

T.C.
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ



ANDROİD İŞLETİM SİSTEMLİ CİHAZLAR VE
2.4GHz KUMANDA İLE ARM TABANLI
MİKRODENETLEYİCİ ÜZERİNDEN QUADROTOR
İNSANSIZ HAVA ARACININ TASARIMI, OTONOM
KONTROLÜ VE DENETİMİ
BİTİRME TEZİ

Hazırlayan

Furkan ÖZER

2011010225028

Tez Danışmanı

Yrd.Doç.Dr. Can Bülent FİDAN

KARABÜK-2016

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
İÇİNDEKİLER.....	1
KABUL VE ONAY	4
TEŞEKKÜR	5
ÖZET	6
BÖLÜM 1	7
GİRİŞ.....	7
1.1. MULTICOPTERLER.....	7
1.1.1 TANIM	7
1.2 QUADCOPTERLER.....	10
1.2.1 QUADCOPTER TANIMI.....	10
1.2.2 QUADCOPTER'LERİN TARİHİ.....	12
1.2.3 İLK DENEMELER	12
1.2.4 KULLANIM ALANLARI	13
BÖLÜM 2.....	15
QUADROTORUN ÇALIŞMA PRENSİBİ	15
BÖLÜM 3.....	18
QUADROTORUN MEKANİK ve ELEKTRONİK TASARIMI.....	18
3.1 QUADCOPTER PARÇALARI.....	18
3.1.1 Temel Parçalar.....	18
3.1.1.1 Şase.....	18
3.1.1.2 Kontrol Kartı (ARM CORTEX M4 STM32f407VG).....	18
3.1.1.2.1 NEDEN ARM İLE PROGRAMLADIM?.....	20
3.1.1.3 Motor ve Pervane	20
3.1.1.3.1 Fırçasız Motor Seçimi	21

3.1.1.4 Motor Sürücü (ESC).....	22
3.2 QUADCOPTER DİNAMİĞİ	22
3.2.1 KUVVET DENKLEMLERİ	22
3.2.1.1 Quadcopter'in Ağırlığı	22
3.2.1.2 İtme Kuvvetleri.....	23
3.2.1.3 Direnç Kuvveti	23
BÖLÜM 4.....	24
QUADCOPTERİN YAZILIMSAL TASARIMI	24
4.1 ELEKTRONİK ELEMANLARIN KONTROL YÖNTEMLERİ.....	24
4.1.1 ELEKTRONİK HIZ KONTROL CÜSÜ(ESC) İLE FIRÇASIZ MOTOR KONTROLÜ	24
4.1.2 RC KUMANDA ALICISINDAN KANAL OKUMA	25
4.1.3 HC-05 BLUETOOTH MODÜLÜNÜN KULLANIMI	26
4.1.4 WaveShare 10 DOF IMU SENSÖR.....	26
4.1.5 GY-NEO6MV2 GPS MODÜLÜ	27
4.2 QUADCOPTERİN RC KUMANDADAN YÖNLENDİRİLMESİ	27
4.3 QUADCOPTERİN ANDROİD CİHAZLAR İLE YÖNLENDİRİLMESİ	28
4.3.1 Android Cihazlarda Quadcopterin Yönetimi Amacı İle Oluşturulan Uygulama	28
4.4 QUADCOPTERİN ANDROİD CİHAZLAR ÜZERİNDEN KALİBRASYON AYARLARININ YAPILMASI.....	29
4.5 QUADCOPTERİN MONTAJLI VE ÇALIŞAN HALİ.....	30
BÖLÜM 5.....	32
SONUÇ.....	32
KAYNAKÇA	34
EKLER	35
EK-1 USART UYGULAMASI	35
EK-2 PWM DUTY CYCLE ÖLÇME.....	36

ÖZGEÇMİŞ.....	39
---------------	----

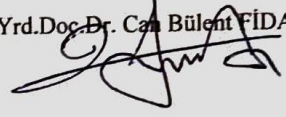
KABUL VE ONAY

KABUL VE ONAY

Furkan ÖZER tarafından hazırlanan " ANDROİD İŞLETİM SİSTEMLİ CİHAZLAR VE 2.4GHz KUMANDA İLE ARM TABANLI MİKRODENETLEYİCİ ÜZERİNDEN QUADROTOR İNSANSIZ HAVA ARACININ TASARIMI, OTONOM KONTROLÜ VE DENETİMİ " başlıklı bu tezin Lisans Bitirme Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım. 22/08/2016

Tez Danışmanı

Yrd.Doç.Dr. Can Bülent FİDAN

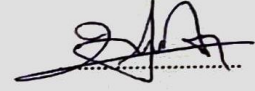


Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında Lisans Bitirme Tezi olarak kabul edilmiştir. 22/08/2016

Tez Jürisi

Başkan:

Yrd.Doç.Dr. Can Bülent FİDAN



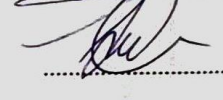
Üye :

Yrd.Doç.Dr. C. İlhan UZARAY



Üye :

Doç.Dr. İsmail Hakkı TAYYAR



KBÜ Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Mezuniyet Komisyonu ve Bölüm Başkanlığı bu tezi Lisans Bitirme Tezi olarak onamıştır. 22/08/2016

Yrd.Doç.Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

Mekatronik Müh. Bölüm Bşk.



TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen, bizlerin yazılım ve elektronik alanında yetişmemizi sağlayan saygı değer danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Can Bülent FİDAN'a, mekanik , CAD/CAM alanlarında bizlerin fark yaratacak mühendisler olmamızı sağlayan bölüm başkanımız Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU'na projede beraber çalıştığım, cefasını ve sefasını birlikte sürdüğüm, kardeşim, arkadaşım, sırdaşım ve fikirdaşım Cihan AKSOY'a ve hayatımın her evresinde bana destek olan, arkamda duran değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Furkan ÖZER

KARABÜK, Haziran 2016

ÖZET

Lisans Tezi

ANDROİD İŞLETİM SİSTEMLİ CİHAZLAR VE 2.4GHz KUMANDA İLE ARM TABANLI MİKRODENETLEYİCİ ÜZERİNDEN QUADROTOR İNSANSIZ HAVA ARACININ TASARIMI, OTONOM KONTROLÜ VE DENETİMİ

Furkan ÖZER

**Karabük Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Mekatronik Mühendisliği**

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç.Dr. Can Bülent FİDAN

Mayıs 2016, 38 Sayfa

Bu çalışmada Arm mimarisine sahip bir mikrodnetleyici kullanılarak, Android işletim sistemli cihazlar ve 4 kanallı rc kumanda ile Quadrotor aracın mekanik, elektronik tasarımı, otonom kontrol ve denetimi yapılmıştır. Kumandadan veya android işletim sistemli cihazlardan alınan kullanıcı isteklerinin mikrodnetleyiciye aktarılması, gyroscope, accelometer, compass ve barometric basınç sensörlerinden alınan bilgiler mikrodnetleyicide işlenerek elektronik hız kontrolcü sistemlerine aktararak Quadrotor araca istenilen hareketler verilmektedir. Anroid işletim sistemli cihazlardan quadcopterin kalibrasyon ayarları yapılabilinmektedir.

Geliştirdiğimiz Quadrotor aracın altına çeşitli uygulamalar eklenebilir. Araç üzerindeki mikrodnetleyici sayesinde kolayca her uygulamaya adapte olabilmektedir.

Anahtar Sözcükler : ARM , QUADCOPTER , İHA , DRONE

Bilim Kodu : 92903, 92905

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. MULTICOPTERLER

1.1.1 TANIM

TDK'nın tanımına göre helikopter:

(Fransızca hélicoptère) Dik iniş ve çıkış yapabildiği için dar yerlerde de kullanılabilen, tepeden pervaneli, uçan taşıt. Bu tanıma göre multicopter ve helikopter aynı anlamı taşıyor.

Peki, neden multicopter aslında helikopter değil?



Şekil 1.1

İnsan ulaşımı için geliştirilmekte olan bir multicopter Multicopter 'ler kontrollü uçmak için mekanik plakalara, kuyruk motoru veya koaksiyel motorlara ihtiyaç duymayan kendine özgü bir türdür.

Multicopter 'ler Igor Sikorsky tarafından 20. yüzyılda bulunan karakteristiklerin tümüne uymaz. Eğer çok motorlu V-22 Osprey gibi araçların multicopter olduğunu düşünüyorsanız yanılıyorsunuz. V-22 bir multirotor 'dur ama multicopter değildir.



Şekil 1.2 V-22 Osprey

Osprey kendi karakteristik özellikleri bulunan bir tilt-rotor hava aracıdır. Tilt-rotorlar multicopter tarihinin bir parçası olmasına rağmen, kendine özgü araçlardır.

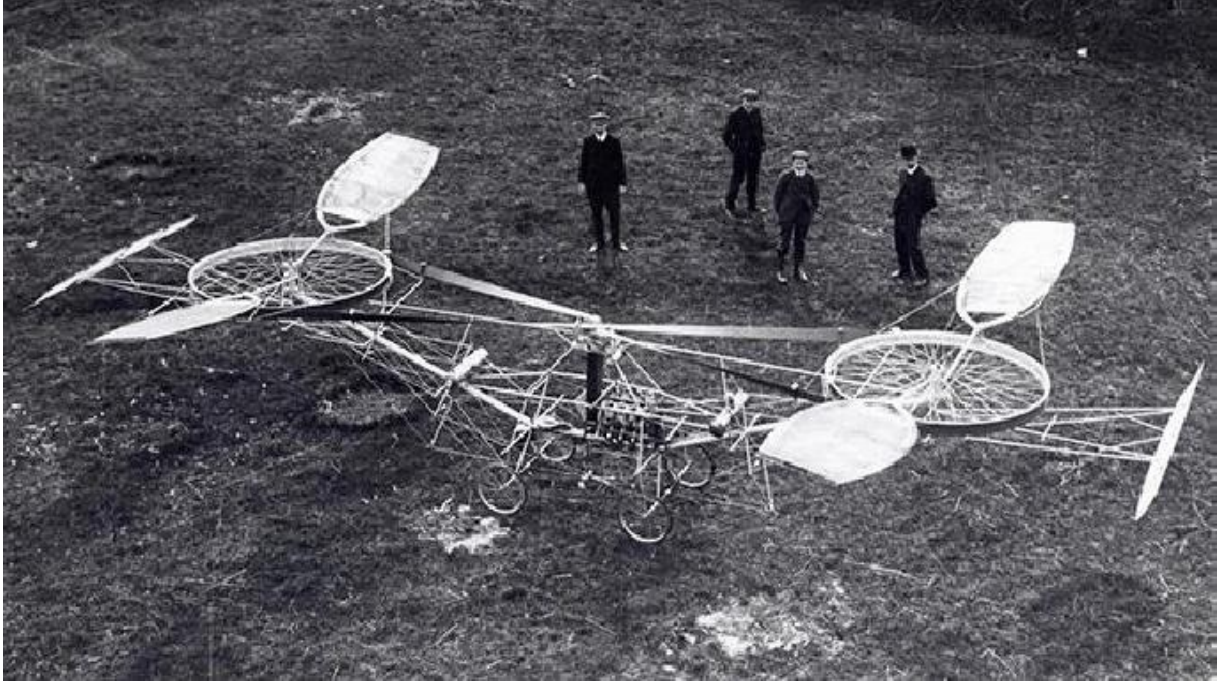
Tilt-rotorlar bir uçak ve helikopter kırması olarak düşünülebilir. Motorları irtifa için, sabit kanatları ve kontrol plakalarını ise ileri gidiş için kullanır. Multicopter için ise madem bir sözlük tanımı yok, kendimiz tanımlayalım.

Multicopter: ikiden fazla motora sahip, pitch, roll, yaw ve lift sadece hız (rpm) kullanılarak kontrol edilen, stabilizasyonu elektro- mekanik sensörlerden ve hesaplayıcı cihazlarla sağlanan havadan ağır cihazlardır. Tricopter, quadcopter, hexacopter, octocopter, pluscopter, xcopter, hcopter isimleri spesifik konfigürasyonlar için kullanılabilir.

Birkaç motora birkaç çomak ve pervane bağlamak multicopter'in uçuşu için yetmez. Bir sürü kişi bunu denemiştir anca maalesef bu yeterli değil. Sebebi ise bir uçuş kontrolcüsü olmadan her motor tarafından sağlanan gücün kontrol edilememesi ve kontrolün sağlanamamasıdır.

Sabit bir multicopter'e uygulanan kuvvetlerin toplamı sıfırdır. Her motor ve pervane kombinasyonu itme ve tork oluşturur. Bunlar birleştiğinde multicopter 'in kalkış (lift), yalpa (yaw) ve dönüş hareketi (roll) yapmasına olanak sağlar.

Multicopter 'de lift, motorların itme kuvveti sayesinde sağlanır. Eğer yerçekimi, rüzgâr ve sürüklenme gibi kuvvetleri bertaraf edebilseydik ve her motordan eşit itme gücü alsaydık aracımız direk olarak yukarı yükselirdi ve devam ederdi. Bu denkleme yerçekimini eklersek motorların itme gücü yerçekiminin üstesinden gelmek zorunda. Eşit olurlarsa ise sabit kalır.



Şekil 1.3 Bir insanı 20 saniye taşıyabilen ilk hava aracı olarak kayıtlara geçen Paul Cornu ve 1907 model çift motorlu hava aracı

Multicopter 'lerin yönelmesi ise motorlar tarafından sağlanan değişken itme gücüyle oluşur. Örneğin bir tricopterin ileriye uçuşu için ön motor yavaşlarken arka motorlar hızlanır, böylelikle yönelim sağlamak mümkün olur. Geleneksel bir helikopterde ise kuyruk motoru ana pervane tarafından yaratılan torku dengeler. Koaksiyel helikopterlerde ise aksi yönde dönen pervaneler birbirinin torkunu dengeler.

Bütün motorlar tarafından yaratılan döngüsel torkun toplamı multicopter'in rotasyonunu belirler. Multicopter'i pilotun istediği yöne çevirmek için o yöne pozitif bir döngüsel tork uygulanması gerekir. Bu da her motorun döngüsel torkunu ayarlayarak mümkün olur.

Torkun etkisinin görülebilmesi için motor devrinin değiştirilmesiyle mümkün olur. Eğer bir multicopter havada asılı duruyorsa, etkiyen döngüsel tork sıfırdır. Sağa veya sola çevirmek için her motorun yavaşlatılıp hızlandırması gerekir.

Belirli motorların yavaşlatılmasında itmeyi düşürür. Devri azaltmak daima motorun uyguladığı itme gücünü değiştirir. Hızlıca multicopter çevrilmeye çalışılırsa cihazın irtifa kaybettiği görülebilir.

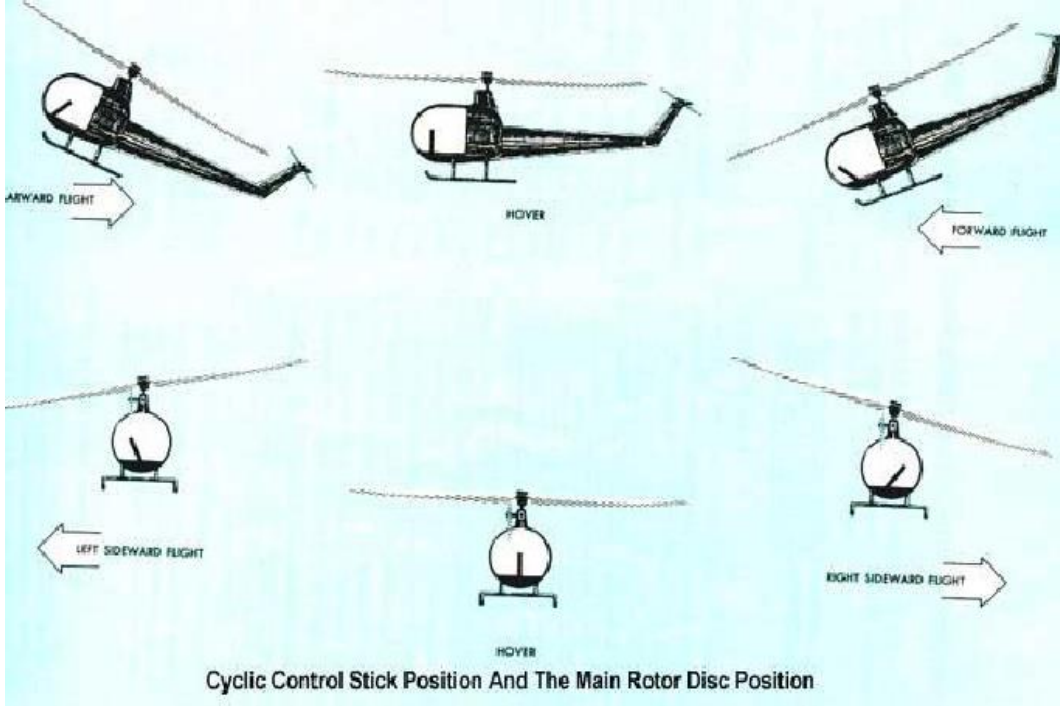
Uçarken dönmek için belirli motorlar yavaşlayan motorlardan kaynaklanan itme kaybını kompanse etmek amacıyla daha hızlı dönmek zorundadır.

Peki multicopter nasıl havada bu kadar stabil kalabilir? Cevap uçuş kontrolcüsü. Uçuş kontrolcüsü cihaza etkiyen bütün kuvvetleri değerlendirerek aynı zamanda pilottan komutları alır. Bu değerlendirmeleri ve uygulamaları etkiyen gücün etkisinden daha hızlı yapmak zorundadır. Aksi takdirde multicopter irtifa kaybeder ve düşer. [1-4,8].

1.2 QUADCOPTERLER

1.2.1 QUADCOPTER TANIMI

Aynı zamanda quadrotor helikopter, quadrocopter ve quadracopter isimleri verilen quadcopter, dört motor tarafından kaldırılan ve yürütülen bir multicopter'dir. Sabit kanatlı hava araçlarının aksine quadcopter'ler kaldırma kuvvetini dönen kirişlerden elde ettiği için rotorcraft sınıfına girer. Quadcopter'ler helikopterlerin aksine genellikle simetrik olarak yerleştirilmiş pervaneler kullanır. Bunlar kolektif olarak ayarlanır ancak helikopterdeki gibi döngüsel (cyclic) değildir. Cihazın kontrolü motorların dönüş hızını değiştirerek, yani tork yükünü ve itme/kaldırma karakteristiklerinde farklılık yaratarak sağlanır[2].



Şekil 1.4 Helikopterlerde kullanılan “cyclic” kontrol pozisyonları.

Quadcopter konfigürasyonları uçuş tarihinde sürekli görülen torka bağlı kontrol sorunlarını ve kuyruk motorundan kaynaklanan verim kaybını bertaraf etmek amacıyla ortaya çıkmıştır. 1920 ve 30larda insanlı uçuş için tasarımlar yapılmıştır. Bu araçlar havadan ağır olup dikey kalkış ve iniş (VTOL) yapabilen cihazların öncülerindendir. Ancak ilk prototipler düşük performanslı, arkasından gelenler ise pilota düşen iş yükü, düşük stabilite ve sınırlı kontrol imkânından dolayı kullanılmamıştır.

Günümüzde quadcopter tasarımları insansız hava aracı (UAV) olarak popülerleşmiştir. Bu araçlar elektronik kontrol sistemleri ve elektronik sensörlerle stabilize olur. Küçük tasarımları ve çevik manevra kabiliyeti sayesinde hem kapalı hem açık alanda uçurulabilirler[3].

Quadcopter’lerin boyut olarak benzer helikopterlere karşı bazı avantajları vardır. İlki, quadcopter’lerin pervane açısını değiştirmek için kullanılan mekanik bağlantılara ihtiyacı yoktur. Böylelikle tasarım ve bakımı basitleşir. İkincisi, dört motor kullanıldığı için motorların çapının küçük olması, dolayısıyla uçuşta daha uçuş sırasında daha az kinetik enerjiye sahip olması, böylelikle olası bir çarpışma halinde motorların daha az hasar

alması. Yapım ve kontrol kolaylığı sayesinde amatör model uçuş projelerinde quadcopter şaseleri sıklıkla kullanılmaktadır [1].

1.2.2 QUADCOPTER'LERİN TARİHİ

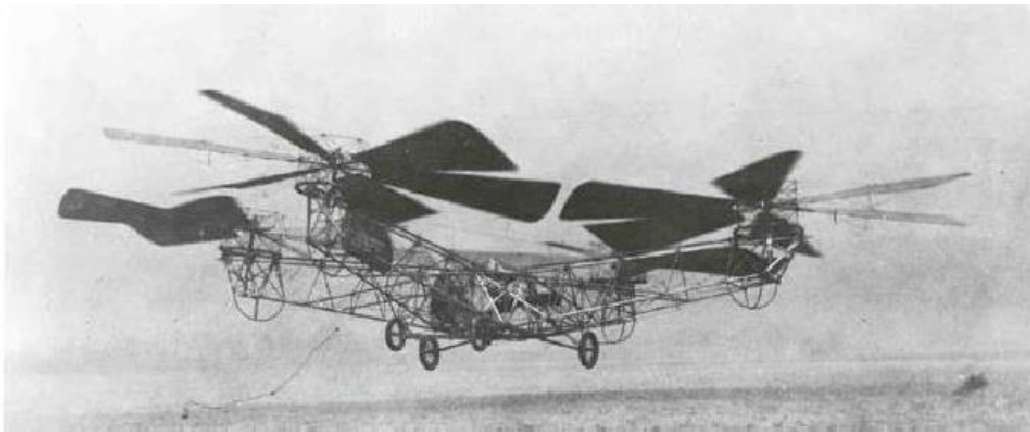
1.2.3 İLK DENEMELER

Oehmichen No.2 (1920)

1920'lerde Etienne Oehmichen rotorcraft araçlarla denemeler yapmıştır. Deneme yaptığı altı araçtan bir tanesi dört motorlu sekiz pervaneli No.2'dir. Oehmichen No.2 dört kol ucundaki iki pervaneli motorlarla birlikte çelik şase kullanmıştır. Beş pervane araca dikey olarak stabilize edilmiş olup, burun kısmında bir diğer pervane yönlendirme sağlarken, son iki pervane ise yatay olarak bağlanıp, ileriye itme sağlamak için kullanılmıştır. Zamanına göre önemli miktarda stabilite sunan bu araç, 1920lerin ortalarında binden fazla test uçuşu yapmıştır. 1923 yılında havada birkaç dakika kalabilmiş, 14 Nisan 1924'te ise 360 metre giderek FAI (Uluslararası Havacılık Federasyonu) helikopterler için mesafe rekorunu kırmıştır. Dairesel bir rotayı tamamlayıp daha sonra ilk 1 kilometrelik kapalı devre uçuşu bir rotorcraftla tamamlamıştır.

Bothezathelicopter (1922)

Dr. George de Bothezat ve Ivan Jerome tarafından geliştirilen bu araç, X şeklinde şaseye bağlı adet pervaneden oluşur. Değişken yükseklikli iki küçük pervane itme ve sapmayı kontrol etmek için kullanılmıştır. Amerikan ordusu tarafından yapılan bu araç ilk uçuşunu Ekim 1922'de gerçekleştirmiştir ve 1923'ün sonuna kadar 100 uçuşu tamamlamıştır. Ulaştığı maksimum yükseklik ise 5 metredir.



Şekil 1.5 Bothezat, 1923

Convertawings Model A Quadrotor (1956)

Bu özgün helikopterin çok daha büyük bir sivil ve askeri quadrotor'a prototip olması planlanmıştı. Tasarımı iki adet motorun v kayışıyla dört rotoru döndürmesi şeklindedir. Kontrol ise kuyruk motoruna ihtiyaç duyulmadan, motorların itme gücünü değiştirerek sağlanmıştır. 1950'lerin ortasında birçok kez başarılı bir şekilde uçmuştur. Ayrıca ileri uçuş yapabilen ilk dört rotorlu hava taşıtıdır. Sipariş düşüklüğü sebebiyle proje iptal edilmiştir. Convertawings ayrıca 19ton maksimum kapasiteli, 4.9ton taşıyıp 278 km/s hızıyla 300 mil menzile gidebilen bir Model E tasarlamıştır.

Curtiss-Wright VZ-7 (1958)

Curtiss-Wright VZ-7, Curtiss-Wright firması tarafından Amerikan Ordusu için dikey iniş ve kalkış (VTOL) yapabilecek şekilde tasarlanmıştır. Kontrolü dört motorun itme gücünü değiştirerek sağlanmıştır. [1].

1.2.4 KULLANIM ALANLARI

1.2.4.1 Araştırma Platformu

Quadcopter'ler üniversite araştırmalarında, uçuş kontrol teorisi, navigasyon, gerçek zamanlı sistemler ve robot teknolojisi gibi birçok alanda test ve değerlendirme de kullanılır. Son yıllarda çoğu üniversitede giderek artan bir şekilde karışık manevralar yapan quadcopter'ler görülmüştür. Sürü halindeki quadcopter'ler formasyon halinde havada durarak takla, halkadan geçme ve grup olarak bir pencereden geçme gibi karışık görev görevleri uygulayabilir. Quadcopter 'lerin çok amaçlı test platformu olarak kullanılmasında birçok avantaj vardır. Fiyatlarının düşüklüğü, boyut çeşitliliği ve basit mekanik tasarımı sayesinde amatörler tarafından toplanıp bakımları yapılabilir. Çok dallı yapısı sayesinde birçok farklı alandan akademisyenin bir araya girerek geliştirme yapmasına imkân tanır.

Quadrokopter projeleri genel olarak bilgisayar mühendisliği, elektrik mühendisliği ve mekanik mühendisliği uzmanlarının bir araya gelmesiyle oluşur. Manevra kabiliyetleri çok yüksek olduğu için quadcopter'ler her durumda ve ortamda kullanılabilir. Ayrıca otonom şekilde insana ihtiyaç olmadan uçabilirler. Bunlar yıllar boyunca artan araştırmaların başlıca sebebidir.

Dünya çapında bazı araştırma labratuarları daha gelişmiş kontrol teknikleri ve araştırmalar için çalışmaktadır. Bunların başlıcaları MIT AerospaceControlsLab, ETH Flying Machine Arena ve Pennsylvania General Robotics, Automation, SensingandPerception (GRASP)'dır.

1.2.4.2 Asker ve Güvenlik Güçleri

Quadcopter insansız hava araçları asker ve güvenlik güçleri tarafından takip, keşif ve kentsel alandaki arama kurtarma çalışmaları için kullanılır. Bunun bir örneği küçük ve sessiz bir UAV olan, Kanadalı AeryonLabs tarafından üretilen AeryonScout'tır. Şirket Orta Amerika'daki uyuşturucu kaçakçısının ormanın derinliklerinde kısıtılması sırasında önemli bir rol oynadığını iddia etmiştir.

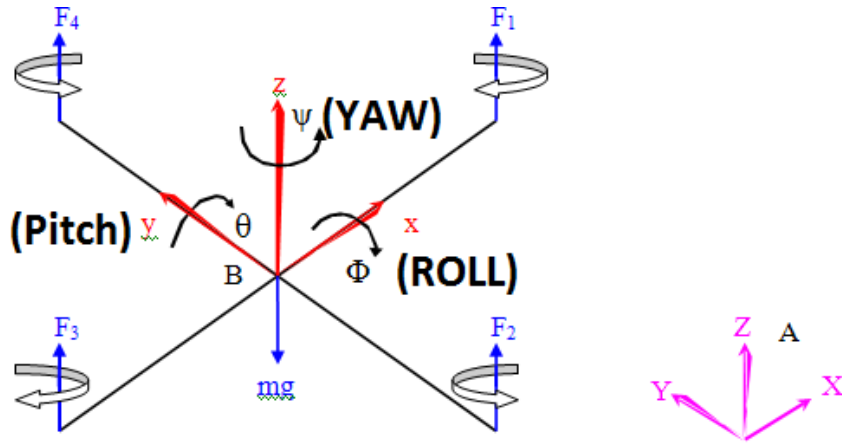
1.2.4.3 Ticari

Quadcopter'lerin en çok kullanıldığı alan havadan çekimlerdir. Maliyet düşüklüğü ve otonom uçuş özelliği sayesinde quadcopter'ler bu işler için çok uygundur. Quadcopter'lerle havadan fotoğraf çekmek GPS koordinatlarını girip bir tuşa basmak kadar basittir. On-board kameraları sayesinde kullanıcılar görüntüyü canlı olarak yere aktarabilir. Emlak fotoğraflamadan endüstriyel sistem denetimine kadar birçok firma tarafından kullanılır. Çeşitli kuruluşlar quadcopter'lerin kapalı devre televizyon özelliklerinden yararlanarak yerdeki hareketliliği takip eder[1].

BÖLÜM 2

QUADROTORUN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Her motor merkezinden bir itme gücü ve tork üretir, bunun yanında cihazın uçuş yönünün aksine bir sürüklenme kuvveti oluşur. Bütün motorlar eşit açısal hızda dönüyorsa, birinci ve üçüncü motorla ikinci ve dördüncü motor ters yönlerde dönüyorsa, toplam aerodinamik tork ve bundan dolayı yalpa eksenine etkiyen açısal hızlanma sıfırdır. Yani konvansiyonel helikopterlerde kullanılan sapmayı stabilize eden motora ihtiyaç yoktur. Sapmaya aerodinamik torkların arasındaki uyumsuzluk sebep olur.

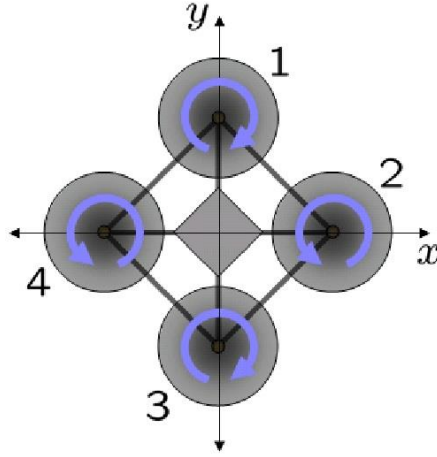


Şekil 2.1 Pitch Yaw Roll Hareket

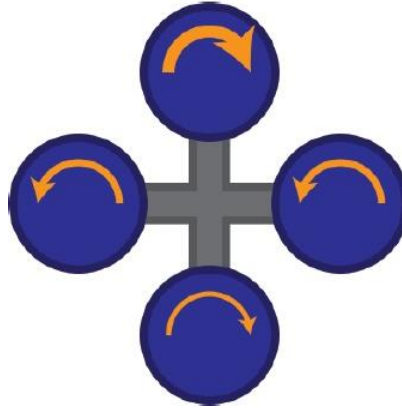
Pitch ve roll eksenlerine etkiyen açısal hızlanma yalpa eksenine etki etmeden uygulanabilir. Aynı yöne dönen her pervane pitch veya roll ekseninden birini kontrol eder ve bir motorun itme kuvvetini artırırken diğerini azaltmak yalpa stabilitesi için gerekli olan tork dengesini koruyarak roll veya pitch eksenine tork uygulanmasını sağlar. Böylelikle, sabit pervaneler quadrotorların her eksene manevrasını sağlar. Öteleme ivmesi ise sıfır olmayan bir pitch veya Roll açısıyla sağlanır.

Üç, altı veya başka bir sayıda motor yerine dört motor kullanılmasının sebebi dört motorun iki uygun dönel simetriye sahip olmasıdır. Dört motorla itmeyi yanlara verip roll hareketi yapmak kolaydır. İki aynı yöne dönen motorun birinin hızının artıp diğerinin azalmasıyla toplam tork ve yalpaya uygulanan güç sıfır olarak kalır. Klasik bir helikopteri kontrol ederken ana motordan gelen torku dengeleyip yalpa kontrolü uygulamak zor bir işlemdir ve hatırı sayılır ölçüde pratik gerektirir. Quadcopter'in ise yalpa kontrolü doğuştan

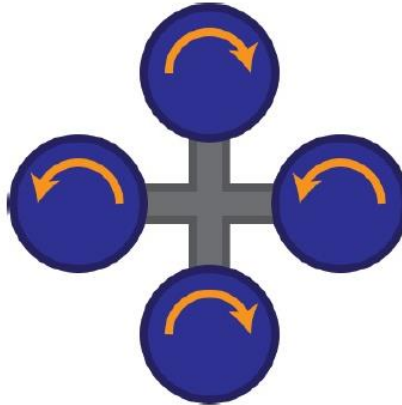
dengededir. Ana kontroller değişse de öğrenmesi daha kolaydır. Günümüzde kaliteli quadcopter'ler kendinden gyroscope'lu olup yalpayı daha eksiksiz stabilize eder. [1]



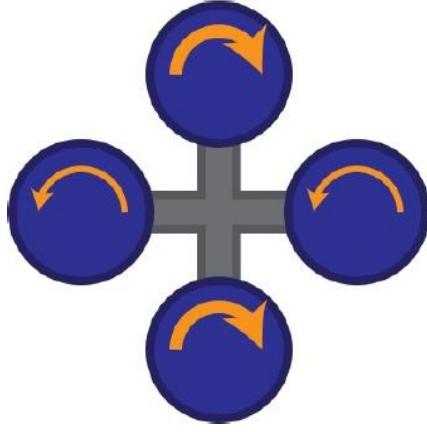
şekil 2.2 Quadcopter özdeş motorlarının dönüş yönleri



şekil 2.3 Quadcopter'in havada asılı durma pozisyonundaki (hover pozisyonu) zdeř motorların devir hızları



şekil 2.4 Quadcopter'in yalpa (yaw) hareketi yapması için özdeş motorların çalışması gereken devir hızları



Şekil 2.5 Quadcopter'in dönme (roll) hareketi yapması için özdeş motorların çalışması gereken devir hızları

BÖLÜM 3

QUADROTORUN MEKANİK ve ELEKTRONİK TASARIMI

3.1 QUADCOPTER PARÇALARI

3.1.1 Temel Parçalar

3.1.1.1 Şase

Şase, multicopter'in iskeletidir, genellikle karbon fiber ve alüminyum malzemeler tercih edilerek üretilmektedir. Şase tercihinde dikkat edilmesi gereken konular, devre koruması mevcut olup olmaması, iniş takımının yerden yüksekliği ve yeri kavraması, kolların titreşim oluşturmayacak şekilde üretilmiş olması, eksenlerde eğrilik ve kayıklık olmaması, batarya sabitlenecek kısmın belirli ve bataryanın kaymayacağı şekilde sabit olmasıdır.[1]



Şekil 3.1 Açık kaynak kodlu bir proje olan ArduCopter'in şasesi

3.1.1.2 Kontrol Kartı (ARM CORTEX M4 STM32f407VG)

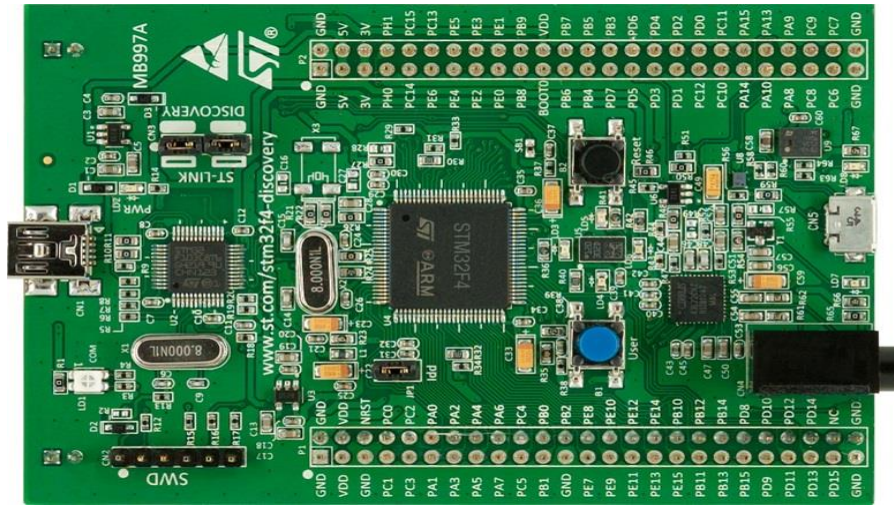
Piyasada çeşitli fiyatlarda ve kapasitelerde uçuş kontrolcü birimleri mevcuttur. Bu birim sistemin beynidir ve tüm dengede kalma, kumanda verisi okuma, batarya kontrolü gibi kritik işlemler bu birim sayesinde gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda sistem üzerindeki en kritik parçadır ve profesyonel sistemlerde Çin üretimi olan düşük kaliteli uçuş kontrolcülerin kullanılması önerilmez.

Biz projemizde kontrol kartı olarak ARM Cortex-M4 tabanlı bir mikrodenetleyici olan STM32F407VG mikrodenetleyicisini kullandık.

Üzerinde **ARM Cortex M4** tabanlı 168 MHz'lık bir mikrodnetleyici bulunuyor. Cortex M4 işlemci değil bir mimaridir.Bu mimarinin en önemli özelliği kısaca DSP(sayısal işaret işleme) fonksiyonlarını içermesidir. Bu yüzden firma kit üzerine kulaklık girişi , mikrofon, hareket sensörü birimlerini de dahil etmiş. Ve çekirdeğinde Floating Point Unit (FPU) bulunmaktadır.Bu birim de DSP uygulamalarını gerçekleştirmek istediğimiz zaman işimizi bir hayli kolaylaştırmaktadır. ARM'ın Cortex M3 çekirdeğinde sadece mikrodnetleyici uygulamaları esas alınmış. Fakat M4 çekirdeğinde ise M3'e ekstra olarak bir de FPU(Floating Point Unit) bulunuyor.

STM firmasının ürettiği STM32F4 Discovery Kit'i de Cortex-M4 serisindendir.Kısaca özellikleri;

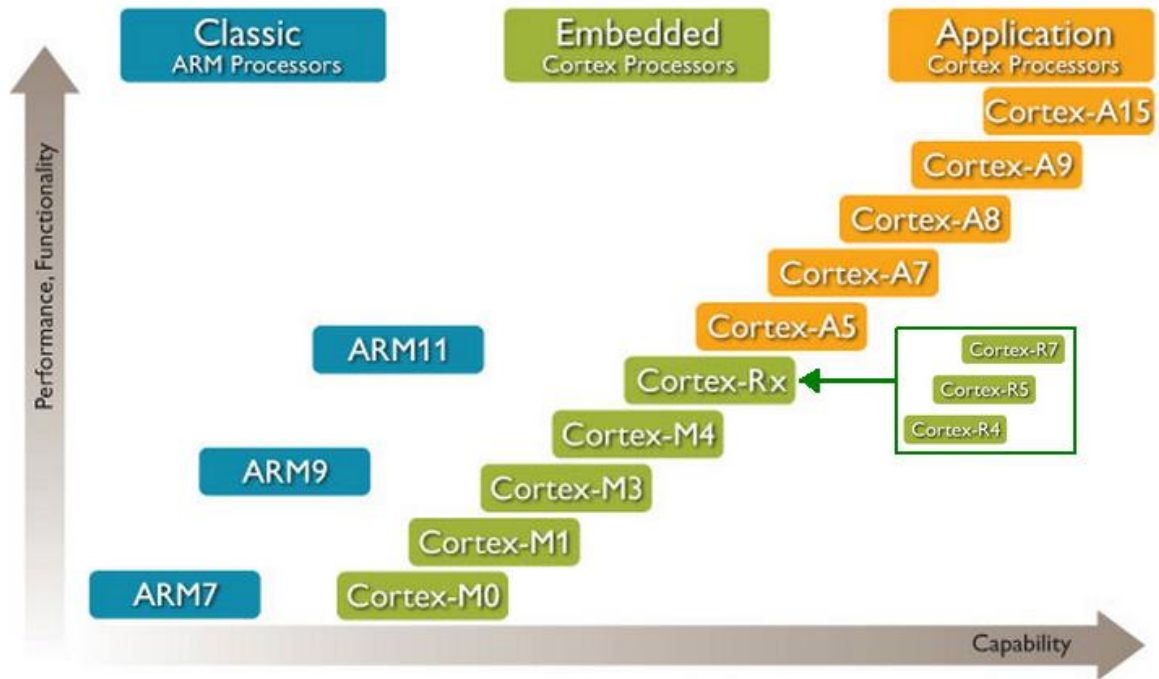
- 32-bit ARM Cortex-M4F çekirdeğine sahip STM32F407VGT6 mikrodnetleyicisi, 1 MB Flash ve 192 KB RAM
- Dahili ST-LINK/V2 JTAG Debugger
- USB veya harici kaynaktan doğrudan 5v ile çalışabilme
- 3 V ve 5 V luk çıkış pinleri
- 3-eksen dijital ivmeölçer (LIS302DL)
- Omni-Directional Mikrofon (MP45DT02)
- D sınıfı yükselteçli ses sürücü çipi(CS43L22)
- 3v3 power on/off LEDi
- Dört adet kullanıcı LEDi, LD3 (turuncu), LD4 (yeşil), LD5 (kırmızı) ve LD6 (mavi)
- 2 adet USB OTG LEDi, LD7 (yeşil) ve LD8 (kırmızı)
- Bir adet Reset ve bir adet kullanıcı tanımlı buton
- USB OTG için mikro-AB konnktör.
- 100 pin'in tamamını kullanabilmeye imkan tanıyan çıkışlar.



Şekil 3.2 STM32F407VG

3.1.1.2.1 NEDEN ARM İLE PROGRAMLADIM?

Bugün dünyada üretilen mikroişlemcilerin %2 gibi küçük bir bölümü kişisel bilgisayarlarda kullanılıyor. Geri kalan %98'lik kısım hayatımızdaki elektronik cihazların içerisinde. Şu günlerde elektronik alanındaki gelişmelere aşina olan birinin ARM ismini duymamış olmasına imkan yok. Başta cep telefonları olmak üzere hemen hemen bütün mobil cihazlarda ARM mimarisine sahip işlemciler bulunuyor.



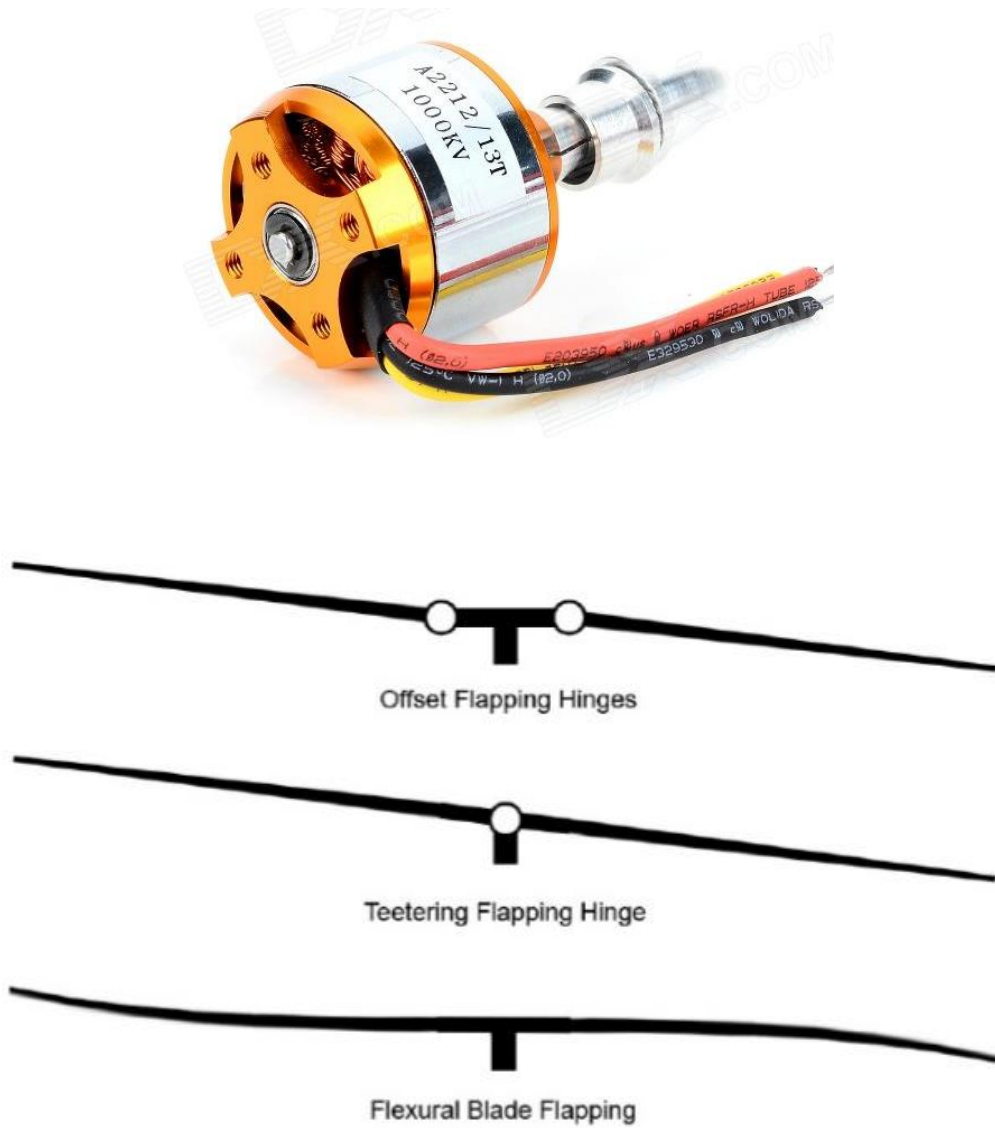
Şekil 3.3 Arm Mimarisi

Cortex-M3: Bu seri, deterministik bir şekilde çalışması gereken gerçek zamanlı ve düşük güç tüketimi gerektiren uygulamalarda kullanılıyor. NXP Semiconductors, STMicroelectronics, Texas Instruments, ve Toshiba gibi işlemci üreticileri bu çekirdeğe sahip mikrodenetleyici ürünleri sunuyorlar.

3.1.1.3 Motor ve Pervane

Multicopter sistemlerin itki yapısını oluşturan motorlar önerilen çapta ve yapıda pervaneler ile kullanılmalıdır. Motorları önerilen pervane seçimi ile birlikte kullanmak veriminizi yükseltecektir. Pervaneler plastik, tahta ve karbon fiber olarak üç ana sınıfta toplanabilir.

Tahta ve karbon fiber pervaneler profesyonel sistemler için uygundur. Plastik pervanelerin sistemlerde kullanılması önerilmez.



Şekil 3.4 1000KV Fırçasız Motor ve Pervane Tipleri

3.1.1.3.1 Fırçasız Motor Seçimi

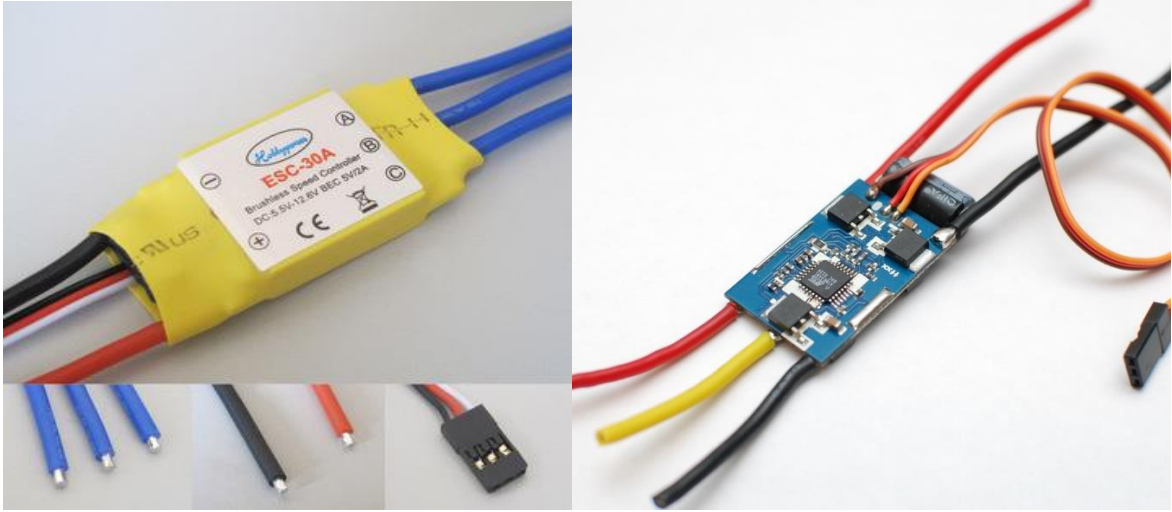
Yüksek verimlilik sahip fırçasız motorların seçiminde dikkat edilmesi gereken birinci konu fırçasız motorun gücüdür. Fırçasız motorlarda gücün hesabı için KV değeri kullanılmaktadır. KV değerini şöyle açıklayabiliriz;

1000KV değere sahip bir fırçasız motora 1 V gerilim yüklendiğinde dakikada 1000 devir dönebilmektedir.

Fırçasız motorların seçiminde dikkat edilmesi gereken ikinci konu ise motorların tekrarlanabilir ve stabil olmasıdır.

3.1.1.4 Motor Sürücü (ESC)

Sistem üzerindeki en önemli parçalardan birisidir. İstatistik olarak en çok kazaya sebep veren parçadır, bu sebeple yüksek kaliteli ve önerilen ürünlerin kullanılması önemlidir. Profesyonelsistemlerde kaliteli ve yüksek Amper değerli ESC'ler kullanılmalıdır. İçlerinde servo sinyal çözücü ve işleyici MCU ve motor akım yükseltme devresi barındırırlar.



Şekil 3.5 30A ESC

3.2 QUADCOPTER DİNAMİĞİ

3.2.1 KUVVET DENKLEMLERİ

Newton'un birinci ve ikinci yasaları gereği:

$$\Sigma F_{net} = m_{toplam} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

3.2.1.1 Quadcopter'in Ağırlığı

Dünyadaki bir cisme g kadar ivme uygulandığını biliyoruz ve yine Newton'un yasaları gereği:

$$F_g = m_{toplam} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ g \\ 0 \end{bmatrix}$$

3.2.1.2 İtme Kuvvetleri

Motorların uyguladığı itme kuvvetini ise:

$$F_{itme} = \begin{bmatrix} \sin\alpha \cdot F_{M1} + \sin\alpha \cdot F_{M2} + \sin\alpha \cdot F_{M3} + \sin\alpha \cdot F_{M4} \\ \cos\alpha \cdot F_{M1} + \cos\alpha \cdot F_{M2} + \cos\alpha \cdot F_{M3} + \cos\alpha \cdot F_{M4} \\ 0 \end{bmatrix}$$

şeklinde ifade edebiliriz.

Kalkış sırasında $a = 0$ olacağı için bu denklemi kalkış için:

$$F_{itme,kalkış} = \begin{bmatrix} 0 \\ F_{M1} + F_{M2} + F_{M3} + F_{M4} \\ 0 \end{bmatrix}$$

Şeklinde yazabiliriz.[1]

3.2.1.3 Direnç Kuvveti

Seyir esnasında bir direnç (ya da sürtünme) kuvveti oluşacağını biliyoruz[1]. Bu kuvvet:

$$F_{direnç} = m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_w \cdot C_D$$

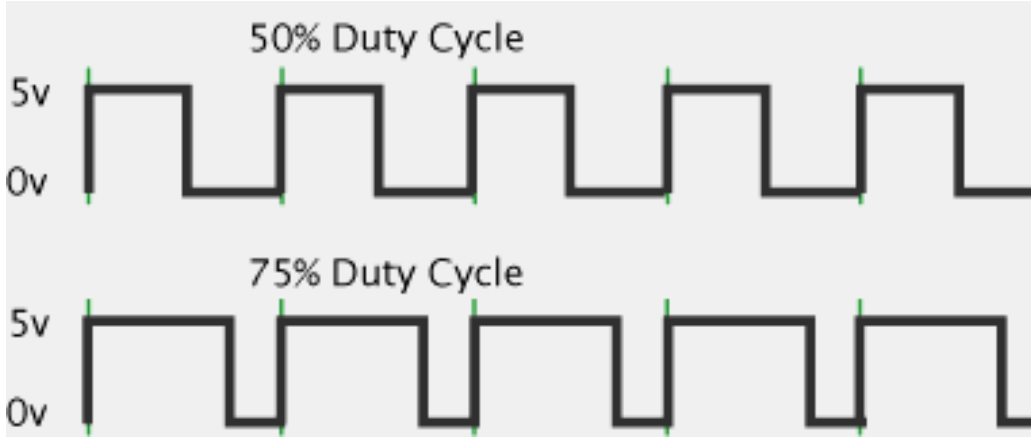
BÖLÜM 4

QUADCOPTERİN YAZILIMSAL TASARIMI

4.1 ELEKTRONİK ELEMANLARIN KONTROL YÖNTEMLERİ

4.1.1 ELEKTRONİK HIZ KONTROLCÜSÜ(ESC) İLE FIRÇASIZ MOTOR KONTROLÜ

Fırçasız motorları kontrol etmek için kullanılan Esc'ler bu işi, aldığı PWM sinyallerini, içerisinde bulunan MCU ile işleyerek gerçekleştirirler. PWM darbelerinin doluluk oranlarına göre Esc'ler fırçasız motorların hızlarını değiştirmektedir.



Şekil 4.1 Esc'ler %50 Duty Cycle'da minimum, %100 Duty Cycle'de maksimum hız sağlamaktadır

Yani yazılımdaki öncelikli işimiz bu esc'lere PWM darbeleri göndermektir. STM32F4 mikrodnetleyicisinde bulunan, pinlere alternatif fonksiyon ataması ile bunu gerçekleştirilebilir. Mikrodenetleyicinin içerisinde bulunan Timer ögesini 4 pine alternatif fonksiyon olarak bağlayıp, bu pinlerin aynı timer ögesini kullanarak farklı doluluk oranlarına sahip PWM sinyalleri alınabilmektedir.

Embeded C ile yazılmış örnek kod ektedir.

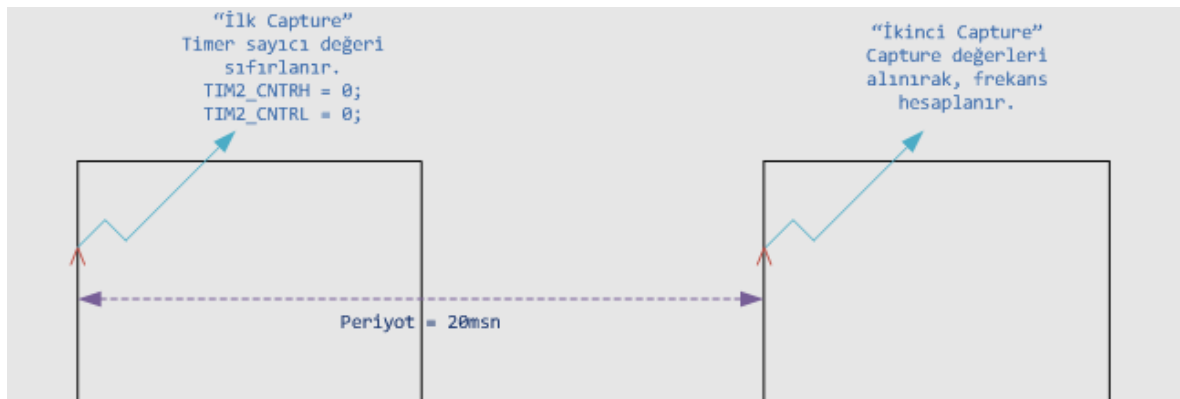
4.1.2 RC KUMANDA ALICISINDAN KANAL OKUMA

RC kumanda alıcıları kumandadan gelen radyo sinyallerini, her kanal için farklı pinden bize PWM darbesi olarak vermektedir. Bu PWM darbelerinin doluluk oranlarının ölçümü ile kumandadaki kanalların anlık durumlarını öğrenebiliriz.



Şekil 4.2 RC Kumanda Alıcısı

STM32 in Timer birimlerinde bulunan 'Capture' özelliğini kullanarak frekans ölçümü yapılabilir. STM32 serisinin capture özelliği de diğerlerine benzer şekilde çalışmaktadır. Fakat mikrodenetleyicinin içinde ayrı bir birim olarak değilde timer ların bir özelliği olarak çalışmaktadır.

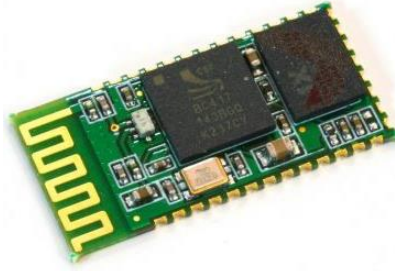


Şekil 4.3 Capture Özelliği İle Pwm Frekans Ölçümü

PWM darbesini yükselen kenar kesmesi ile okuma yapıldığında frekans, düşen kenar kesmesi ile de doluluk oranlarını ölçebiliriz. Örnek uygulama ektedir.

4.1.3 HC-05 BLUETOOTH MODÜLÜNÜN KULLANIMI

HC05 Bluetooth-Serial Modül, Bluetooth SSP(Serial Port Standart) kullanımı ve kablosuz seri haberleşme uygulamaları için tasarlanmıştır. Bluetooth 2.0'ı destekleyen bu kart, 2.4GHz frekansında haberleşme yapılmasına imkan sağlayıp açık alanda yaklaşık 10 metrelik bir haberleşme mesafesine sahiptir.



Şekil 4.4 HC05 Bluetooth Modül

Bu modül ile mikrodenetleyicimizin haberleşmesinde UART haberleşmesi kullanılır. Örnek UART haberleşme kodları ektedir.

4.1.4 WaveShare 10 DOF IMU SENSÖR

Bu sensör içerisinde MPU9255 (3-axis gyroscope, 3-axis accelerometer, and 3-axis compass/magnetometer) ve BMP180 (Barometrik basınç sensörü) bulunduran bir imudur.



Şekil 4.5 10 DOF IMU SENSÖR

I2C haberleşmesi ile alınan bilgiler ile Quadcopterin yön tayini, denge tayini ve yükseklik tayini otonom olarak yapılabilinmektedir. Alınan bilgiler KALMAN filtresinden geçirilerek daha doğru bilgiler alınabilmektedir.

4.1.4.1 KALMAN FİLTRESİ

Kalman filtresi 20 yüzyılın en önemli buluşlarından biridir. Bu filtre, gürültülü ölçüm yapılan bir sistemi tahmin etmek için oldukça güçlü ve yetenekli bir algoritmadır. [11]

4.1.5 GY-NEO6MV2 GPS MODÜLÜ

Üzerinde GY-NEO6MV2 modülü bulunan bu kart, uçuş kontrol sistemleri başta olmak üzere bir çok projede konum kontrol ve takibi yapmak için kullanılabileceğiniz bir üründür. Yüksek kaliteli ve hassasiyete sahip olan modül, GPS ile konum bilgisi gerektiren projelerde sıklıkla kullanılmaktadır. Yaklaşık 5 metrelik bir hassasiyete sahiptir.



Şekil 4.6 GY-NEO6MV2 GPS MODÜLÜ

UART haberleşmesi ile bu modülden anlık GPS konum bilgileri alınabilmektedir. Bu bilgi ile Quadcopterin otonom olarak gidiş koordinatlarına yönlendirilebilir, seyir halinde gidilen noktalar kaydedilir.

4.2 QUADCOPTERİN RC KUMANDADAN YÖNLENDİRİLMESİ

Rc kumanda ile quadcopterin yönetilmesinde öncelikli yapılan iş rc kumanda alıcısından kanal okumalarının yapılmasıdır. Çünkü kullanıcı eğer kumandadaki gaz kolunu harekete geçirmemişse mikrodenetleyicinin stabil kalması istenir. Bu pil tüketimini düşürmek için yapılmıştır. Rc kumandada kullanıcı gaza basmış ise mikrodenetleyici durağan pozisyonundan harekete geçirmek için hazırlık fonksiyonlarına girer. Bu hazırlık fonksiyonlarında sensör bilgileri çekilmeye başlanır. Gaz seviyesi, önceden ölçümle belirlenmiş eşik değerin üstüne çıktığında, sensörlerden gelen bilgiler doğrultusunda, quadcopterin dengeli bir şekilde kalkış yapması için her Esc'ye ayrı ayrı PWM darbeleri verilmiştir.

Kalkış işleminden sonra yapılan yön tayinleri için özel kesmeler oluşturulmuştur.

Kullanıcının istediği yön tayin istekleri uygun motorların devirlerinin yükseltilmesiyle gerçekleştirilmiştir.

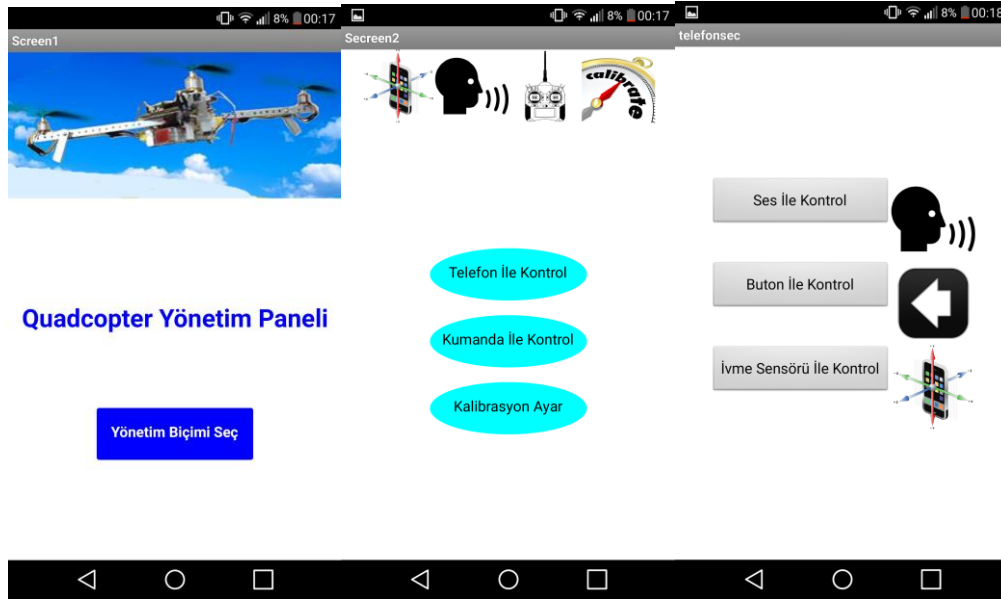
4.3 QUADCOPTERİN ANDROID CİHAZLAR İLE YÖNLENDİRİLMESİ

Quadcopteri çeşitli yollarla android işletim sistemli cihazlara bağlamak mümkündür. Bu tezde mikrodnetleyici, android cihazlara bluetooth üzerinden bağlanmıştır.

Programda öncelik kumanda ile kontroldeki gibi kullanıcıdan gelen gaz isteğidir. Ancak buradaki fark mikrodnetleyici sürekli olarak konum bilgisini android cihaza göndermektedir ve kullanıcı konumu anlık olarak her daim görebilmektedir. Android cihazdan gaz bilgisi 10 kademeli olarak gönderilir. Yön tuşlarından gelen istek üzerine, quadcopteri sadece yatayda 10 derece açı yapıcak şekilde istenilen yöne tayin edilmektedir.

4.3.1 Android Cihazlarda Quadcopterin Yönetimi Amacı İle Oluşturulan Uygulama

Uygulamada bulunan bağlan tuşu ile mikrodnetleyiciye bağlanılmaktadır. Bağlan tuşunun altında bulunan bar ile gaz arttırma ve düşürme işlemleri yapılmaktadır. Barın altındaki yön tuşları ile yön tayini yapılmaktadır.



Şekil 4.7 Android Uygulama

4.4 QUADCOPTERİN ANDROID CİHAZLAR ÜZERİNDEN KALİBRASYON AYARLARININ YAPILMASI

Hobi olarak ilgilenen kullanıcılar için quadrotor cihazların yönetilmesinde kullanılan kontrol kartlarında kalibrasyon ayarı, kontrol kartının bilgisayara bağlanması veya kartın üzerindeki lcd ekran vasıtasıyla yapılmaktadır.



Şekil 4.8 KK2 Multicopter Kontrol Kartı

Bu tezde quadcopterin kalibrasyon ayarları, android cihazlar için yaptığım uygulama ile gerçekleştirilmektedir. Android işletim sistemli cihazın bluetooth ile mikrodenetleyiciye bağlanmasıyla, esc'lere giden anlık pwm doluluk oranları uygulamada gösterilmektedir.

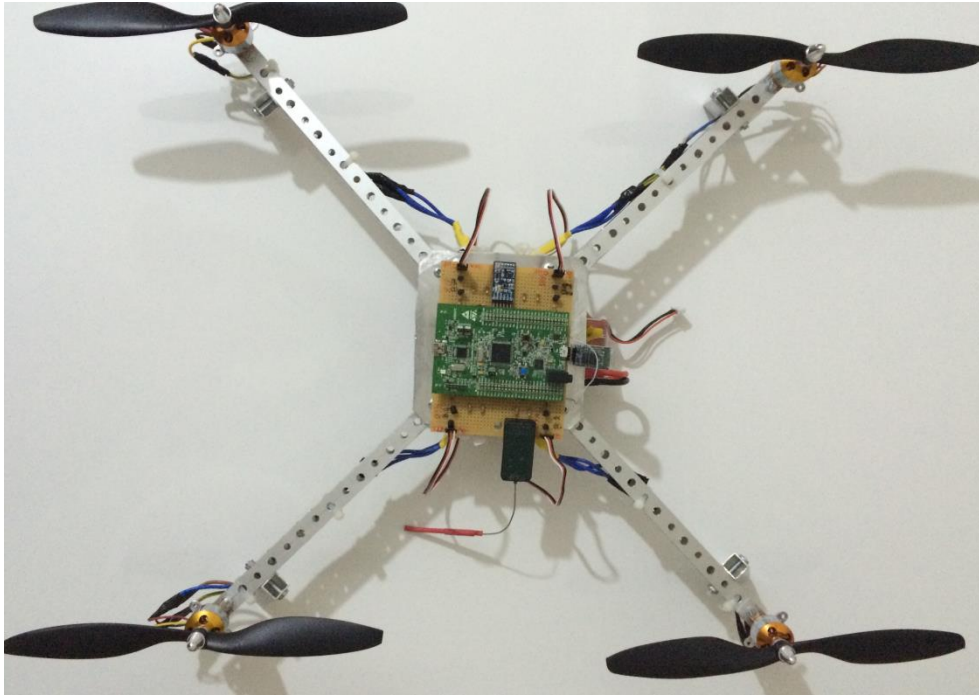


Şekil 4.9 Android Kalibrasyon Ekranı

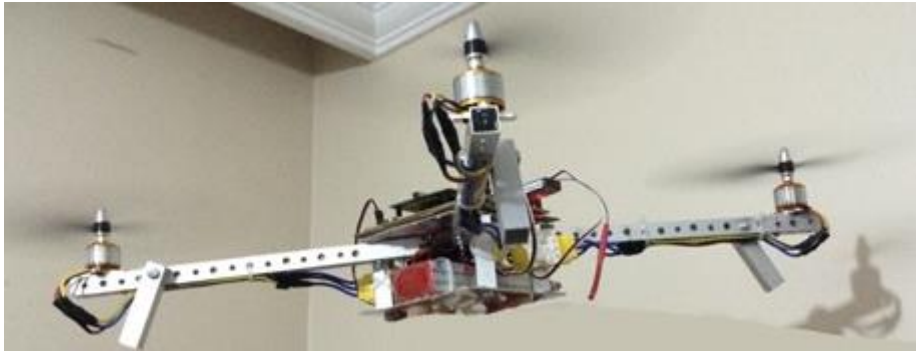
Quadcopter'in yaptığı istenmeyen Yaw, Pitch, Roll hareketleri, her Esc'ye giden pwm doluluk oranlarının artırılması veya azaltılması ile istenilen düzeye getirilmektedir. Kalitesiz fırçasız motorların stabil ve kararlı olmamaları sebebiyle kalibrasyon işlemi sık ve her uçuş öncesi yapılmalıdır.

4.5 QUADCOPTERİN MONTAJLI VE ÇALIŞAN HALİ

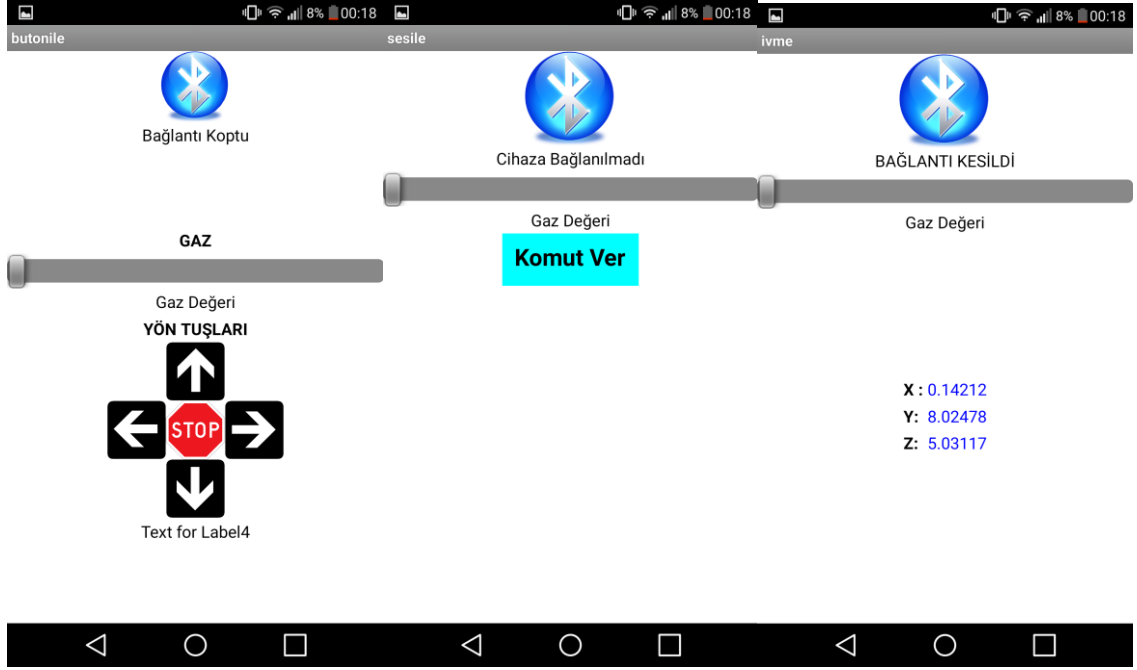
Quadcopter'in şasesi için bomlarda alüminyum profil, gövde kısmında ise alüminyum plaka kullanılmıştır. Alüminyum profillerin üzerlerinde ağırlıktan kazanç amacı ile delikler açılmıştır. Mikrodenetleyici ve Li-Po pil quadcopterin gövde kısmına yerleştirilmiştir.



Şekil 4.10 Quadcopterin Montajlı Hali



Şekil 4.11 Quadcopterin Çalışır Hali



Şekil 4.12 Android Uygulamanın Diğer Ekranları

BÖLÜM 5

SONUÇ

Bu çalışmada 4 rotorlu insansız hava aracının uçuş prensipleri, mekanik tasarımı, elektronik tasarımı ve mikrodenetleyici yazılımı incelenmiştir. Projenin amacına uygun malzeme seçimlerinin yapılmasıyla projeye başlandı. Projede kullanılacak olan mikrodenetleyicinin kişisel gelişimime katkı sağlayacağı, düşük güç tüketimi ve işlem hızı yüksek olması sebebiyle Arm tabanlı bir mikrodenetleyici seçildi.

Projenin şase yapımına geçilmeden önce, şase bilgisayar ortamında 3 boyutlu tasarlandı. Tasarlanan bu şasenin, ANSYS’de statik ve dinamik analizleri yapıldı. İyileştirme işlemlerinden sonra şase el ile üretildi. Şase üretiminin el ile yapılması sebebiyle en çok zorluk çıkaran kısım bomlar arasındaki açının 90 dereceye tamamlanamayıştıydı. Bu sebepten dolayı 3D Printer’den tasarlanan bir başka şase çizimini çıkardık. Ancak çıktı kalitesi ve plastik malzemenin (PLA) gerilimlere dayanamaması sebebiyle el ile yaptığımız şaseye iyileştirmeler ile devam edildi.

Projenin elektronik kısmında ise Esc’lerin sinyal giriş çalışma aralığının +5V olduğu anlaşılmıştır. Arm tabanlı mikrodenetleyicimizin çıkış gerilimi 3.3V olması sebebiyle level shifter devreleri kuruldu ve Esc’ye giden PWM sinyallerinin gerilimleri istenilen seviyeye yükseltildi.

Yazılım kısmında ise Esc’lerin, Rc kumandaların, üreticiler tarafından kullanıcıların hazır kontrol kartlarıyla kullanılacağı düşünüldüğünden, kullanıcı kılavuzlarında çalışma şekilleri belirtilmemiştir. Dünyada çok kullanılmakta olan arduino mikrodenetleyicisi ile yapılmış olan örnekler incelendiğinde bu cihazların çalışma karakteristikleri öğrenilmiştir.

Yazılımda Embedded C dili, KEİL derleyicisi ve STM32 Standard Peripheral Libraries kullanılmıştır. Yazılımda kullanılan ana başlıklar şöyledir : TIMER, UART, INTERRUPT, I2C,GPIO

Android uygulama programla kısmında ise MIT üniversitesinin tasarlamış olduğu MIT App Inventor 2 uygulaması kullanılmıştır. Sebebi ufak yapboz şeklindeki programlama blogları ile bir çok uygulamanın kolay bir şekilde yapılması olmuştur.

Projede çıkarılan en önemli derslerden biriside malzeme seçimde dikkat edilmeyen hususlar konusunda olmuştur. Esc'lere verdiğimiz aynı PWM darbelerinde, her bir motorda farklı açısal hız görölmüştür. Labaratuvarlarda Esc'lerin çıkış uçlarında yaptığımız ölçümlerde bunun sebebinin motor kaynaklı olduğu anlaşılmıştır. Motorların Çin malı ucuz motorlar olması ve deneysel sonuçlarının bilinmemesine dikkat edilmeden alınan bu motorlardan tam verim alınamamıştır. Yapılan stabilizasyon çalışmaları da bu motorların stabil hale dönmesi için yetersiz kalmıştır.

Proje amacı Quadcopter insansız hava araç sistemlerinin anlaşılması, geliştirilmesi, yerli bir yazılım kazandırılması, Arm mimarisinin anlaşılması, Android işletim sistemli cihazlardan ve Rc kumandalardan Quadcopterin otonom kontrolü ve denetiminin sağlanması idi. Proje sonuçları, tüm bu amaçlara hizmet etmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Kılıç B. , ‘ QUADCOPTER’İN DİNAMİK ANALİZİ VE TASARIMI’, Yüksek Lisans Tezi, **Bülent Ecevit Üniversitesi**, Zonguldak, Haziran 2014
- [2] Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. Physics for Scientists and Engineers 9th Edition, Chapter 5, Laws of Motion
- [3] Ferdinand P. Beer & E. Russell Johnston Jr. Vector Mechanics for Engineers: Statics 3rd Edition
- [4] Multicopter (2006, 5 Nisan). Vikiedit, 10 Haziran 2016 tarihinde <https://tr.wikipedia.org/wiki/Multicopter> adresinden erişildi.
- [5] Eğitim. , (2011) 12 Haziran 2016 tarihinde <http://www.komhedos.com/dron-kullanim- Alanlari/> adresinden erişildi.
- [6] N. Kundak and B. Mettler, “Experimental Framework for Evaluating Autonomous Guidance and Control Algorithms for Agile Aerial Vehicles”, European Control Conference, 2007, pp. 293–300.
- [7] Muhammad Saad Shaikh, “Quadrocopter Fuzzy Flight Controller”, Master’s Thesis, Örebro University
- [8] S. L. Waslander, G. M. Hoffman, J. S. Jang and C. J. Tomlin, “Multi-Agent Quadrotor Tested Control Design: Integral Sliding Mode vs. Reinforcement Learning”, IEEE/RSS International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2005, pp. 3712–3717.
- [9] M. Valenti, B. Bethke, G. Fiore, J. P. How and E. Feron, “Indoor Multi-Vehicle Flight Tested for Fault Detection,
- [10] Kırçalı D. , ‘GROUND PLANE DETECTION USING AN RGB-D CAMERA FOR QUADCOPTER LANDING’, **Işık Üniversitesi**, İstanbul, 2013
- [11] Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU, Kalman Filtresi ve Programlama, Karabük Üniversitesi, Karabük, 2012-1

EKLER

EK-1 USART UYGULAMASI

```
void usart(void)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    USART_InitTypeDef USART_InitStructure;
    NVIC_InitTypeDef NVIC_InitStructure;

    RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_USART2, ENABLE);
    RCC_AHB1PeriphClockCmd(RCC_AHB1Periph_GPIOA, ENABLE);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AF;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_2 | GPIO_Pin_3;
    GPIO_InitStructure.GPIO_OType = GPIO_OType_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_PuPd = GPIO_PuPd_UP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_100MHz;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);

    GPIO_PinAFConfig(GPIOA, GPIO_PinSource2, GPIO_AF_USART2);//tx a2
    GPIO_PinAFConfig(GPIOA, GPIO_PinSource3, GPIO_AF_USART2);//rx a3

    USART_InitStructure.USART_BaudRate = 9600;
    USART_InitStructure.USART_HardwareFlowControl = USART_HardwareFlowControl_None;
    USART_InitStructure.USART_Mode = USART_Mode_Tx | USART_Mode_Rx;
    USART_InitStructure.USART_Parity = USART_Parity_No;
    USART_InitStructure.USART_StopBits = USART_StopBits_1;
    USART_InitStructure.USART_WordLength = USART_WordLength_8b;
    USART_Init(USART2, &USART_InitStructure);
    USART_Cmd(USART2, ENABLE);
}
```

```

NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel = USART2_IRQn;
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority = 0;
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelSubPriority = 0;
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE;
NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);
USART_ITConfig(USART2, USART_IT_RXNE, ENABLE);
}

```

```

void USART_Puts(USART_TypeDef* USARTx, volatile char *s)
{
while (*s)
{
while(!(USARTx -> SR & 0x00000040));
USART_SendData(USARTx, *s);
*s++;
}
}

```

EK-2 PWM DUTY CYCLE ÖLÇME

```

void TIM2_IRQHandler(void)
{
    if (TIM_GetITStatus(TIM2, TIM_IT_CC1) != RESET)
    {

TIM_ClearITPendingBit(TIM2, TIM_IT_CC1);
        kumanda_veri2[1] = TIM_GetCapture2(TIM2); // Duty/Width (us)
        }
}

```

```

//CH2 icin kullanan pin A15
void Kumanda_Okuma_Ayar_CH2_TIM2(void)
{
    TIM_TimeBaseInitTypeDef TIM_TimeBaseStructure;
    TIM_ICInitTypeDef TIM_ICInitStructure;
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    NVIC_InitTypeDef NVIC_InitStructure;

    /* TIM3 clock verildi */
    RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_TIM2, ENABLE);

    /* GPIO clock verildi */
    RCC_AHB1PeriphClockCmd(RCC_AHB1Periph_GPIOA, ENABLE);

    /* pwm giris pin ayarlari */
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AF;
    GPIO_InitStructure.GPIO_OType = GPIO_OType_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_PuPd = GPIO_PuPd_NOPULL;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_100MHz;

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_15;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);

    /* TIM3 pinin af alternative function bacagina baglandi */
    GPIO_PinAFConfig(GPIOA, GPIO_PinSource15, GPIO_AF_TIM2);

    /* TIM3 kesme ayarlari */
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority = 0;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelSubPriority = 0;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel = TIM2_IRQn;
    NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);
}

```

```

/* Time base configuration - SystemCoreClock = 168000000 for 168 MHz board ABP1
@ 42 MHz (DIV4) */
TIM_TimeBaseStructure.TIM_Prescaler = (uint16_t) (((SystemCoreClock / 1000000) / 2)
- 1);
TIM_TimeBaseStructure.TIM_Period = 0xFFFF; //tim bitis degeri
TIM_TimeBaseStructure.TIM_ClockDivision = 0; //baslangic degeri
TIM_TimeBaseStructure.TIM_CounterMode = TIM_CounterMode_Up; // yukari sayma
TIM_TimeBaseInit(TIM2, &TIM_TimeBaseStructure);

/* pwm mode ayarlari kanal 1 icin */
TIM_ICInitStructure.TIM_Channel = TIM_Channel_1;
TIM_ICInitStructure.TIM_ICPolarity = TIM_ICPolarity_Rising;
TIM_ICInitStructure.TIM_ICSelection = TIM_ICSelection_DirectTI;
TIM_ICInitStructure.TIM_ICPrescaler = TIM_ICPSC_DIV1;
TIM_ICInitStructure.TIM_ICFilter = 0x0;
TIM_PWMConfig(TIM2, &TIM_ICInitStructure);

/* TIM3 Input Trigger: TI1FP1 */
TIM_SelectInputTrigger(TIM2, TIM_TS_TI1FP1);
TIM_SelectSlaveMode(TIM2, TIM_SlaveMode_Reset);
TIM_SelectMasterSlaveMode(TIM2, TIM_MasterSlaveMode_Enable);

/* TIM Interrupts aktif */
TIM_ITConfig(TIM2, TIM_IT_CC1, ENABLE);
/* TIM3 counter aktif */
TIM_Cmd(TIM2, ENABLE);

}

```

ÖZGEÇMİŞ



Furkan ÖZER 1993’de Astsubay bir babanın ve Polis Memuru bir annenin ilk oğlu olarak Ankara’da doğdu; ilk ve orta öğretimine Bilecik’de başladı, Artvin’de devam etti, Ankara’da tamamladı; İstanbul’da Etiler Lisesinden mezun olduktan sonra 2011 yılında Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü’ne girdi. Halen bu bölümde eğitimini sürdürmektedir.

İletişim Bilgileri

Adres: Nispetiye Mah. Gazi Güçnar Sk. NO:2 D Blok Daire:30
Beşiktaş / İSTANBUL
E-posta: ozerfurkan93@gmail.com
Tel: +90 539 249 18 36