZİ PROJESİ

FIRÇASIZ D.A. MOTOR SÜRÜCÜ TASARIMI

Halil Bahadır AKYILDIZ

130607030

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Kürşat YALÇIN

NİĞDE, 2018

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

BİTİRME TEZİ KABUL VE ONAY BELGESİ

Bölümümüz 130607030 numaralı öğrencisi Halil Bahadır AKYILDIZ 'nın, FIRÇASIZ D.A. MOTOR SÜRÜCÜ TASARIMI başlıklı Bitirme Tezi çalışması aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Mekatronik Mühendisliği Bölümü'nde Bitirme Tezi olarak Oy Birliği/Oy Çokluğu ile kabul edilmiştir.

Danışman: Dr.Öğr. Üyesi Mehmet Kürşat YALÇIN

Üye: Dr.Öğr. Üyesi İlyas KACAR

Üye: Dr.Öğr. Üyesi Mehmet Ali EROĞLU

Tezin savunulduğu Tarih: 01/06/2018

Bitirme Tezi dersi kapsamında yapılan bu çalışma, ilgili jüriler tarafından değerlendirme sonucunda Mekatronik Mühendisliği Bölümü'nde Bitirme Tezi çalışması olarak kabul edilmiştir...../...../.....

İmza

Bölüm Başkanı V.

Dr.Öğr. Üyesi İlyas KACAR

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
DOĞRULUK BEYANI

Bitirme tezi olarak sunduğum bu çalışmayı tüm akademik kurallara ve Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Yayın Etiği Komisyonu Yönergesine uygun olarak gerçekleştirdiğimi ve sunduğumu; bu kurallar ve ilkelere aykırı hiç bir yol ve yardıma başvurmaksızın bizzat hazırladığımı beyan ederim.

Tezimle ilgili yaptığım beyana aykırı bir durum saptanırsa ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm. 01 / 06 / 2018

İmza
Halil Bahadır AKYILDIZ

TEŞEKKÜR

Herkesten ve her şeyden evvel hiçbir fikrimde beni geri çevirmeyen hayal ettiklerimi gerçeğe çevirmek için hayatın her alanında yardımına koşan sevgili aileme sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu ve daha önceki projelerimde elinden gelen her desteği koşulsuz bir şekilde veren, teşvik eden, başarısızlıklarımızda motive eden, laboratuvar ekibimizin nam-ı değer “Sensei”i tez danışmanım Sayın Dr.Öğr. Üyesi Mehmet Kürşat YALÇIN’A bu zamana kadar bana sağladığı imkânlar ve projelerimdeki desteği için teşekkürlerimi sunarım.

Bölümümüz Başkanlığına vekâlet eden Sayın Dr.Öğr. Üyesi İlyas KACAR ve değerli hocamız Dr.Öğr. Üyesi Mehmet Ali EROĞLU nezdinde yükseköğretim hayatım boyunca derslerime iştirak etmiş tüm akademisyenlere teşekkürü borç bilirim.

Geçtiğimiz yıl meslek hayatlarına atılan laboratuvar ekibimizin üyeleri değerli dostlarım Bauyrzhan ANARBAYEV’e, Davut YÜKSEKKAYA’ya ve Muhammed Ali ÇALIŞIR’a bu zamana kadar verdikleri desteklerden dolayı teşekkür ederim.

ÖZET

Bu projede bir fırçasız doğru akım motorunun hız kontrolü; başlangıç pozisyonunu sensörsüz belirleyecek örnek programa kart tasarımı şeklinde gerçekleştirilmiştir. Sistem kontrol kartı olarak TMS320F28027 mikro denetleyicisine sahip C2000 Launch Pad, MOSFET kontrolcüsü olarak DRV8301 entegresi kullanılmıştır. Sürücü kartının tasarımı Altium Designer 2017 programında yapılmış olup, kod derleme işlemi MATLAB Simulink, derlenen kodu mikro denetleyiciye yazma işlemi Code Composer Studio programları kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: fırçasız d.a. motoru, sürücü tasarımı, sensörsüz hız kontrolü

ÖNSÖZ

Günümüz dünyasında kullanılan her aracın; kullanıcı tarafından ilk dikkat edilen noktaları verimlilik ve fiyat/faydadır. Bu noktada fırçasız doğru akım motorları muadil rakiplerine göre çok yüksek verimleri, bakım gerektirmemeleri, üretim kolaylıkları yönlerinden oldukça öndedir. Ancak fırçasız doğru akım motorlarının elektronik komutasyona ihtiyaç duymaları bu motorları sürücüsüz kullanmayı imkânsız kılar. Fırçasız doğru akım motoru sürücüleri; fırçalı sürücülerine göre oldukça pahalı olmaları ve motorun yapısından dolayı başlangıç pozisyonunun bir şekilde belirlenmek zorunda olunması dezavantajlarıdır.

Fırçasız doğru akım motorunun barındırdığı yüksek potansiyel; ilerideki yıllarda otomotivden havacılığa farklı birçok sektörde bu tip motorlara ihtiyaç duyulacağı, motorun sürücüsüz kullanılamayacağı, bu bağlamda ilerleyen yıllarda fırçasız d.a. motor sürücülerinin çokça rağbet göreceği düşünülmüştür. Piyasada mevcut fırçasız d.a. motor sürücülerinin yüksek fiyatlarına karşı düşük maliyetle geliştirilmiş sürücü bu tip motorların fiyat/fayda endeksini yükseltmeye yöneliktir. Sürücü kartında kullanılan güç katı ve anahtarlama elemanları doğru şekilde değiştirildiği takdirde geniş bir yelpazede birçok motorda kullanılabilecek durumdadır.

BÖLÜM I

1.1. Giriş

Fırçasız d.a. motorları direkt olarak doğru akım güç kaynağından beslenemeyen elektrik makineleridir. Kullanılabilmesi için sürücüye ihtiyaç duyarlar. Sürücünün yanı sıra motorun yapısı gereği anahtarlama nereden başlanması gerektiği bilgisi bir şekilde bulunmalıdır. Elektriksel yapılarının basit oluşlarının karşısında kontrollerinin karmaşık oluşu önceki yıllarda fırçasız d.a. motorlarının tercih edilmeme sebepleri aralarında idi. Buna müteakip son 5 yıl içerisinde ucuzlayan elektronik komponentlerin ve geliştirilen kontrol algoritmaları sonucu olarak fırçasız d.a. motoru birçok sektörde önemli pay sahibi olmuştur. Özellikle radyo kontrollü hobi sektöründe, savunma sanayinde mini insansız hava araçlarında güç/ağırlık oranını öne çıkararak kendine yer bulmuştur.

Bu çalışmada fırçasız d.a. motorları için 6V-24V giriş geriliminde maksimum 15A akım değerinde çalışabilecek, dayanıklı, sensörsüz başlangıç pozisyonu bulan bir sürücü tasarımı yapılmıştır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada sensörsüz başlangıç pozisyonu belirleme ilkesine dayalı kontrol algoritması ile çalışabilecek niteliklere sahip bir fırçasız doğru akım motoru sürücü kartı tasarlanmıştır. Sürücü kartı motorun her bir fazından geçen akımı anlık ölçmekte; aşırı akım çekimi, anahtarlama elemanı kaybı gibi hatalara karşı koruma sağlayacak şekilde tasarlanması amaçlanmıştır. Sistem üzerinde kullanılan yazılım üretici firmanın örnek olarak açık kaynaklı dağıtımını yaptığı MATLAB Simulink yazılımıdır. Çalışmada yazılıma uygun kart tasarlanarak tersine mühendislik icra edilmiştir.

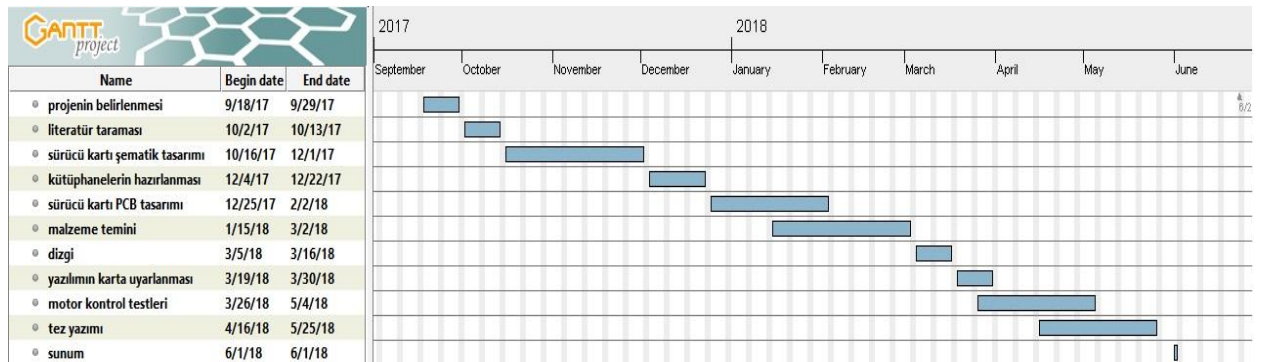
1.3. Konunun Önemi

Hızla gelişen elektrik motoru piyasasına temel seviyede giriş yapabilmek ve konu hakkında bilgi sahibi olabilmek adına başlattığımız çalışma; ilerleyen yıllarda ülkemizin öz kaynaklarıyla geliştirdiği otomotiv ve savunma endüstrisinde kullanılabilecektir.

1.4. İş-Zaman Çizelgesi

Proje için planlanan iş paketleri ve iş-zaman çizelgesi Tablo 1.1’de verilmiştir. Planlanan iş paketleri “malzeme temini” hariç aksaklık olmadan başarı ile gerçekleştirilmiştir. Malzeme temini iş paketinde Çin Halk Cumhuriyetinde üretilen PCB’ler üretici firma tarafından beklenen tarihte yollanmamış, yaşanan sorundan ötürü Dizgi iş paketine 5 iş günü geç başlanmak durumunda kalınmıştır.

Tablo 1.1’de de görüldüğü üzere projenin belirlenmesi 2017-2018 eğitim öğretim yılının başlangıcından itibaren iki hafta sürmüştür. Süre sonunda fırçasız doğru akım motorları için sürücü tasarımına karar verilmiştir. Proje belirlenmesinin müteakibindeki iki hafta boyunca literatür taraması yapılmıştır. Kazanılan bilgiler neticesinde tasarlanacak sürücü kartının şematik tasarımına geçilmiştir. Bu süreç otuz beş iş günü sürmekle beraber şematikler Altium Designer programı ile çizilmiştir. Kullanılan komponentlerin kütüphaneleri program dahilinde hazır olarak bulunmadığı için bir kısmının kütüphanesi proje kapsamında hazırlanmıştır, geri kalan komponentlerin kütüphaneleri internet ortamından temin edilmiştir. Devam eden aşamalarda PCB tasarımına geçilmiş bu görevde belirli bir ilerleme kaydedildikten sonra malzeme temini işlemine başlanmıştır. Malzeme temini işleminin tasarımın ardından yapılmasına daha önceki projelerde kazanılan tecrübeler etkili olmuştur. Mart ayında; neredeyse tamamı Çin Halk Cumhuriyeti’nden sipariş edilen malzemelerin tarafımıza ulaşmasıyla dizgi işlemine geçilmiş olup kullandığımız malzemelerin boyutu sebebiyle bu iş paketi 10 iş günü sürede yüksek başarı ile tamamlanmıştır. Dizgi iş paketi ile karta komponent montajı tamamlanıp MATLAB Simulink’de örnek kodun kontrol kartı için derlenmesi ve TI Code Composer Studio ile karta yazım işlemleri başarılmıştır. Bu iş paketi tecrübe eksikliği sebebiyle beklenenden uzun sürmüş ancak başarı sağlanmıştır. Müteakip haftalarda kart ile farklı özelliklerde fırçasız motorlar test edilmiş ve tez yazımı yapılmıştır.



BÖLÜM II

2.1 Literatür Taraması

Yapılan araştırmalarda elde edilen bilgilere göre, fırçasız doğru akım motor sürücülerini için çeşitli algoritmalar kullanılmakta olup üzerinde çalışmalar da yapılmaktadır.

Yapılan araştırma sonuçları aşağıda verilmiştir.

Aydoğdu (2006) Fırçasız doğru akım motorlarının genetik tabanlı bulanık denetleyici ile sensörsüz kontrolü üzerine çalışma yapmıştır. Jeon ve Cho (2013) fırçasız doğru akım motorlarının sensörsüz kontrolü için genişletilmiş Kalman filtresi tasarlamıştır. Kim (2008) Dayanıklı sensörsüz fırçasız doğru akım motoru hız kontrolcüsü tasarlamıştır. Kumarasamy ve Valluvan (2016) Sensörsüz BLDC motor sürücülerini ve gelecek trendleri üzerine çalışmışlardır.

BÖLÜM III

3.1. Sürücünün Kontrol Kartı

Tasarladığımız sürücüde kontrol kartı olarak Texas Instruments firmasının LAUNCHXL-F28027 kontrol kartı kullanılmıştır. Kontrol kartı üzerindeki 60MHz saat hızına sahip 32bitlik güçlü mikrodenetleyici gerçek zaman uygulamaları için özel olarak tasarlanmıştır. 12bit ADC ve yüksek çözünürlüklü PWM'e sahip olması kartın tercih sebepleri arasındadır.



Şekil 3.1. TMS320F28027 Pin Giriş ve Çıkışları

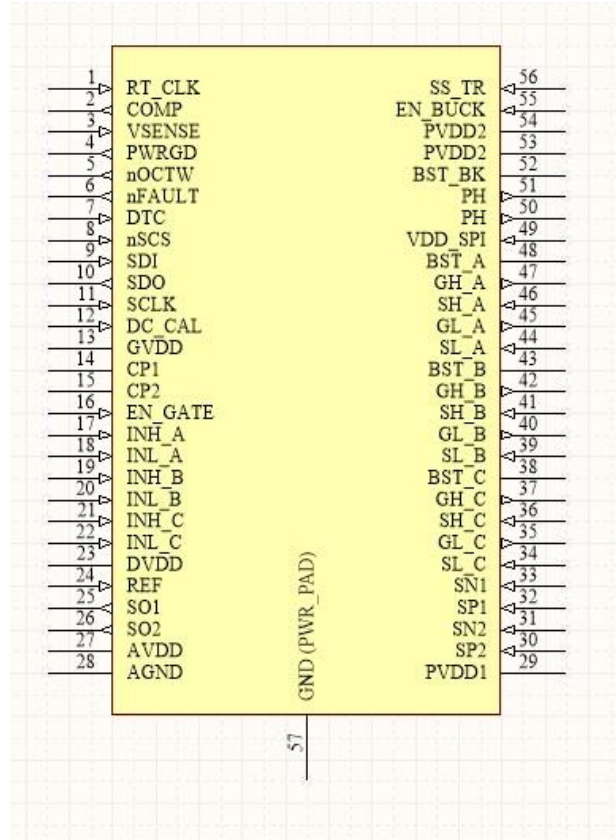
Şekil 3.1’de LAUNCHXL-F28027 kartının dijital ve analog giriş-çıkışları ile PWM çıkışları haricinde diğer pinlerin sahip olduğu özellikler ve kullanılabilecek diğer fonksiyonlar da görülmektedir.

3.2. Sürücü Kartının Üzerindeki Entegre Elemanlar

Sürücü kartı üzerinde yer alan entegrelerin kütüphane dosyaları proje kapsamında oluşturulmuş olup geri kalan devre elemanlarına (direnç, kapasitör vb.) ait kütüphaneler internet üzerinden temin edilmiştir.

3.2.1. DRV8301 Gate Driver

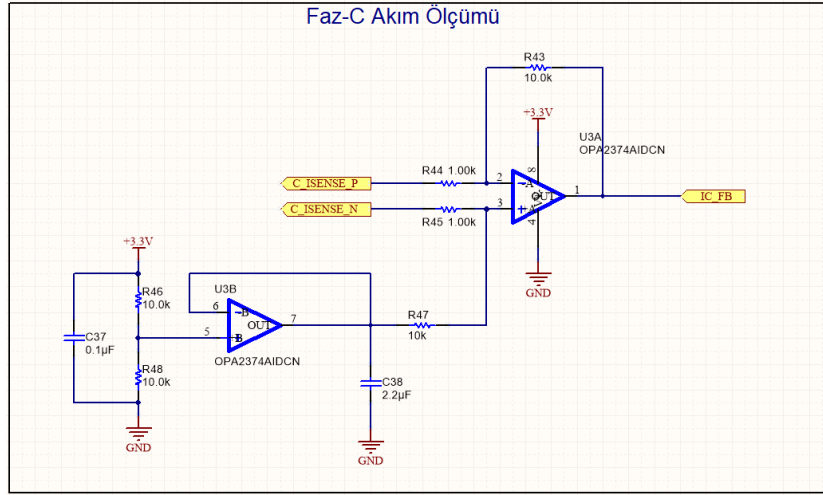
Mosfetler yüksek frekansta sürüldüğünde yapıları gereği oluşturdıkları yüksek kapasitans nedeniyle doğrudan mikrodenetleyiciler tarafından sürülemezler, sürücülere ihtiyaç duyarlar. DRV8301 gate driver entegresi 6-60V arasında çalışabilen, 3 yada 6 PWM ile kullanılabilen, dahili DC-DC voltaj dönüştürücüsü olan, 2 adet değişken kazançlı işlemsel yükselteç barındıran oldukça komplike bir entegredir. TSSOP-56 paketindedir.



Tablo 3.2.1 DRV8301 Şematik gösterimi

3.2.2. OPA2374 İşlemsel Yükselteç

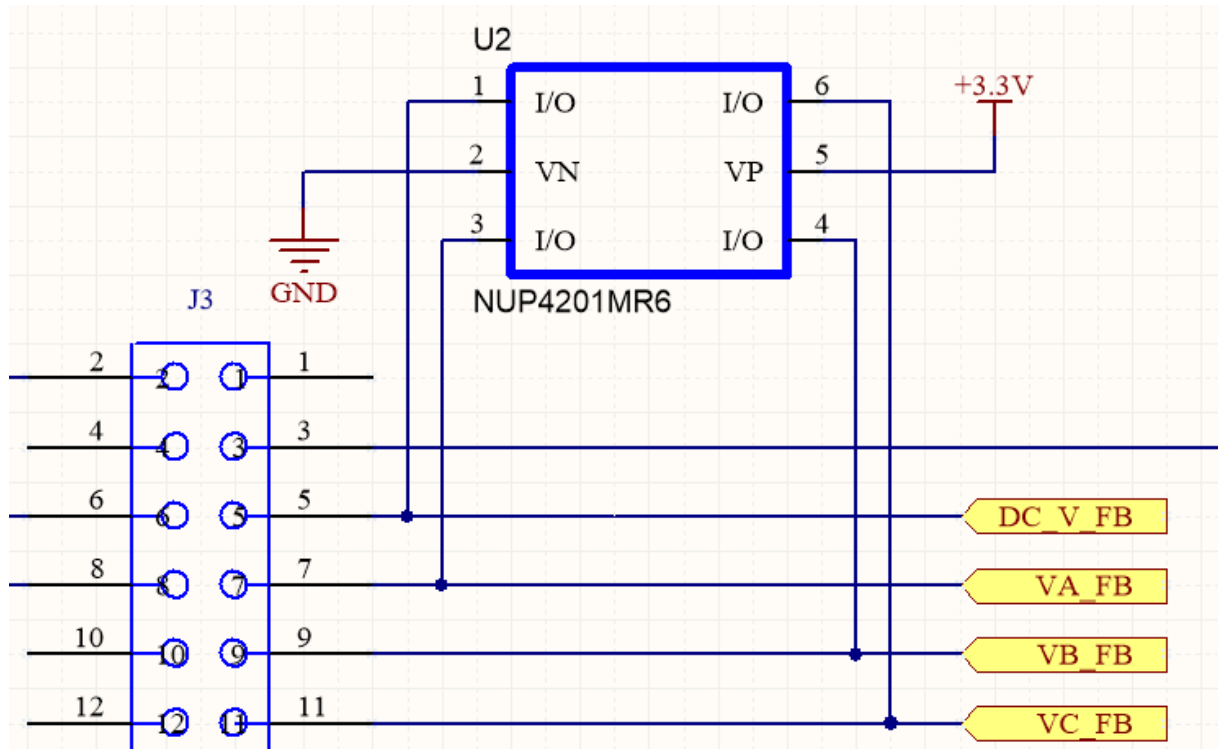
Sürücü kartının temelini oluşturan DRV8301 entegresinin içerisinde barındırdığı 2 adet işlemsel yükselteç motorun A ve B fazlarının akım ölçümlerinde kullanılırken C fazı için ekstra bir işlemsel yükselteç ihtiyacı oluşmuştur. OPA2374 tercih sebebi DRV8301'in içerisinde bulunan işlemsel yükselteçlerin özelliklerine muadil olmasıdır.



Şekil 3.2.2. İşlemsel Yükselteç ile akım ölçümü

3.2.3 NUP4201 Geçici Voltaj Bastırıcı

C2000 kontrol kartının analog giriş pinleri maksimum 3.3V değerine kadar çalışmaktadır. Voltaj Bastırıcı entegre sürücü kartında gerilim ölçümü için oluşturulmuş gerilim bölücüler ve analog giriş pinleri arasına paralel olarak bağlanmış bir koruma elemanıdır. Amaç sistemi tamamıyla güvenli hale getirmek ve olası bir gerilim dalgalanmasında kontrol kartının kaybını önlemektir.



Şekil 3.2.3. Geçici voltaj bastırıcının sisteme bağlanması

3.2.4. IRF3205 Mosfet

Projemizde kullandığımız mosfet IRF3205; yüksek frekansta sürülmeye uygun, R_{DS} 'si düşük, uygulamamız için maliyet etken çözüm olarak uygun görülmüştür. V_{DSS} değeri 55V olan mosfetin teknik özellikler tablosu aşağıda görülmektedir.

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	110 ⑤	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	80	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	390	
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	200	W
	Linear Derating Factor	1.3	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
I_{AR}	Avalanche Current①	62	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy①	20	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	5.0	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to + 175	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds		
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf•in (1.1N•m)	

Şekil 3.2.4. IRF3205 katalog verileri

3.3. Sürücü Kartının Şematikleri

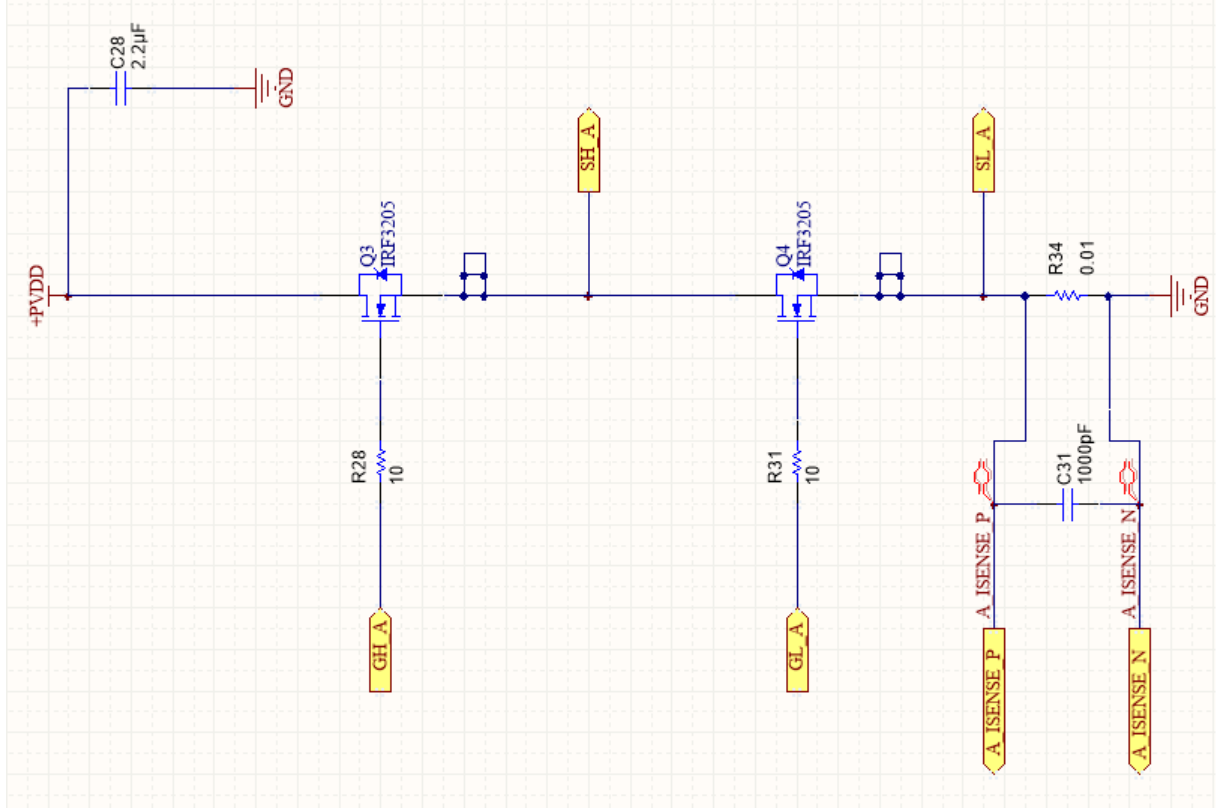
Sürücü kartının şematikleri oluşturulurken aynı proje içerisinde farklı şematik dosyaları oluşturularak oluşması muhtemel karışıklık büyük ölçüde engellenmiştir. Oluşturulan şematik dosyaları sırasıyla DRV8301, Launchpad, Motor ve Sense'dir.

3.3.1. DRV8301 Şematiği

DRV8301 şematiği üzerinde olası hata durumunu ve aşırı akım çekme durumunda kullanıcıya ışık ile uyarı veren ledler bulunmaktadır. Kontrol kartından gelen PWM sinyalleri, gerilim dönüştürücü için gerekli olan schottky diyot, indüktans vs. ve her bir mosfet için çıkışlar bulunmaktadır.

The top section contains two circuit diagrams. The left diagram, titled "Ana Güç (6-24V)", shows the main power regulation circuit. It starts with a "DC_V_FB" input connected to a voltage divider (R20, R22) and a feedback capacitor (C23). This is followed by a series of decoupling capacitors (C24, C22, C20, C21) and a terminal block "J2" labeled "TERM_BLK_2PIN". The right diagram, titled "POWER LEDs", shows two LED driver circuits. Each circuit consists of a current-limiting resistor (R23, R24) and an LED connected to a "GND" reference.

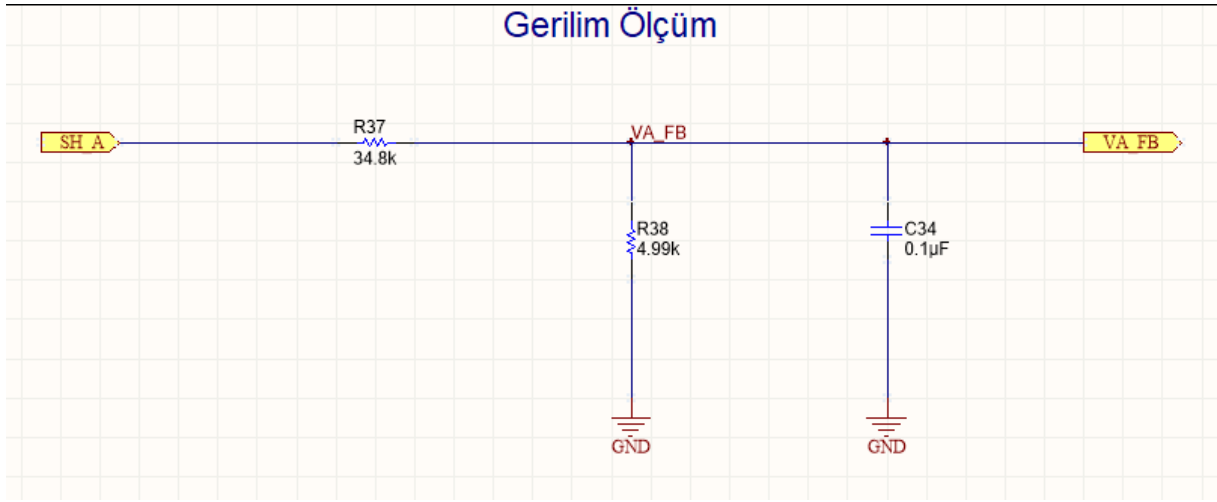
The bottom section, titled "Launchpad Header", shows the connection of the Launchpad header to the board. It includes a voltage divider (R25, R26, R27) for the "VCC" pin, a decoupling capacitor (C25, C26, C27) for the "GND" pin, and a series of connections for the "PWM" pins (PWM_AH, PWM_AL, PWM_BH, PWM_BL, PWM_CH, PWM_CL) to the "MCPWMSCS" pin. The "N_OC_BDI", "GAIN_BDI", "EN_GATE", and "DC_CAL" pins are also connected to the header.



Şekil 3.3.3. A fazını kontrol eden yarı H köprüsü

3.3.4. Sense Şematiği

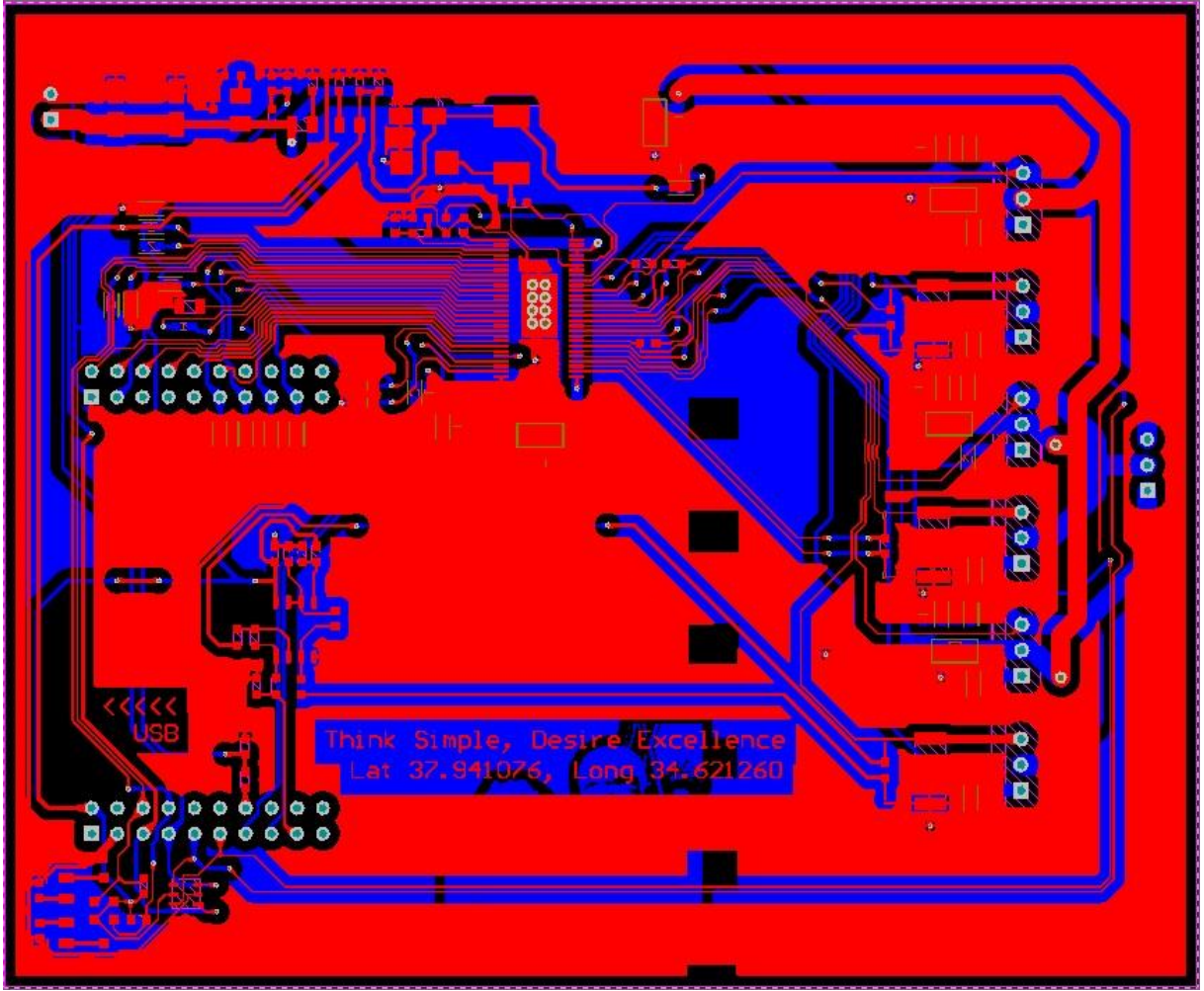
Sense şematiğindeki componentler sürücü kartının motor üzerindeki gerilimleri ölçmesi için tasarlanan gerilim bölücüler için oluşturulmuştur. Şematik üzerinde motorun C fazının akım ölçümü için devrede kullanılan işlemsel yükselteç tasarımı da bulunmaktadır.



Şekil 3.3.4. Sense şematiği görseli

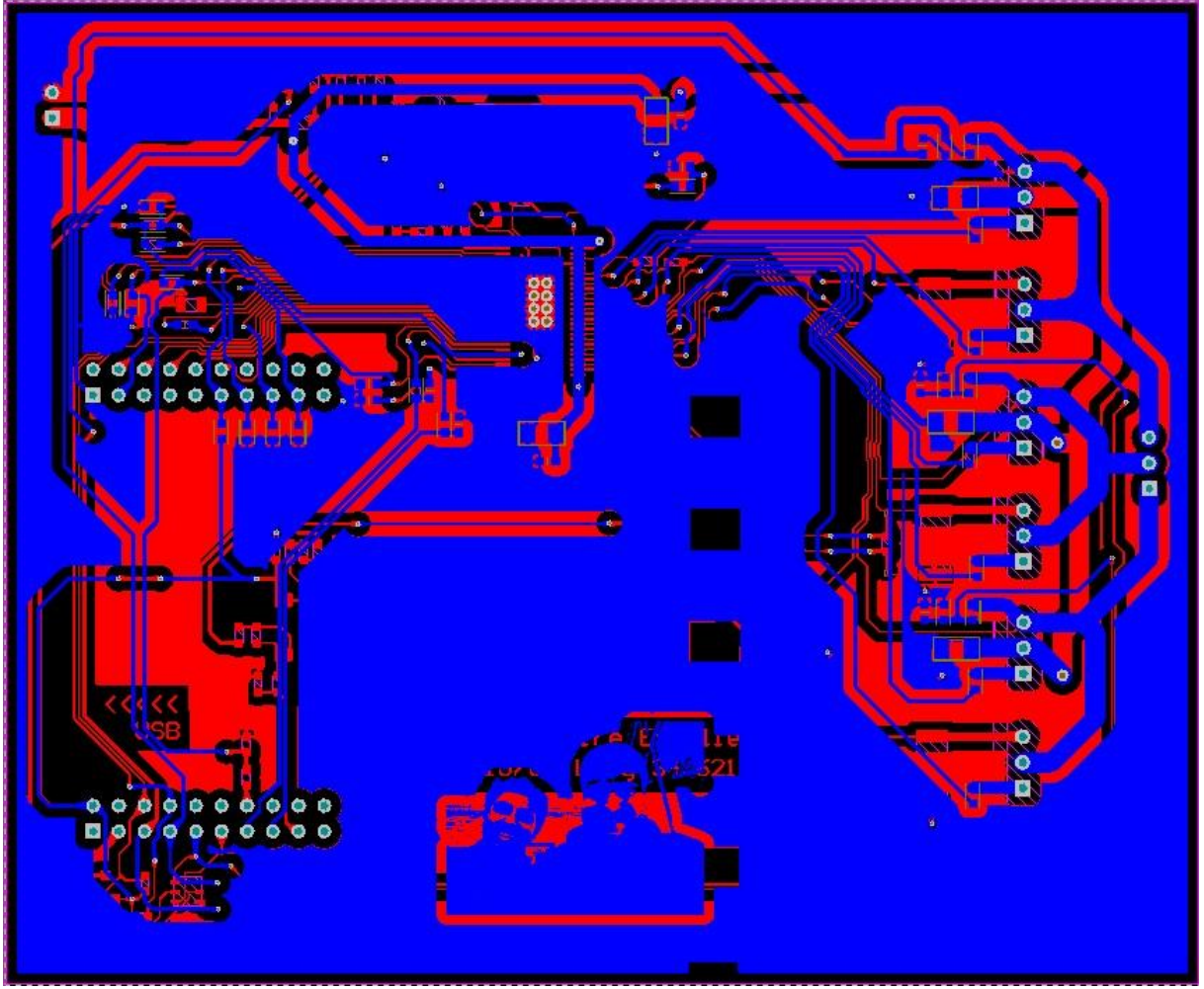
3.4. PCB Tasarımı

PCB tasarımı sırasında birçok farklı tasarım metodu denenmiş ve farklı olarak oluşturulan PCB tasarımlarından en başarılısı ilgili komponentleri bloklar halinde yerleştirip daha sonra tasarlanan küçük blokları birbirleri ile ilişkilendirmektir. Bu ilkeye bağlı oluşturulan PCB'nin EMI(elektromanyetik girişim) ile mücadele adına üst ve alt plakası toprak hattı ile kaplanmış böylece sistemin olası elektronik gürültüsü azaltılmıştır. Ayrıca Altium Designer programının içerisindeki oluşturulan yolun empedansının hesaplama özelliği sayesinde kritik değere sahip komponentler arasında çizilen yollar hesaplanarak oluşturulmuş ve olası hataların önüne geçilmiştir.



Şekil 3.4.1. PCB tasarımının üst katmanı

Şekil 3.4.1’de laboratuvar ekibinin sloganı ve laboratuvarın koordinatları bulunmaktadır.

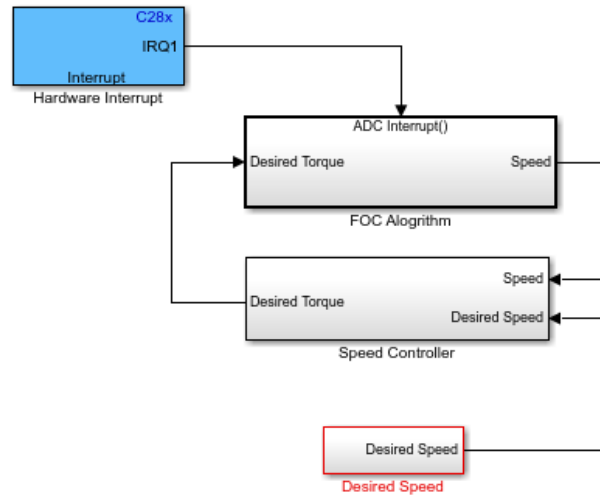


Şekil 3.4.2. PCB tasarımının alt katmanı

Şekil 3.4.2’de PCB’nin tasarımcılarının silueti yer almaktadır.

3.5. Yazılım

Sürücünün kontrol kartına yüklenen örnek yazılım üretici firma Texas Instruments tarafından açık kaynaklı olarak paylaşılmaktadır. Tüm çalışma kendini defalarca kanıtlamış bu programı eksiksiz çalıştıracak bir kart tasarlamak üzerinedir. Program fırçasız doğru akım motorunu Vektör kontrol yöntemi ile sürmektedir.



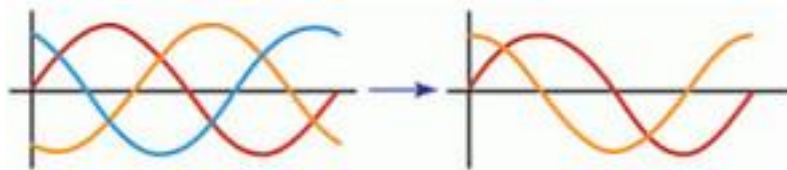
Şekil 3.5. Programın genel görünümü

3.5.1. Yazılımın Alt Grupları

Şekil 3.5’de genel hatlarıyla görünen yazılımın alt gruplarını incelediğimizde hız kontrolcüsünün FOC algoritmasına nazaran daha basit bir yapısı olduğu görülmektedir.

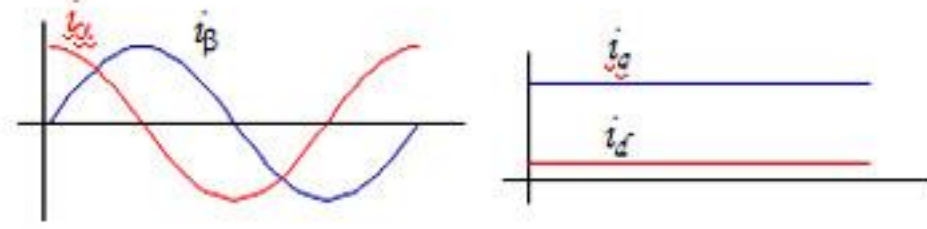
Hız kontrolcüsü istenilen hız ile FOC algoritmasından geri bildirim olarak gelen anlık hız değerini PID algoritmasında kullanarak FOC algoritmasına istenilen tork değerini hesaplamaktadır. Burada PID’nin katsayı değerleri $K_p = 0,2$ $K_i = 0,1$ $K_d = 0$ ’dır.

FOC algoritmasının içinde ölçülen akımları baz alarak Clarke, Park dönüşümleri PI kontrol yapılarak motoru sürmek için PWM sinyalleri üretilir. Anlık pozisyon ve hız bilgisi Sliding Mode Observer tarafından sağlanır.



Şekil 3.5.1.1 Clarke Dönüşümü

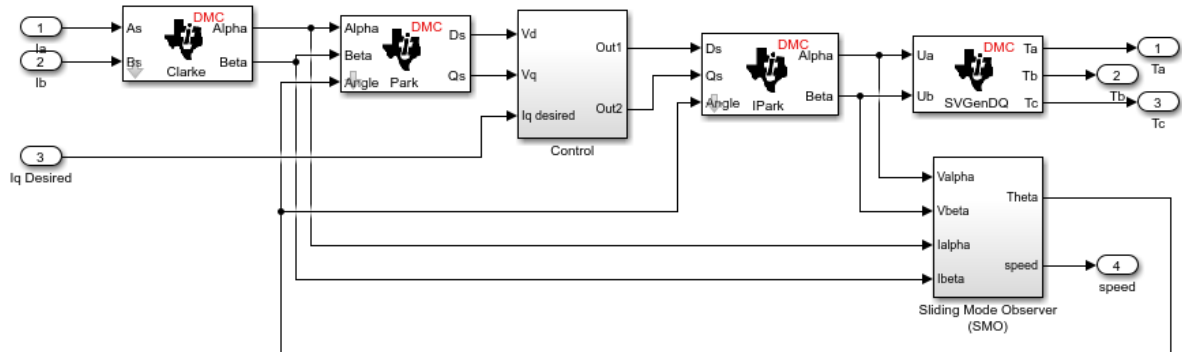
Clarke dönüşümü sonucunda 3faz akım bileşeni kompleks düzleme aktarılarak alfa(gerçek) ve beta(sanal) eksenlerindeki izdüşümleri elde edilir. Şekil 3.5.1.1.deki grafik durumu özetlemektedir.



Şekil 3.5.1.2. Park Dönüşümü

Ölçülen akımların Clarke dönüşümü ile elde edilen i_{α} ve i_{β} değerleri kullanılarak D-Q eksen takımında motor rotorunun akısı ve torku bulunur. D eksen motorun akısını, Q eksen ise ona 90 derece açıda olan motorun torkunu temsil eder.

Dönüşümlerden sonra D ve Q verilerinin her biri ayrı olarak PI kontrolcüsüne sokulur. Elde edilen çıktılar PWM jeneratörüne aktarılır ve motora uygulanacak olan PWMler oluşturulmuş olur.



Şekil 3.5.1.3. FOC algoritmasının yapısı

BÖLÜM IV

4.1. Bütçe Planı

Proje kapsamında yapılan harcamaların listesi aşağıda verilmiştir.

NO	MALZEME ADI	ADET	BİRİM FİYAT(₺)	FİYAT(₺)
1	C2000 LAUNCHPAD	1	80	80
2	DRV8301 ENTEGRE	5	15	45
3	OPA2374 ENTEGRE	10	2.5	25
4	NUP4201 ENTEGRE	10	3	30
5	0805 LED	4	0.30	1.2
6	IRF3205	6	3.10	18.6
7	SCHOTTKY DİYOT	1	5	5
8	33UH İNDÜKTÖR	1	12	12
9	KAPASİTÖR	38	1	38
10	DİRENÇ	38	0.1	3.8
11	P KANAL MOSFET	2	1.5	3
12	TERMİNAL BAĞLANTI	2	0.5	1
12	2X10 HEADER	2	0.40	0.80
13	PCB BASKI HİZMETİ	7	33.7	236

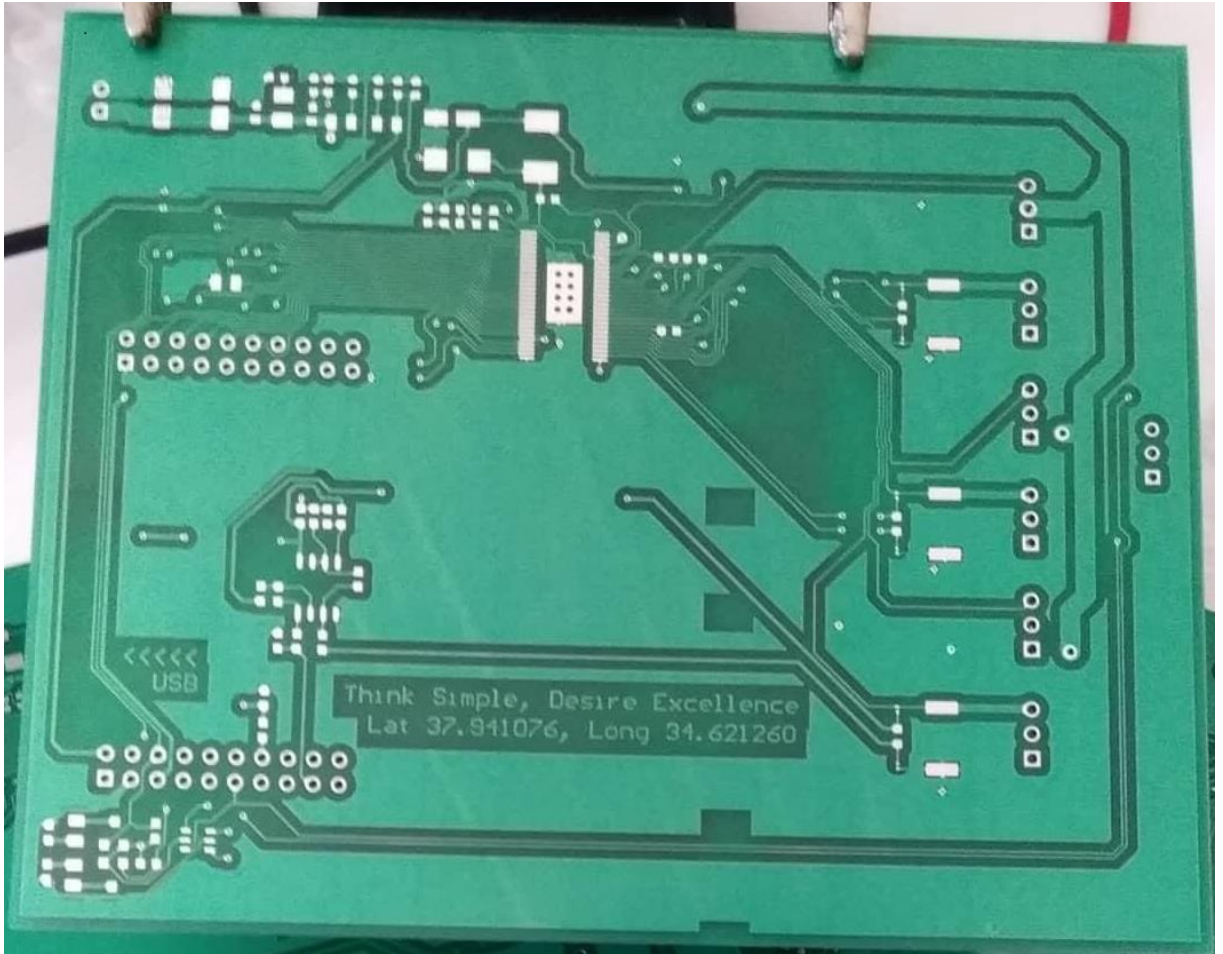
TOPLAM 499.4 ₺

Tablo4.1. Maliyet Tablosu

BÖLÜM V

5.1. Sonuç

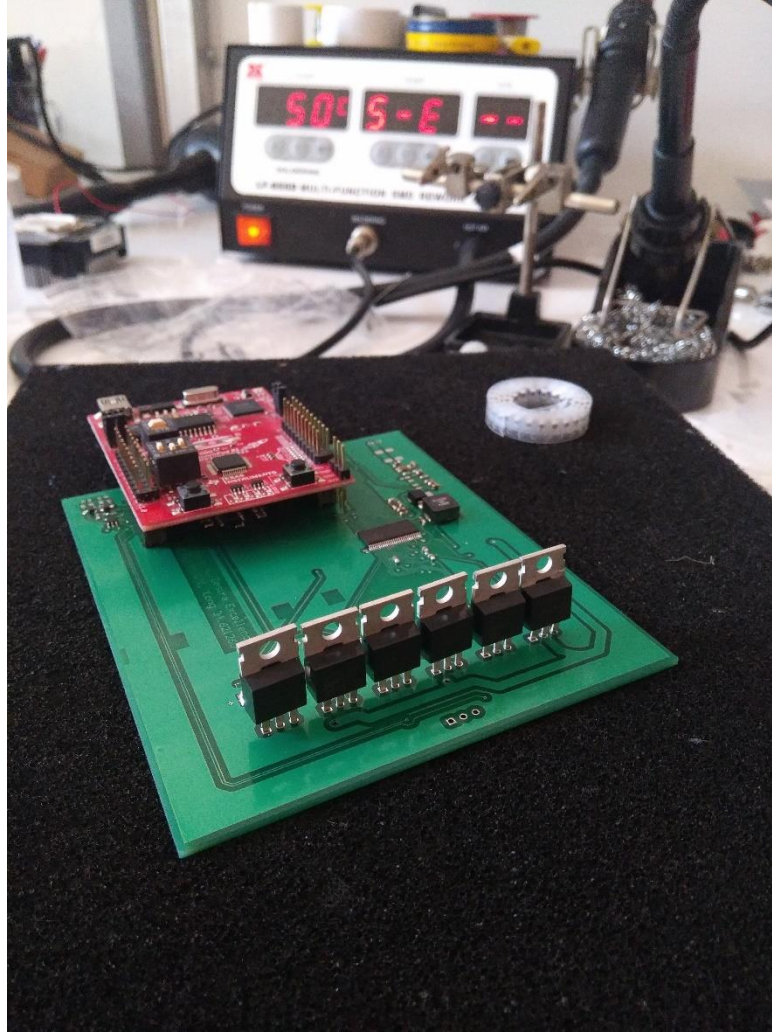
Fırçasız motor sürücü kartı tasarımı projesiyle açık kaynak yayınlanan FOC yazılımına uygun PCB tasarımı yapılmış olup başarılı bir şekilde imalatı tamamlanmıştır. Sensörlü ve sensörsüz olarak motor sürme işlemi gerçekleştirilmiştir. Motor sürüldüğü sırada MATLAB'e anlık veri alınmış anlık tork, hız ve istenilen hız bilgileri monitörize edilmiştir.



Şekil 5.1.1. Dizgisi yapılmamış PCB örneği



Şekil 5.1.2. PCB üzerine eklenen siluet görüntüsü



Şekil 5.1.3. Dizgisi yapılmış, kontrol kartı takılmış sürücü kartı



Şekil 5.1.4. Test amaçlı kullanılan BLDC motor

5.2. İleride Yapılması Planlanan Çalışmalar

Proje kapsamında hedeflenen 24V 15A değerlerinde sensörsüz sürücü tasarımı tamamlanmıştır. İlerleyen çalışmalarda sürücünün kontrol algoritmasına da müdahale edilerek yine sensörsüz olarak pozisyon kontrol yapılması planlanmaktadır. Güç katı ile ilgili gerekli değişiklikler sonucunda daha yüksek gerilim ve akım değerlerinde yeni bir sürücü tasarlanabilir.

KAYNAKÇA

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Halil Bahadır AKYILDIZ

Baba Adı: Bekir

Anne Adı: Kerime

Doğum Yeri: Ceyhan

Doğum Yılı: 09.05.1995



Haberleşme Bilgileri

Adres: Yıldız Kuyumcu Atatürk Caddesi No:213 Ceyhan / ADANA

Telefon: (+90) 505 339 5342

E-posta: h.bhdr01@gmail.com