

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
TASARIM PROJESİ



DİJİTAL TERAZİ

AYŞE YEŞİL

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ANABİLİM DALI

TRABZON 2014

ÖNSÖZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümün 'de "Tasarım Projesi" olarak belirlenen "Programlanabilir Mikro Denetleyicilerin, PIC veya eşdeğer işlemcilerin kullanılacağı bir donanım ve yazılım uygulamasının geliştirilmesi " temasına uygun olarak "Dijital terazi" tasarımı yapılmıştır.

Günlük hayatta özellikle alışverişlerde kullanılan dijital terazilerin nasıl çalıştığı merak konusudur. Tasarım projem de dijital terazinin nasıl çalıştıklarını ve dijital terazi yapımını anlatmaktadır.

Lisans öğrenimi boyunca bana destek veren en başta aileme sonra da KTÜ Bilgisayar Bölümü Hocalarına ve özellikle çalışmamız sırasında danışmanlığımızı yapan Sayın Doç. Dr. Cemal KÖSE hocamıza teşekkür eder ve saygılarımı sunarım.

TRABZON 2014

AYŞE YEŞİL

İÇİNDEKİLER

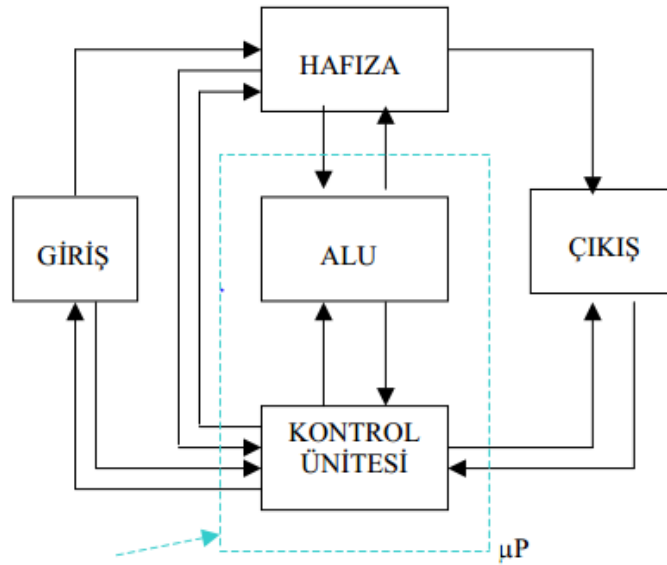
KONU	Sayfa No
ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Mikrodenetleyici Nedir?	1
1.2.1. ATmega328	3
1.2.2. Pin Tanımlamaları	3
1.3.1. ARDUINO UNO	5
1.3.2. Arduino Uno Board Özellikleri	6
1.3.3. GÜÇ	6
1.3.4. BELLEK	7
1.3.5. Giriş ve Çıkış	7
1.3.6. Haberleşme	8
1.3.7. Programlama	9
1.3.8. Otomatik (Yazılım) Reset	9
1.3.9. USB Aşırı Akım Koruması	10
1.3.10. Fiziksel Özellikler	10
1.4. LOADCELL (Yük Hücresi)	10
1.4.1. Yük Hücresi Tipleri	12
1.4.2. Wheatstone Köprüsü	14
1.4.3. Transducer Olarak Dizayn Edilmesi	15
1.5. INA125 Enstrümantasyon Yükselteci	16
2. STANDART VE KISITLAR.....	18
3. BENZER ÇALIŞMALAR.....	19
4. ÖNERİLEN YÖNTEM VE DENEYSEL SONUÇLAR.....	20
5. KAYNAKLAR.....	22

1. GİRİŞ

1.1. Mikrodenetleyici Nedir?

Bir yazılım olmadan hiçbir işe yaramayan bir plastik, metal ve temizlenmiş kum yığıdır. Mikrodenetleyiciyi kontrol eden bir yazılım olduğundaysa neredeyse sınırsız bir uygulamaya sahiptir.

Bir Mikro denetleyiciler, komple bir bilgisayarın (Merkezi İşlem Birimi, hafıza ve giriş çıkışlar) tek bir entegre devre üzerinde üretilmiş halidir. Kısıtlı miktarda olmakla birlikte yeterince hafıza birimlerine ve giriş / çıkış uçlarına sahip olmaları sayesinde tek başlarına çalışabildikleri gibi donanımı oluşturan diğer elektronik devrelerle irtibat kurabilir, uygulamanın gerektirdiği fonksiyonları gerçekleştirebilirler.



Şekil 1. Mikroişlemcili block diyagram

Mikrodenetleyiciler çoğunlukla, yer aldıkları uygulama devresinin içine gömülmüş, sadece oraya adanmış olarak kullanılırlar. Bu özellikleri nedeniyle bilgisayarlardaki kullanıcı uygulama programlarını çalıştırma gibi esneklikleri olmamakla birlikte kontrol ağırlıklı uygulamalarda alternatifsiz seçenek olarak karşımıza çıkarlar. Onları böyle cazip kılan, çok düşük boyutlu olmaları, düşük güç tüketimleri, düşük maliyetlerine karşın yüksek performansa sahip olmaları gibi özellikleridir. Motor kontrolünden fotoğraf makinesi ışık ve

fokus ayarına, cep telefonlarından merkezi klima sistemlerine, faks ve fotokopi makinelerinden radyo teyp ve TV 'lere, fabrika otomasyonundan hayat kurtaran biyomedikal cihazlara, oyuncaklardan askeri cihazlara, cebinizdeki elektronik bilet uygulamasından cüzdanınızdaki banka kartlarına varıncaya kadar akla gelebilecek her yerde Mikrodenetleyiciler yer almaktadır. Bu tür uygulamalarda kullanıldıkları için hafıza ve paralel/seri giriş-çıkış birimlerinin yanı sıra zamanlayıcılar (timers), sayıcılar (counters), kesme kontrol birimleri (Interrupt Control), Analog-Sayısal dönüştürücüler (A/D Converters) gibi çeşitli çevre birimleri de Mikrodenetleyiciler entegre devrelerinin içinde yer almaktadır. Ayrıca genellikle gerçek zamanlı uygulamalarda çalışmalarıyla Mikrodenetleyiciler, mikroişlemcilerden ayrılmaktadırlar. Gerçek zamanlı uygulamalarda dış dünyadan (işlemcinin dışındaki elektronik ortamdan) gelen işaretler çok hızlı değişim gösterebilir ve bunları işleyip gereken çıkışları aynı hızla dış dünyaya uygulamak gerekebilir. Böyle bir performans, çok küçük boyutlarda ve çok daha az güç tüketerek sadece Mikrodenetleyiciler aracılığıyla gerçekleştirmek mümkündür. Diğer taraftan matematik işlem yapma yeteneklerinin kısıtlı oluşu, çok çeşitli çevre birimlerine sahip olmakla birlikte bunların kapasitelerinin de sınırlı olması nedeniyle bir mikroişlemcinin kullanıldığı yerler için uygun bir seçenek oluşturmazlar.

Sonuç olarak mikroişlemciler ve Mikrodenetleyiciler temelde aynı alt yapı çalışma mantığına sahip olmakla birlikte kullanım yeri ve amacına göre iki ayrı grup ürün olarak değerlendirilebilir.

Mikroişlemciler ve Mikrodenetleyiciler günlük hayatta kullanılan sayısız cihaz ve sistemin içinde yer almakta olup, bu ürünleri kullanarak gerçekleştirilebilecek uygulamalar insanın hayal gücü ile sınırlıdır.

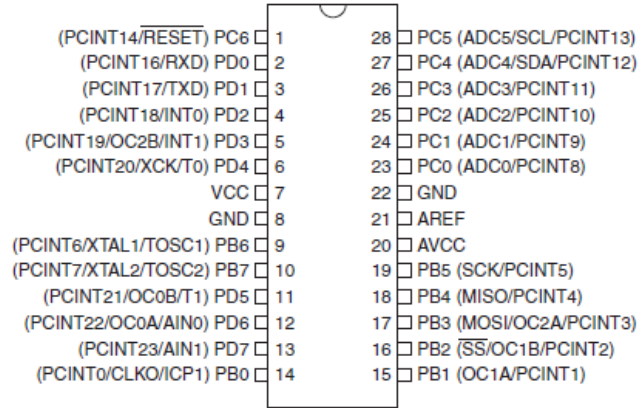
Günümüzde Mikroişlemci ve Mikrodenetleyiciler üreten irili ufaklı pek çok firma bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak INTEL, MOTOROLA, AMD, PHILIPS, SIEMENS, TEXAS INS. DALLAS, ATMEL, MICROCHIP, HITACHI, MITSUBISHI, SGS THOMSON, ANALOG DEVICES, NATIONAL gibi firmalar sayılabilir. Bu firmaların bazıları sadece kendilerine özgü işlemcileri piyasaya sürerken bazıları da ilk üretimi ve patenti bir başka firmaya ait olmakla birlikte, orijinal işlemci ile uyumlu fakat çeşitli başka ek özelliklere de sahip türev ürünler üretebilmektedir.

1.2.1. ATmega328 PIC

Yüksek performanslı Atmel 8-bit AVR RISC tabanlı mikroişlemci okuma / yazma yeteneklerine sahiptir.

32KB ISS flash bellek, 1KB EEPROM, 2KB SRAM, 23 genel amaçlı I / O hatlarını, 32 genel amaçlı çalışma kayıtlarını, üç esnek zamanlayıcı / sayaçları modlarını, iç ve dış kesmeleri, seri programlanabilir USART, bir bayt odaklı 2-tel seri arabirimi, SPI seri portu, 6-kanal 10-bit A / D dönüştürücüsü (TQFP ve QFN / MLF paketlerinde 8-kanal) , dahili osilatör ile programlanabilir watchdog zamanlayıcı ve beş tane seçilebilir güç tasarruf modlarını içermektedir. Cihaz 1,8-5,5 volt arasında çalışır.

1.2.2 Pin Tanımlamaları



Şekil 2. ATMega 328 PIC

VCC – Dijital Besleme Gerilimi

GND – Toprak

Port C (PC5:0) – Port C iç pull up dirençleri (her bit için seçilen) ile 7-bit çift yönlü I / O portudur. PC5 0 çıkış tamponları kaynak yetenekleri olan simetrik sürücü özelliklerine sahiptir. Pull-up dirençleri aktif olduğunda, Port C pinleri low'a çekilir. Saat çalışmasa bile reset durumu aktif olduğunda Port C pinleri 3 durumlu olmaktadır.

PC6 / RESET – Eğer RSTDISBL programlanmış ise, PC6 I / O pini olarak kullanılabilir.

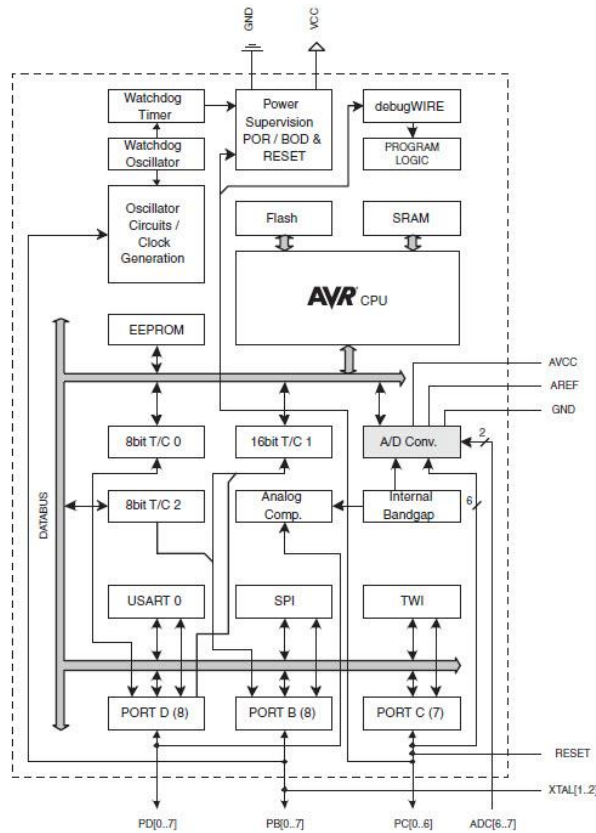
PC6' nın diğer Port C pinlerine göre elektriksel özellikleri farklıdır. Eğer RSTDISBL programlanmamış ise, PC6 RESET girişi olarak kullanılır. Saat çalışmasa dahi minimum darbe uzunluğundan daha uzun süre low da kalacak olan pin RESET üretecektir. Kısa darbelerin reset üreteceği garanti edilemez.

Port D (PD7:0) – Port D C iç pull-up dirençleri (her bit için seçilen) çift yönlü bir I / O portudur. Port D çıkış tamponları kaynak yetenekleri olan simetrik sürücü özelliklerine sahiptir. Pull-up dirençleri aktif olduğunda, Port C pinleri low'a çekilir. Saat çalışmasa bile reset durumu aktif olduğunda Port C pinleri 3 durumlu olmaktadır.

AVcc - A/D Dönüştürücü, PC3:0 ve ADC7:6 için besleme gerilimidir. ADC kullanılması bile VCC dışarıdan bağlanmalıdır. ADC kullanıldığında düşük bir geçiş filtresi içerisinde VCC bağlı olmalıdır. PC6 4 VCC besleme gerilimini kullanır.

AREF – AREF, A / D Dönüştürücü için analog referans pinidir.

ADC7:6 (TQFP ve QFN/MLF) - TQFP ve QFN/MLF paketinde, ADC7:6, A / D Dönüştürücünün analog girişlerine hizmet sunar. Bu pinler analog kaynaktan güç alır ve 10 bit olan ADC kanallarına hizmet sunar.



Şekil 3. ATmega328 Blok Diyagram

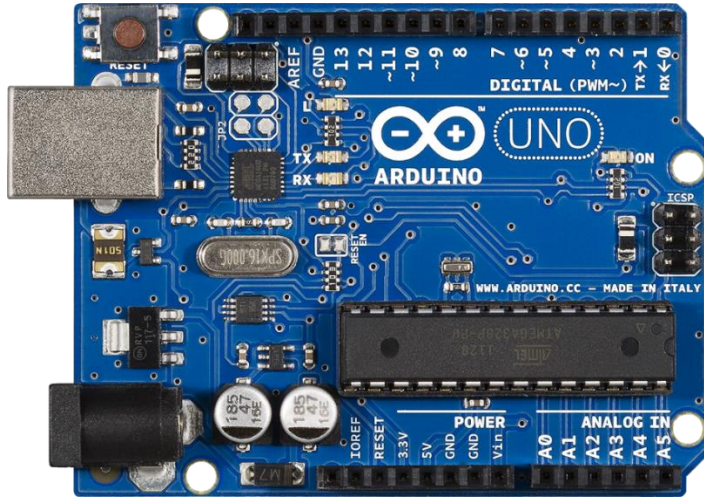
1.3.1. ARDUINO UNO

Arduino Uno ATmega328 tabanlı bir mikroişlemci kartıdır. Bu mikroişlemci kartında 14 dijital giriş / çıkış işareti (6 tanesi PWM çıkışları olarak kullanılabilir olan), 6 analog giriş, 16 MHz seramik rezonatör, bir USB bağlantısı, bir güç girişi, bir ICSP başlık ve bir reset düğmesi vardır.

Arduino Uno, mikrodenetleyici desteklemek için gerekli olan her şeye sahiptir. Bu Arduino ailesinin son versiyonu Arduino UNO'nun bir önceki versiyonundan farkı FTDI çipi yerine ATmega8U2 çipini kullanması. Bu çip daha hızlı transfer geçişine ve Linux ve Mac işletim sistemlerinde sürücüyü ihtiyaç tanımadan direk tanınmasını sağlayacaktır.

“Uno” İtalyancada “bir” anlamına gelmektedir ve yakında çıkacak olan Arduino 1,0 olarak adlandırılır. Uno ve versiyon 1.0 gelecekte çıkacak olan yeni Arduino sürümlerine referans olmaktadır. Uno, USB Arduino board serisinin son çıkan ürünüdür. Arduino platformlar için referans bir modeldir. Tüm Arduino Shield ailesiyle uyumludur. USB üzerinden programlanmayı ve haberleşmeyi sağlayan FTDI ve ATmega8U2 yerine ATmega16U2 çipi kullanılmıştır. Bu sayede Arduino ‘muza çok daha hızlı programlayabildik ve yeni çip üzerindeki hafızadan dolayı daha hızlı veri transferi yapabildik.

Arduino Uno’ da RESET pininin yanında konumlandırılmış IOREF ve genel kullanım amacıyla yerleştirilmiş isimsiz yeni pinler mevcuttur. Bu pinlerin hiçbir bağlantısı mevcut değildir. IOREF pini Arduino Shield ailesine kart üzerinden sağlanan besleme için kolaylık sağlamaktadır.



Şekil 4. Arduino Uno

1.3.2. Arduino Uno Board Özellikleri

Mikrodenetleyici ATmega328

Çalışma Gerilimi 5V

Giriş Gerilimi (recommend) 7-12V

Giriş Gerilimi (limits) 6-20V

Dijital I/O Pinleri 14

Analog Giriş Pinleri 6

Her I / O Pin için DC Akım 40 mA

3.3V olan Pin için DC Akım 50 mA

Flash Bellek 32 KB (ATmega328)

SRAM 2 KB (ATmega328)

EEPROM 1 KB (ATmega328)

Saat Frekansı 16 MHz

1.3.3. GÜÇ

Arduino Uno USB bağlantısı veya harici güç kaynağı ile güç alabilir. Güç kaynağı otomatik olarak seçilir. Harici (non - USB) güç bir AC - DC adaptörü veya pil ile gelebilir. Güç prizine 2,1 mm merkezine fiş takılarak adaptör bağlanabilir. Bataryadaki kablolar güç konektörünün başına Gnd ve Vin pini olarak eklenebilmektedir.

Board 6 – 20 Volt harici bir güç ile kullanılabilir. Eğer 7 Volt' tan daha az güç uygulanırsa ancak 5 Voltun altında kalan 5 Voltluk pinlere güç gidebilmektedir ve board kararsız kalabilmektedir. Eğer 12 Volttan daha fazla güç uygulanırsa, voltaj regülatörü overheat olabilir ve boarda zarar verebilir. Önerilen Volt aralığı 7 – 12 aralığıdır.

Güç pinlerini açıklamak gerekirse;

VIN – Harici bir güç kaynağı kullanıldığında Arduino boarda uygulanan giriş gerilimidir. Bu pin sayesinde gerilim sağlanabilir. Eğer güç doğrultusunda gerilim var ise bu pin sayesinde gerilime erişilebilir.

5V – Bu pin çıkışları boarddaki regülatör üzerinden düzenli bir 5V çıkışı sağlar. DC akım sağlayan bir elektrik prizinden (7 – 12V), USB konektör (5V)' den ya da board'daki VIN pininden (7 – 12V) board kullanılabilir hale getirilebilir.

3V3 – Board tarafından oluşturulan 3.3V volt kaynağıdır.

Maksimum 50 mA akım sağlamaktadır.

GND – Toprak Pini

IOREF – Arduino board üzerindeki bu pin, mikrodenetleyici işlemlerine göre referans bir voltaj sağlar. Düzgün yapılandırılmış bir Shield IOREF voltajını okuyabilir ve uygun güç kaynağını seçebilir ya da 5 – 3.5V arası çalışan çıkışların gerilim çeviricilerini etkinleştirebilir.

1.3.4. BELLEK

Bu kart ATmega328 ve önceden yüklü olarak bootloader ile tam montajlı ve test edilmiş olarak gelmektedir. ATmega328, bootloader kullandığı 0.5KB dahil olmak üzere 32KB belleğe sahiptir. 2KB' na sadece SRAM, 1KB' na sadece EEPROM sahiptir.

1.3.5. Giriş ve Çıkış

Uno üzerindeki 14 dijital pinden her biri *pinmode()*, *digitalWrite()* ve *digitalRead()* fonksiyonları kullanılarak giriş ya da çıkış olarak kullanılabilir. Bu pinler 5V ile çalıştırılabilir. Her bir pin max 40 mA alır ve 20 – 50 kOhms olan iç pull – up direncine sahiptir. Ek olarak bazı pinler özelleştirilmiş fonksiyonlara sahiptir:

Seri: 0 (RX) ve 1 (TX)

RX ve TX TTL seri bilgilerini almak için kullanılmaktadır. Bu pinler ATmega8U2 deki USBto- TTL seri çipinin yerini tutması için bağlanmıştır.

Harici Kesmeler: 2 ve 3

Bu pinler düşük seviyedeki bir kesmeyi, alçalan ya da yükselen kenarlı bir kesmeyi ve değerdeki bir değişimi tetiklemesi için konfigure edilmiştir. *attachInterrupt()* fonksiyonu ile daha fazla detay öğrenilebilir.

PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11

analogWrite() fonksiyonuyla birlikte 8 bitlik PWM çıkışı sağlar.

SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK)

Bu pinler SPI kütüphanesini kullanarak SPI iletişimi desteklemektedir.

LED:13

Dijital 13 pinine bağlı bir led mimarisi mevcuttur. Pin yüksek seviyeye çekildiğinde led açıktır yani yanar, düşük seviyeye çekildiğinde ise led kapanır yani söner. Uno A0...A5

olarak etiketlenirilmiş 6 adet analog girişe sahiptir. Her biri 10 adet bite sahiptir. Varsayılan olarak toprak 5V ölçülmektedir. analogReference() fonksiyonuyla beraber kullanılan AREF pininin en üst seviyesini değiştirmek mümkündür. Ayrıca bazı pinler özel olarak işlevselleştirilmiştir:

TWI: A4 ya da SDA pini ve A5 yada SCL pini

Wire kütüphanesi kullanılarak TWI haberleşmeyi desteklemektedir.

Board üzerinde kurulu pim çiftleride vardır:

AREF

Analog giriş için referans voltaj değeridir ve analogReference() fonksiyonu ile beraber kullanılmaktadır.

RESET

Mikrodenetleyiciye reset atmak için bu pin low seviyeye getirilir. Genelde boardın üzerinde bulunan bir grup Shield resetleme butonu eklemek için kullanılmaktadır.

1.3.6. Haberleşme

Arduino Uno bir bilgisayarla, diğer bir Arduino ile ya da diğer mikrodenetleyiciler ile haberleşmek için bir takım özelliklere sahiptir. ATmega328, pin 0 (RX) ve pin 1 (TX) dijital pinleri üzerinde kullanılabilir olan UART TTL (5V) seri haberleşme sağlar. Board üzerindeki bir ATmega16U2 USB üzerinden seri haberleşme sağlar ve bilgisayarda sanal bir com port gibi görünmektedir. '16U2' firmware, standart USB COM sürücülerini kullanır ve harici bir sürücüye gerek duymaz. Fakat Windows ortamında. inf uzantılı dosya gerekmektedir. Linux ve Mac işletim sistemlerinde harici sürücüye gerek duyulmaz. Arduino yazılımı, basit metinsel verileri Arduino boardına göndermek için seri bir monitör içerir.

Board üzerindeki TX ve RX ledleri, veri seri USB yongası aracılığı ile iletilirken yanıp söner ve bilgisayarla USB bağlantısı sağlanır. Bu bağlantı pin 0 ve pin 1 üzerinde seri haberleşme için kullanılmaz.

SoftwareSerial kütüphanesi Uno' nun herhangi bir pini üzerinde seri haberleşmeyi sağlar.

ATmega328 sadece I2C (TWI) ve SPI haberleşmeyi destekler. I2C yollarını kolayca kullanabilmek için Arduino yazılımına bir Wire kütüphane eklenir.

SPI haberleşmesi içinde SPI Kütüphanesi kullanılmaktadır.

1.3.7. Programlama

Arduino Uno, Arduino yazılımı kullanılarak programlanabilmektedir. Arduino Uno üzerinde bir programcı olmadan da yeni kod yüklemeyi sağlayan bir bootloader gelmektedir. Bootloader orijinal STK500 protokolünü kullanarak haberleşmektedir.

Ayrıca bootloader ve ICSP (In – Circuit Serial Programming) başlığı sayesinde mikrodenetleyici programı bypass yapılabilir. ATmega16U2 (rev1 ve rev2 boardları üzerinde 8U2) kaynak kodları mevcuttur.

ATmega16U2 / 8U2, aktif hale getirilmiş bir DFU bootloader ile yüklenmektedir:

Rev1 boardı üzerinde: boardın arkasındaki lehim noktasıyla bağlantı kurulur ve daha sonra 8U2 resetlenir.

Rev2 boardı üzerinde: topraktan 8U2 / 16U2 çizgisini çeken bir direnç mevcuttur. Direnç DFU moduna geçmeyi kolaylaştırmaktadır.

Yeniden yazılım yüklemek için Mac OS X ve Linux işletim sistemleri için DFU programmer yazılımı kullanılabilir. Windows işletim sistemini kullanan programcılar ise Atmel' s FLIP yazılımını kullanabilmektedirler. Ayrıca programcı DFU bootloader' a overwriting yapmak istiyorsa ISP başlığı da kullanılabilir.

1.3.8. Otomatik (Yazılım) Reset

Yüklemeden önce reset butonuna fiziksel bir dokunuştan ziyade, Arduino Uno bağlandığı bilgisayar üzerinden yazılım koşularak resetlemenin çeşitli yolları olacak şekilde dizayn edilmiştir. ATmega8U2 / 16U2, 100 nanofarad kapasitör üzerinden reset hattına bağlanabilmektedir. Bu hat ileri sürüldüğünde (düşüğe alındığında), reset hattı cipi resetlemek için gerekenden fazla zaman düşüğe kalır. Arduino yazılımı, sadece Arduino ortamında yükleme düğmesine basarak kod yüklenmesine izin vermektedir. Bu yüklemenin başlamasıyla birlikte bootloader' ın, iyi koordine olabilen DTR düşüşünün zamanı kadar kısa bir zamanı olduğu anlamına gelir. Bu kurulumun başka etkileri vardır. Uno Mac OS X ya da Linux çalıştıran bir bilgisayara bağlandığında, USB den gelen her bağlantıda reset atar. Takip eden her yarım dakikada ya da daha fazlasında, bootloader Uno üzerinde koşturmaktadır. Biçimlendirilmiş verileri görmezden gelmek için programlanmışken, bağlantı açıldıktan sonra boarda yollanan ilk birkaç veri bloğu kesilecektir. İlk başlangıçta board üzerinde tek seferlik bir yapılandırma gerçekleşir. Haberleşme açıldıktan sonra yazılım bir saniye

bekleyecektir ve daha sonra veriyi yollayacaktır.

Uno otomatik sıfırlamayı devre dışı bırakabilen bir iz içerir. Her iki taraftaki izler birbiri ile lehimlenmiş olabilir. Bu “ RESET – EN ” olarak etiketlenmiştir. Ayrıca resetleme hattına 5V verdiğimiz 110 ohm’ luk bir direnç bağlanarak da otomatik sıfırlamayı devre dışı bırakmak mümkündür.

1.3.9. USB Aşırı Akım Koruması

Arduino Uno, gelen aşırı akımdan bilgisayarınızdaki USB portu koruyan, resetlenebilen bir polyfuse’ e sahiptir.

Çoğu bilgisayar kendi iç koruma sağlamasına rağmen, sigorta ekstra bir koruma katmanı sağlar. Eğer USB bağlantı noktasına 500 mA’ den fazla akım uygulanırsa, fuse, aşırı yük kaldırılınca kadar otomatik olarak bağlantıyı koparacaktır.

1. 3.10. Fiziksel Özellikler

Uno PCB’ nin maksimum uzunluğu 2,7 ve genişliği ise 2,1 inçdir. Uno yüzey ve duruma bağlı olarak board üzerinde 4 adet vida çukuruna izin vermektedir. Dijital pin 7 ve pin 8 arasındaki mesafe 160 mil (0.16’’) dir. Diğer pinlerin 100 mil aralığı içinde 2 kat mevcuttur.

1.4. LOADCELL (Yük Hücresi)

Sabit bir cisme dışarıdan bir güç uygulandığında, malzeme üzerinde gerilim ve burkulmalar meydana gelir. Gerilim objenin harici güce karşı gösterdiği mukavemet, burkulma ise objedeki iç yer değiştirme ve biçimsel bozulma diye tanımlanır.

Üzerine kuvvet uygulanan materyalde meydana gelen gerilme:

- Uygulanan Kuvvet: F
- Uygulanan alan: A ‘ise

Üzerinde oluşan gerilme:

- Gerilim (ρ) : F / A ‘dan hesaplanır.

Burkulma ise, objeye uygulanan güç sonucu materyal boyutlarında meydana gelen biçim değiştirmesinin tüm etkilenen boydaki yüzdesel dağılımıdır. Burkulma miktarı, materyalin orijinal boyundaki değişimin, ilk boyuna bölümünden hesaplanır.

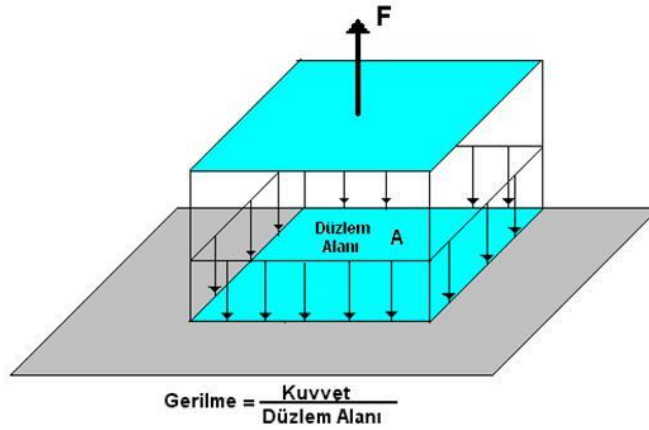
- Burkulma (ϵ) : $\Delta L / L$ 'dir.

Burkulma uzaması 0.005 inch / inch 'den küçük ise mikro burkulma ifadesi kullanılır.

- Mikro burkulma : Burkulma x 10 üzeri -6

Burkulma yani baskı sonucu fiziksel değişim miktarı ve gerilme Yük Hücreleri ile ölçülür.

Strain Gauge'lerle ilk bilgiler Lord Kelvin tarafından incelenmiş ve metalik iletkenlerin gerilmeye maruz bırakıldığında, elektriksel direncinin değiştiğini görmüştü. O günlerden sonra keşfedilen bu parametrenin endüstriyel alanda ilk uygulamaları 1930lar da başlamıştır.



Şekil 5. Gerilme Hesaplama

Temelde tüm yük hücreleri (Strain Gauge'ler) mekanik hareketi, elektriksel işarete çevirmeye göre dizayn edilir.

Metalin iç kapasitans ve induktansı veya direnci burkulmayla orantılı bir büyüklük üretir.

Mesela tel gerilmeye maruz bırakıldığında, çapı daralmasıyla beraber boyunda uzama meydana gelir. Bu da telin iç direncini değiştirerek gerilme algılamasını büyütür. Tüm gerilmeler de Gauge Faktör denilen, gerilim hassasiyeti faktörü aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\text{GF} : \left(\frac{DR}{R} \right) / \left(\frac{DL}{L} \right)$$

$$: (DR / R) / \text{Burkulma}$$

İdeal tip yük hücresi, yalnızca dış etkiyle meydana gelen zorlama sonucu hücredeki şekil değişikliğini elektriksel dirence çevirendir. Bununla beraber uygulamalarda çevre sıcaklığı, malzemenin imalat kusurları, yük hücresinin altındaki yüzeye olan yapışma miktarı ve

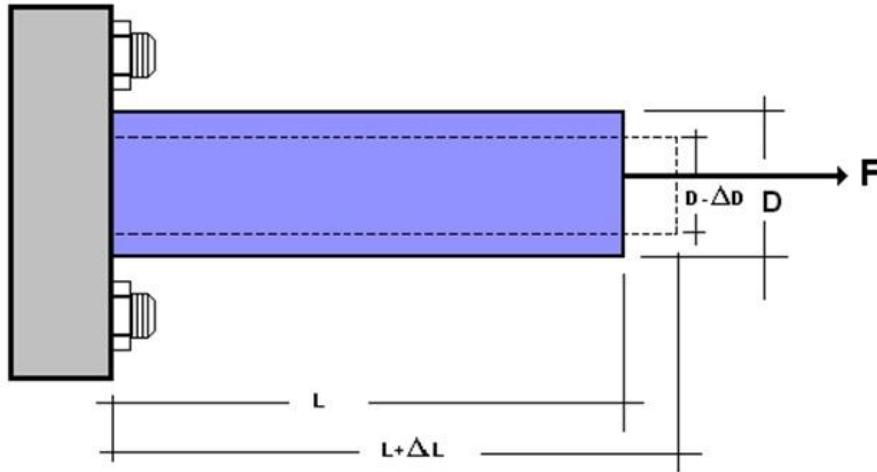
metalin esnekliğe karşı fiziksel stabilitesi, elektriksel direncinin değişimini etkiler.

Farklı materyallerin aynı yöndeki gerilmelere karşı tepkisi de farklıdır. Bir metale uygulanan yük kristal seviyede değişik eksenel gerilemeler oluşturur.

Kuvvetin bastığı yöndeki ana kuvvet haricinde poisson ve torsional gerilme gibi ölçülebilir büyüklüklerin hepsi bunlara örnek sayılabilir.

Kesme (shear) zorlaması, materyalin baskı altında iken açısal kaçınımı olarak ifade edilir. Örneklesek bir kitaba üst sağ köşeden güç tatbik edildiğinde, kuvvet kitaba Tropezoidal şekil almaya zorlar. Bu durumda oluşan shearing gerilmesi X ve Y eksenleri arasındaki açısal oran, yani tanjantı olarak düşünülebilir.

Poisson gerilmesi ise bir metal çubuğun incelik uzaması olarak tanımlayabiliriz. Bu tip gerilmeye uzamaya göre ters yöndeki negatif gerilme olarak da ifade edebiliriz. Boy artarken tel çapı düştüğünden iletkenlikte düşer.



Şekil 6. Load Cell Uzunluk

Çapsal Gerilme: D / D

Boylamsal Gerilme (ϵ) : L / L

Poisson Oranı (ν) : $[(D / D) / (L / L)] = (\epsilon / \epsilon)$

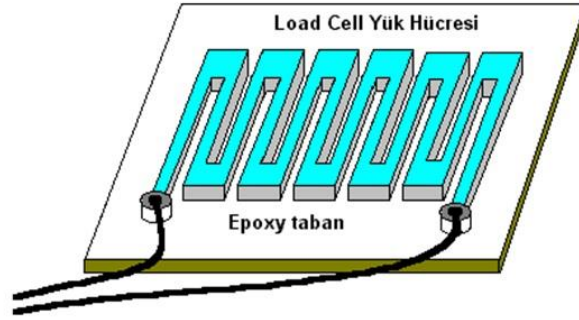
.....1.4.1. Yük Hücresi Tipleri

Yük hücresinin kuvvet altındaki deformasyonu mekanik, optik, akustik, pnomatik ve elektriksel olarak ölçülebilir.

İlk imal edilen yük hücreleri gerilmenin boyda yarattığı uzamayı, orijinal boyu ile karşılaştırarak ölçen mekanik dizaynli aletlerdi. Örneğin hala kullanılan uzunluk ölçüm metresi gerilmeyi ölçmede kullanılabilir. Ancak bu tip aletlerin hassasiyetleri kaba ve kullanımı zordur. Optik tabanlı ölçüm cihazları çok doğru ve hassas ölçüm yaparlar. Fakat çok sık arızalanmaları ve devamlı bakım zorunluğu endüstride kullanımı popüler kılmamaktadır.

Bir optik ışın kaynağında üretilen ışığın cisimdeki gerilmenin yarattığı uzamaya bağlı olarak değiştirdiği aynaya çarpan ışığın açısız yansımaya göre yoğunluk değişiminin algılanmasıyla ölçülür. Optik cihazların ideal kullanım yeri laboratuvarlardır.

Materyal gerilmesinin parametre olarak en uygun olarak ölçülebildiği metot ise uygulanan yüke karşı elektriksel direnç üreterek iletkenin boyundaki mikroskobik değişimin ölçülmesidir. Bu tip celler şu an en yaygın kullanım alanına sahiptir. Burada daha çok bu tip yük hücresi (Strain Gauge) 'nden bahsedilecektir.



Şekil 7. Load Cell Tel Yapısı

Kapasitif ve İndüktif tip yük hücreleri imal edilip kullanılmaktaysa da, vibrasyona karşı zayıf kalmaları ve buradan kaynaklanan hataların azaltılması için kompleks montaj elemanların kullanılması ve sık arızalar bu tip cihazların kullanımını engellemektedir. İlk metalik tel tip yük hücreleri 1938 de imal edilmiştir. Bu tip ölçüm hücreleri 0.025 mm çapındaki iletken telleri bir ızgara gibi sararak Epoxy reçine kaplı ince bir film tabakası altında gerilime maruz kalacak yüzeye yapıştırılmaktaydı.

Bu yüzeye bir kuvvet uygulandığında, yüzeydeki uzunluk değişimi, hücrenin boyunu uzatıp çapını küçültmekte gerilme kuvvetine bağlı olarak şeritli ızgara 'nın direncini lineer olarak değiştirmektedir. Bu ızgara tipli yük hücresi ve alttaki yüzeye “metalik bağlama

yapışkanı” birlikte hareket etmekte, bu yapışkan aynı zamanda metal yüzeyi ile yük hücresi arasında yalıtkan olarak kullanılmaktadır.

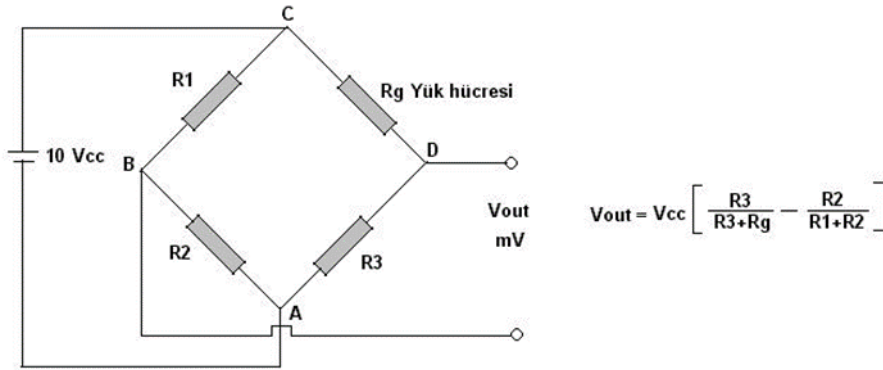
Bir yük hücresinin gerilim etkisiyle ürettiği elektriksel sinyalin stabil olması ve çevresel şartların (mesela sıcaklık) ölçmede yarattığı sapmaların etkisinin hesaba katılması gerekir. Yük hücrelerinin çoğu sıcaklığa duyarlı olduğundan iletkenlik parametresi değişmekte ve zaman geçtikçe bu etki daha fazla artmaktadır.

Kısa süreli testlerde bu etki problem yaratmazken, endüstriyel uygulamalar gibi uzun süreye yayılan ölçümlerde karakteristikteki bu değişim dikkate alınmaktadır.

Her yük hücresinin iç direnci Geyç Faktörü (GF) denilen, direnç, sıcaklık katsayısı, ısıl katsayı ve stabiliteyle beraber anılan bir katsayıya sahiptir.

1.4.2 Wheatstone Köprüsü

Wheatstone köprüsü endüstride pek çok parametrenin ölçümünde bir referans seviyesi esas alınarak, karşılaştırmalı sinyal üretiminde kullanılan bir devredir.



Şekil 8. Wheatstone Köprüsü

Yukarda resmi görülen Wheatstone köprüsü çalışma prensibi olarak, eğer R1, R2, R3 ve Rg dirençleri birbirine eşitse Vcc beslemesi köprü girişine uygulandığında B ve D çıkışında herhangi bir voltaj okunmaz. Yani çıkış sıfırdır. Eğer yük hücresinin Rg'ye bağlı olduğu bacadta uygulanan yükten dolayı strain gauge' nin direnci değişirse çıkış terminalinde voltaj artmaya başlar. G köprü dizaynı da denilen bu yöntemde Rg direnci uygulanan kuvvetle direnci değişir. Yük hücreleri Wheatstone köprüsüne 1 tane bağlanabileceği gibi 2,3 ve 4

bacağa da sabit dirençler yerine Yük hücreleri bağlanabilir.

Toplam gerilim $V_{out} = V_{cd} - V_{cb}$ den hesaplanır. Ya da yukarda yazıldığı gibi;

$$V_{out} = V_{cc} \left[\frac{R_3}{R_3 + R_g} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right]$$

'den hesaplanır.

Diğer kullanışlı olan bir yöntemde bir bacağa bağlanan Yük hücresi uygulanan gerilme kuvvetini ölçerken diğer bacağa bağlanan hücre sıkıştırma kuvvetini ölçebilir.

4 köprülü uygulamalarda 2 yük hücresi(Geyc) gerilme kuvvetini pozitif yönde ölçerken diğer iki hücre sıkıştırma kuvvetini negatif etkisini ölçer. Bu durumda çıkış sinyali dört adet geyce uygulanan kuvvetlerin yarattığı gerilim kuvvetleriyle orantılı bir çıkış olur.

Dört hücreli uygulamada ana test çubuğuna her yönden gelen kuvvetlerle, germe, kesilme ve eksenel etkili kuvvetler beraber ölçülmüş olur. Genelde Kantar sistemi gibi ağırlık ölçümlerinde bu metot uygulanır.

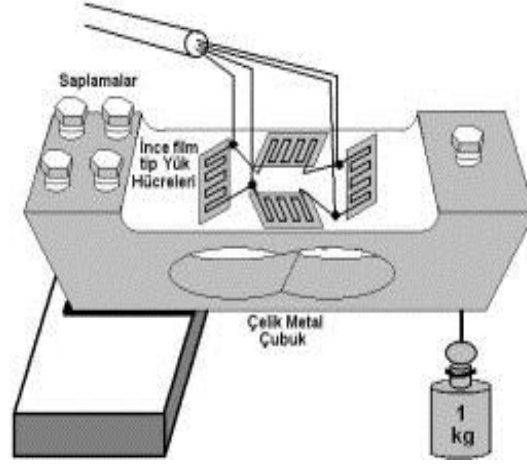
1.4.3. Transducer Olarak Dizayn Edilmesi

Yük hücreleri imal edildikten sonra kuvvet, yüklenme, basınç, tork ve ağırlık ölçümünde kullanılmak üzere uygun metal çubuk ve diyaframlara monte edilir. Bu çubuklar transducer olarak adlandırılır. Burada ağırlık ölçümünde yük hücrelerinin nasıl çalıştığı açıklanacaktır. Aşağıda ağırlık ölçümünde kullanılan Load Cell montajı görülmektedir. Wheatstone köprüsü bağlantısına özellikle dikkat edilmelidir.

Yük hücreleri 4 adet olmak üzere çelik karkas üzerine monte edilmiştir. Dizayn olarak aşağı – yukarı, ileri ve geri bölgelerden gelen tüm hareket ve güçleri ölçebilecek kabiliyettedir. Çünkü bu bölgelerden gelen herhangi bir gerilmeye karşı dört cell'den biri mutlaka cevap verecektir. Ayrıca bu dört cell Wheatstone köprüsünün her bir bacağına monte edildiğinden çevre sıcaklığındaki bir artış hepsini aynı oranda etkileyeceğinden farklı direnç uyumsuzluğu da ortadan kalkacaktır.

Yük hücreleri Epoxy reçine üzerine moleküler olarak sıcak erimiş püskürtme ile kalıplandığından atomlar arasında moleküler bağlantı güçlü olup üzerindeki iletken kanalları aynı anda çalışacaktır. Bu ince film imalatı celler kuvvetli bir yapıştırıcı ile metal çubuk üzerine yapıştırılmıştır ve bağlandığı yüzey ile beraber hareket etmektedir. Dolayısıyla uygulanan kuvvet nedeniyle metal yüzeyindeki esneme cell iletkenlerini de uzatıp

kısaltacağından iç direnç değişimi nedeniyle bir sinyal üretilmesine neden olacaktır. Bu sinyal sonra yükseltip, lineerleştirilir ve bir elektronik indikatör de belirlenen “Ölçüm Aralığında ağırlık bilgisi olarak karşımıza çıkar.



Şekil 9. Transducer

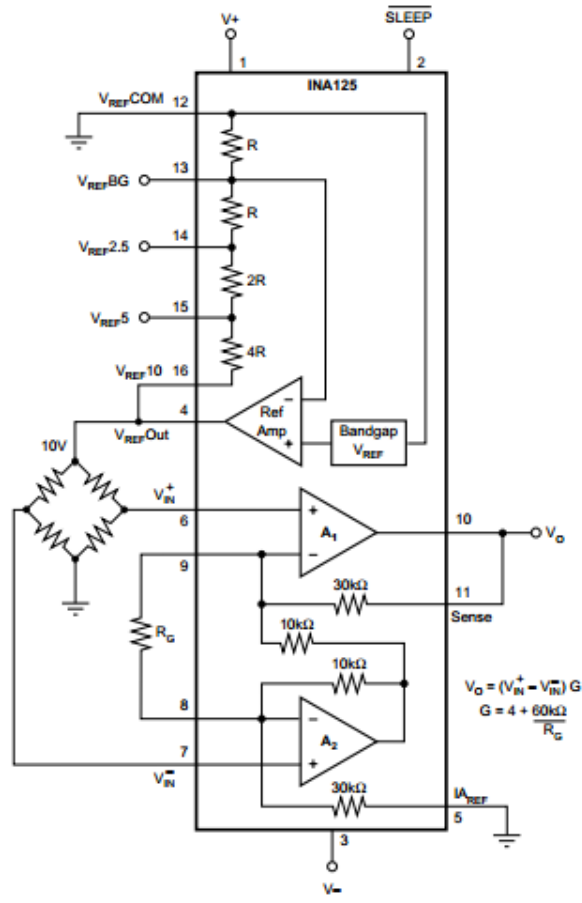
1.5 INA125 Enstrümantasyon Yükseltici

INA125, düşük güç uygulanarak yüksek doğruluk elde edilen hassas bir enstrümantasyon yükselticidir. Tek bir harici direnç ile 4 ile 10.000 arasında bir kazanç sağlar. Yükselteç, referans gerilimini +/- 0,5% hassasiyeti ile dışarıdan 1.24V, 2.5V, 5V veya 10V değerlerinde ayarlamamıza izin verir.

INA125 üzerine minimum -1.35V, maximum 36V gerilim uygulanabilir. -400C ile 850C arasında çalışma sıcaklığına sahiptir. İki tanesi yükselteç giriş pini, bir tanesi yükselteç pini olmak üzere toplamda 16 tane pine sahiptir. Yükseltecin CMRR değeri 114 dB' dir.



Şekil 10. İNA125P Enstrümantasyon Yükseltici



Şekil 11. INA125 Devre Şeması

2. STANDART VE KISITLAR

Projem donanım ve yazılım olarak iki kısımdan oluşuyor. Projemde parçalarının bazılarının bulma da zorluk yaşadım. Kullandığım yük hücresi için birçok şirketle iletişime geçip öğrenci inisiyatifiyle parçalarımı sağladım.. Parçalarımı toparlamam zamanımı aldı. Donanım kısmında gövde için marangoza sanayiye gittim. Bir bayan olarak biraz zorlandım. Fakat çalışanların yardımsever tutumu sayesinde parçalarımı bir araya getirdim.

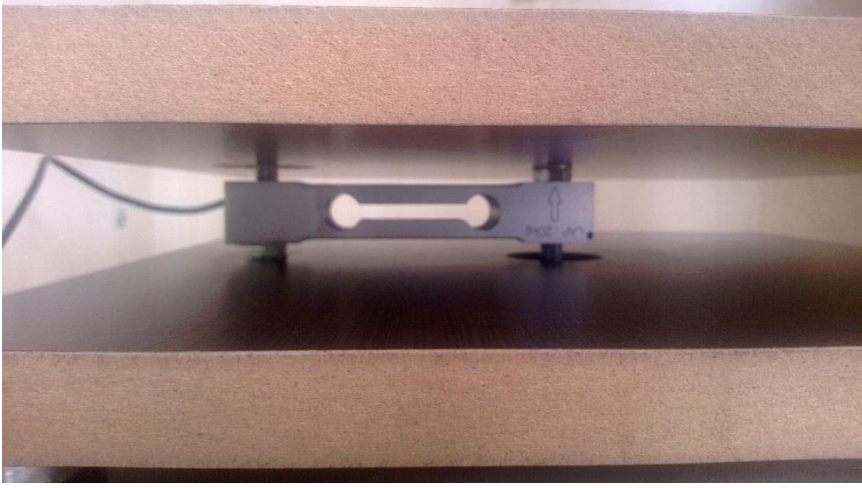
Montajı hassasiyet gereken bir cihaz olan LoadCell in montaj yapıldıktan sonra yazılım kısmıyla ilgilendim.

3. BENZER ÇALIŞMALAR

DC Motorda Dinamik Tork Ölçümü.Bu çalışmada fırçalı DC motorun dinamik zorlanma durumundaki tork değerinin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. LoadCell kullanılarak ölçüm yapılmıştır. LoadCell ile tavana asılan kişinin değişen voltaja bağlı olarak müzik sesleri elde etmiştir

4. ÖNERİLEN YÖNTEM VE DENEYSEL SONUÇLAR

Projemde dijital terazimin donanım kısmından başladım. Loadcell imi iki adet 30*30 luk MDF tahta temin ettim. loadcell çalışma mantığına göre tahtanın üst gövdesinden bir ucu sabitlenen loadcelimin diğer ucu alt tahtama sabitlendi.



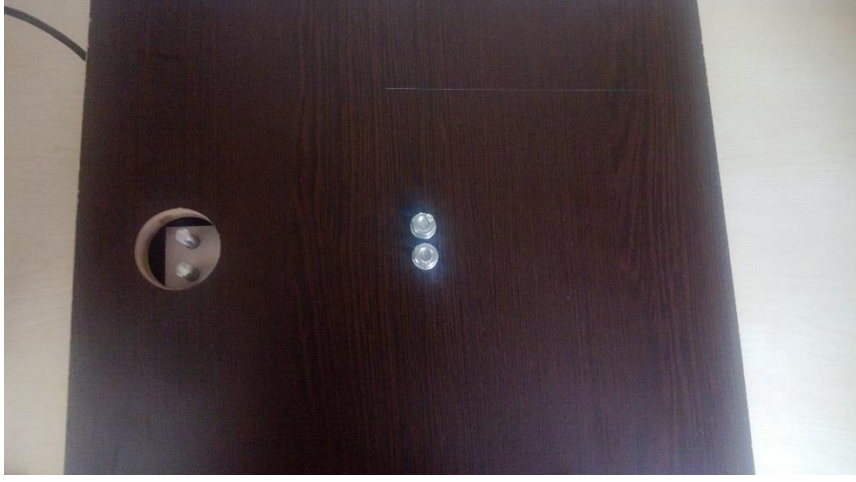
Şekil 12. Yandan Görünüm

Tahtanın üst kısmı ağırlığı tam ortadan alacağı için alt kısmına serbest hareket edebilmesi için büyük delikler açıldı.



Şekil 13. Alttan Görünüm

Aynı şekilde üst kısmında loadcellin gövdesinin montajını yapıldı terazi mantığıyla tahtanın üst kısmına da büyük bir delik açıldı.



Şekil 14. Üstten Görünüm

Devreyi breadboard üzerinde oluşturuldu Burada toplanmış olan gerilim micro volt cinsinden olduğu için değişimler son derece küçüktür. Burada kullanılan micro kontrollör Arduino UNO bu kadar küçük değişimleri algılayamamaktadır. Bunun için ina125 yükselteci kullanılarak Arduinonun algılayabileceği konuma getirilmiştir. Yükseltecin bağlantıları yapılır ve A/D çevirme işlemi gerçekleşir sonuç bir değişkene atanır..

Kalibrasyon aşamasına gelindi arduino maksimum 12V minimum ise 0v dur. 20 Kg yük hücremin maksimum değerini bu voltaj değerine eşitlendi. Minimum ise 0V a eşitlendi.. Platformunda ağırlığı hesaba katılarak ekleme yapıldı.

5. KAYNAKLAR

<http://avrprogrammers.com/devices/ATmega/atmega328>

<http://electrosome.com/analog-to-digital-conversion-in-arduino-analog-pins/>

<http://www.laurels.com/loadcell.htm>

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina125.pdf>

http://www.esit.com.tr/tr/urun/42/100/yuk_hucreleri_platform_tipi_spa

<http://simkol.com.tr/new/tr/urunler/105/platform-tipi-yuk-hucreleri>

<http://www.ishida.com/technologies/loadcell/html.html>

<http://yukhucreleri.com/wp-content/uploads/2013/01/ps-serisi-yuk-hucreleri-brosur.pdf>

http://www.komelelektronik.com/upload/210BL_BLC_en.pdf

http://www.allaboutcircuits.com/vol_1/chpt_9/7.html