



**KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ELEKTRİK VE BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK
LİSANS PROGRAMI**

**ÇOK KEFELİ HASSAS TERAZİLER İÇİN
BİR GÖMÜLÜ SİSTEM TASARIMI**

Muhammet Sefa DAĞ

Yüksek Lisans Tezi

KONYA

Temmuz 2022

ÇOK KEFELİ HASSAS TERAZİLER İÇİN BİR GÖMÜLÜ SİSTEM TASARIMI

Muhammet Sefa DAĞ

KTO Karatay Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi H. Oktay ALTUN

Konya
Temmuz 2022

BİLDİRİM

Enstitü tarafından onaylanan Yüksek Lisans tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını basılı veya dijital biçimde arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullar dahilinde erişime açma iznini KTO Karatay Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle, Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak ve gelecekteki çalışmalar (makale, kitap, lisans, patent vb.) için tezimin tamamının veya bir bölümünün kullanım hakları yalnızca bana ait olacaktır.

Tezimin bütünüyle kendi çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izinle kullanılması zorunlu olan kaynakları, yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde izinlerin suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında, tezim, aşağıda belirtilen koşullar haricince, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve KTO Karatay Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.¹
- Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren . . . ay ertelenmiştir.²
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.^{3,4}

20 Temmuz 2022

Muhammet Sefa DAĞ

¹ MADDE 6(1) Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

² MADDE 6(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

³ MADDE 7(1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

⁴ MADDE 7(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

ETİK BEYAN

KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kurallarına uygun olarak Dr. Öğr. Üyesi H. Oktay ALTUN danışmanlığında tarafımdan üretilen bu tez çalışmasında; sunduğum tüm veri, enformasyon, bilgi ve belgeleri bilimsel etik kuralları çerçevesinde elde ettiğimi, tüm değerlendirme, analiz, bulgu ve sonuçları bilimsel usullere uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım kaynakların tümüne bilimsel normlara uygun biçimde atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

20 Temmuz 2022

Muhammet Sefa DAĞ

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve destek olan değerli danıőman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Oktay ALTUN'a, teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Bu tez çalışması, ülkemizde üretilen endüstriyel makinelere bir yenisini daha eklemek adına başladığımız hassas terazi makinesinin iyileőtirilmesi için yapılan Ar-Ge faaliyetleri kapsamında yürütölmüőtür. Tez çalıőmalarında projenin koordinasyonunu yapan; SPI, I2C ve MODBUS haberleőmeleri üzerine çalışan, dokunmatik ekran tasarımı üzerinde çalışan; elektronik kart çizimini, elektronik devre montajını, mekanik montajı yaptığı gibi tez yazımında da yer yer bana yardımcı olan Elektrik Elektronik Mühendisi Ahmet Melih Ateő'e; titreşim trafoları ve zero crossing üzerine alıőan, I2C ve SPI haberleşme üzerine çalışmalar yapan, mekanik ve elektronik montajda alıőan, Mekatronik Mühendisi Yusuf ORTACA'ya; step motor ve sürücöleri, SPI ve I2C haberleőmeleri üzerine çalışan, ağırlık ölçümü testlerini yapan, elektronik kart çizimi, elektronik devre montajı ve mekanik montaj üzerine çalışan, elektrik tesisatı montajı ve terazi sisteminin ilerlemesi için malzeme satın alma ile ilgilenen, tez yazımında da bana yardımcı olan Elektrik Elektronik Mühendisi Enes İVEDİKLİÖĞLU'na teőekkürü borç bilirim.

Çalıőmalarım boyunca destekleriyle her zaman hayatımı kolaylaőtıran ve beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan sevgili anneme ve babama sonsuz teşekkür ederim.

Muhammet Sefa DAĞ
Temmuz-2022

ÖZET

Muhammet Sefa DAĞ

Çok Kefeli Hassas Teraziler İçin Bir Gömülü Sistem Tasarımı

Yüksek Lisans Tezi

Konya, 2022

Günümüzde tanecikli malzemelerin paketlenmesinde seri üretim kolaylığı açısından çok kefeli teraziler tercih edilmektedir. Çok kefeli teraziler çok farklı kefe sayılarına sahip olabilmekle birlikte tipik olarak on kefeli, on dört kefeli veya on altı kefeli olabilmektedir. Çok kefeli terazilerde, tanecikli malzeme titreştirilerek porsiyonlar oluşturulmakta, bu porsiyonlar kefelere biriktirilerek tartılmaktadır. Akabinde uygun kefelere açılmak suretiyle, hedef ağırlığı belli hassasiyette oluşturabilecek kefe kombinasyonu seçilerek istenilen ağırlığa yakın tanecikli ürün paketlenme makinesine iletilir. Tipik olarak, istenilen ağırlıkta ürün elde etmek için üç kefenin belirlenip açılması yeterlidir. Çok kefeli terazilerde, paketlenme işleminde üç kefenin kullanılma algoritması paketlenme işleminde tartım aşamasında gerçekleşen zorluklar paketlenme sayısında azalmaların olma ihtimalini güçlendirmektedir. Buna benzer gecikme problemleri için çok kefeli terazilerde paketlenme işleminde kefe sayılarının sistem tarafından otomatik belirlenmesi ile gerçekleştirilen kontrol sistemlere ihtiyaç artmıştır. Bu çalışmada, çok kefeli hassas terazinin kontrolünde kullanılacak gömülü sistem tasarımı bütüncül olarak ele alınmıştır. Yük hücrelerini de okuyan ana kartın tasarımı, manyetik titreşimlerin sürücüsü, step motor sürücü kontrol kartı, ekranın ana kartla habeleşmesini sağlayan ekran kartı ve enkoderlerin kontrol kartı, dağıtıcı kartların tasarımı ve gömülü sistem yazılımının tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler

Çok kefeli terazi tasarımı, gömülü sistem tasarımı, çok kefeli terazilerde doğru kefelere seçen algoritma

ABSTRACT

Muhammet Sefa DAĞ

An Embedded System Design for Multihead Precision Balances

Master's Thesis

Konya 2022

Today, multihead scales are preferred for the packaging of granular materials in terms of ease of mass production. Multihead scales may contain various pan numbers but they typically have ten pans, fourteen pans or sixteen pans, depending on their specs. In multi-pan scales, portions are created by vibrating the granular material, and these portions are weighed by accumulating on pans. Then, by opening the appropriate pans, a pan combination that can create the target weight with a certain sensitivity is selected, and the granular product close to the desired weight is transferred to the packaging machine. Typically, it is sufficient to identify and open three pans to obtain the desired weight of product. In multi-head scales, the algorithm of using three pans in the packaging process, the difficulties in the weighing phase of the packaging process strengthen the possibility of reductions in the number of packaging. For similar delay problems, the need for control systems realized by automatic determination of the number of pans by the system in the packaging process in multi-pan scales has increased. In this study, the design of the embedded system to be used in the control of the multi-head precision balance is handled in a holistic way. The design of the motherboard, which also reads the load cells, the driver of magnetic vibrations, the stepper motor driver control card, the video card that allows the screen to communicate with the main board and the control card of the encoders, the design of the distributor boards and the design of the embedded system software were designed in order to achieve a stand alone system.

Keywords

Multi head scale design, embedded system design, algorithm that selects the right pans of multi-head scales

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BİLDİRİM	ii
ETİK BEYAN	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR	7
3. SİSTEM TASARIMI	9
4. KEFELERİN OTOMATİK BELİRLENMESİ	16
4.1. Kefelerin Otomatik Belirlenmesine Genel Bakış	16
4.2. Yazılım Üzerine Gerçekleştirilen Çalışmalar	18
4.3. Ekran Üzerinde Gerçekleştirilen Çalışmalar	21
4.4. Mekanik Çalışmalar	22
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	24
6. EKLER	26
KAYNAKLAR	28

ÖZGEÇMİŞ	31
--------------------	----

ŞEKİLLER DİZİNİ

1.1	Çok kafalı terazilerin genel görünümü	2
1.2	Çok kefli terazilerin kullanıldığı sistemin genel görünümü	3
3.1	Tasarlanan anakart	10
3.2	Tasarlanan manyetik titreşim kontrol kartı	11
3.3	Yük hücresi yapısı	12
3.4	Tasarlanan yük hücresi ADC kartı ve modüler dağıtıcı kartı	13
3.5	Step motor ve enkoder kontrol kartı	14
3.6	Çok kefli terazinin yeknik çizimi	15
3.7	Çok kefli terazilerin çalışma izahı	15
4.1	Akış diyagramı	17
4.2	Gömülü sistem tasarımı	18
4.3	İki kefe toplamlarının yapıldığı kısım	20
4.4	Üç Kefe toplamlarının yapıldığı kısım	21
4.5	Dört kefe toplamlarının yapıldığı kısım	21
4.6	Yapılan prototipin genel görünüm	23
4.7	Manyetik titreşim mekanizması tasarımı	23
6.1	Ana ekran görüntüsü	26
6.2	Ana menü görüntüsü	27
6.3	Program ayarları	27

1. GİRİŞ

Modern hayat tarzının getirdiği tüketim alışkanlıkları paketleme işlemlerinin daha da önem kazanmasına sebep olmuştur. Başarılı paketlemenin en önemli kıstaslarından birisi de, paketlerin hedef ağırlıklarını tutturabilmektir. Paketleme sürecinde, malzemelerin elle tartılması ve tartım sonrası istenilen grama göre paketleme işlemi, paketlenen ürün sayısının az olmasına ve buna bağlı olarak manuel olarak paketleme işlemi yüksek maliyetli olduğundan üretimi artırmak için çok kefeli teraziler tercih edilmektedir.

Şekil 1.1’de bir örneğini gösterdiğimiz çok kefeli teraziler ilk olarak 1970 yıllarında kullanılmaya başlandı. İlk makineler, hedeflenen ağırlıkta paketleme yapmada istenilen sonuçları elde edememiştir. Paketleme sürecinde kaliteyi artırabilmek ve hedeflenen ağırlığın net olarak belirlenmesi için çeşitli algoritmalar ve çözüm önerileri ortaya atılmıştır. İlk olarak titreşim mekanizmalarının çalışma sürelerinin geliştirilmesi gerektiğine karar verilmiştir (Ishida, 2022). Titreşim mekanizmasında yapılan geliştirmeler ile istenen hedef ağırlığına daha yakın sonuçlar gözlenmiştir. Paketleme sürecinin azalması için yapılan ikinci gelişme, besleme kanallarının beslediği kefeleri iki katına çıkarmak olmuştur. Besleme kanalları paketlenecek ürünü birinci kefeye aktarır. Birinci kefedeki ürün, birinci kefenin altındaki ikinci kefeye aktarılır. Ağırlık ölçümü ikinci kefedeki gerçekleştirilir. Birinci kefe besleme kanallarındaki gecikmeyi azaltmak ve ağırlık ölçümünün daha hızlı yapılabilmesi için düşünülmüştür. Paketleme süresinin azaltılması için çalışmalar hala devam etmektedir (K.-H. Keraita J.N.; Kim, 2006).



Şekil 1.1: Çok kafalı terazilerin genel görünümü (İshidaeurope, 2022)

Paketleme endüstrisinin hızlı gelişimi, paketleme makinesi Şekil 1.2’de üreticilerini yeni çok yönlü, üretken ve son derece otomatik çözümler önermeye motive etti. Küçük ayrı parçaların paketlenmesine yönelik çözümler arasında çok kafalı kantar makinesi yüksek hızı, doğruluğu ve güvenilirliği nedeniyle giderek daha fazla kullanılmaktadır. Çok kafalı terazi makinesi, belirli bir hedef ağırlıkta küçük ürünler veya parçalar içeren bir paketi doldurmak için kullanılan bilgisayar kontrollü bir makinedir. Yetmişli yıllarda pazarda ilk ortaya çıkışından bu yana, çok kafalı terazi makineleri sürekli değişen pazar gereksinimlerini ve tüketici zevklerini karşılamak için sürekli olarak geliştirildi.

Günümüzde bu makinenin gıda endüstrisinde makarna, evcil hayvan gıdaları, kahve, tahıl gevrekleri, çeşitli şekerler ve hatta, sebze ve kümes hayvanları parçaları gibi taze gıdalar için de geniş bir uygulama alanı vardır Şekil 1.2. Uygulamaları gıda dışı ürünlerin paketlenmesini de kapsar, örneğin ataç paketleri ve diğer küçük ofis eşyaları bu tür makineler kullanılarak doldurulur.



Şekil 1.2: Çok kefli terazilerin kullanıldığı sistemin genel görünümü (*Dynamic Quantitative Packaging System*, 2022)

Çok kefli teraziler, genellikle paketleme makineleri ile entegre çalışırlar. Piyasadaki mevcut çok kefli teraziler genellikle on kefli, on dört kefli veya on altı kefli olabilmektedir. Her bir kefe yük hücresi (İng. loadcell) aracılığı ile ağırlık ölçümü yapmaktadır. Mevcut çok kefli terazilerin çalışma ayarlarının yapılabilmesi için genellikle bir dokunmatik ekran bulunmaktadır. Çok kefli terazi operatörü paketlenen ürünün gramajını sisteme girerek hassas tartma işlemini başlatmış olur. Üç kefenin toplamı operatörün girdiği hedef paket gramajına eşit olduğunda üç kefe açılır ve paketleme makinesine aktarılır. Kefelerin ölçüm yapma işlemi operatörün çok kefli terazi sistemini kapatana kadar üç kefli bulma yöntemi ile ölçüm yapmaya devam eder.

Kefelere ölçüm yapılacak ürün kefelere üzerinde bulunan titreşim mekanizması ile aktarılır. Titreşim mekanizmaları sayısı, toplam kefe sayısı ile aynı olup, bir adet de orta titreşim mekanizması bulunmaktadır. Titreşim mekanizmaları çalışırken kefelere tahmin edilenden daha fazla ürün aktarılma olasılığı vardır. Kefelerin tahmin edilenden fazla ölçüm yapılması üçlü paketleme algoritma sisteminde sıkıntıya yol açmaktadır. Kefeler üçlü paketleme sistemine girmediği durumda kefelere personel tarafından boşaltılması gerekmektedir. Kefelerin boşaltma durumundan dolayı personellere bağımlılık durumu vardır. Ayrıca paketleme süresinin gecikmesi ile hedeflenen paket miktarına ulaşamamaktadır.

Biz bu çalışmada, hassas paketleme yapan çok kefeli teraziler için bir gömülü sistem tasarımı önerisinde bulunduk. Tasarladığımız sistem birçok alt sistemin bağımsız olarak çalışmasını ve birbirleriyle uygun şekilde haberleşmesini gerektirdi. Bu alt sistemlerin ne işe yaradığından bahsedeceğiz: Doğrusal titreşim (İng. linear vibration) alt sistemi, banttan terazi üzerine dökülen parçaları her bir kefeye boşaltmaya yarayan alt sistemdir. Elektrik enerjisini manyetik enerjiye ve sonra da doğrusal titreşime çevirerek çalışır. Bu sistem marifeti ile doğrusal titreşim oluşturularak besleme kanallarındaki parçacıklar kefelere dökülmektedir. Bu tez kapsamında, bu alt sistemin elektromekanik tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Manyetik trafo sürücü kartı, doğrusal titreşimi sağlayabilmek için kullandığımız transformatorleri kontrol etmek için tasarladığımız karttır. Bu kart ile zero crossing yöntemi kullanarak istediğimiz miktarda parçacığı kefeye dökülebiliyoruz. Geliştirdiğimiz kartta RS485, I2C ve SPI haberleşme protokolleri mevcuttur ve diğer kartlar ile haberleşebilmektedir. Yük hücresi (İng. loadcell) sürücü kartı Şekil 3.4, yük hücrelerinden gelen analog sinyalleri ADC yöntemi ile dijital çeviren karttır. Bu kart marifetiyle analogdan çevirdiğimiz dijital veriler kullanmış olduğumuz haberleşme yöntemleri ile anakarta gönderilmektedir. Anakart bu verileri işleyip gerekli alt sistemlere göndermek-

tedir. Bu kart ile yük hücrelerindeki kablo yığınınını tek bir kabloya düşürebilmekteyiz.

Anakart, geliştirdiğimiz sistem üzerinde bulunan tüm kartları haberleşiren karttır. Bu kart ile yük hücrelerinden gelen veriler, manyetik titreşime giden veriler, motorların nasıl ve ne zaman hareket edeceğine dair veriler işlenmektedir. Aynı zamanda üzerine ekran kartı modül olarak takılabilmektedir. Dokunmatik ekran sürücüsü ise, piyasada kullanılan endüstriyel ekranların sistemimizle uyumlu bir şekilde çalışması sağlayan üzerinde işlemci bulunan modüler bir karttır.

Step motorları ve enkoderleri kontrol eden kart, sistemde bulunan step motorlar 90 derecelik açılar ile çalışmaktadır, bu açılarda kaçırma yapmamak adına çift şaftlı motorlar tercih edilmiştir. Arka kısmında bulunan şafta enkoderin okuyabileceği bir parça yapılmıştır. Enkoder yardımıyla step motora isteğimiz açığı verip tekrar eski pozisyonuna getirebildiğimiz bu kart ile step motorlarının sürücü kartlarında kontrol edebilmekteyiz.

Bu tezde aynı zamanda çoklu kefe yönetimi için özgün bir algoritma tasarımı gerçekleştirilmiştir. Gerek dış faktörlerden kaynaklı, gerekse bazı mekanik problemlerden kaynaklı kefelere istenilen ortalama ağırlıktan fazla ya da az parçacık gidebilmektedir. Bu sorun ağırlığı normalden farklı olan kefenin hiç açılmamasına ve üretimin yavaşlamasına sebep olmaktadır. Algoritma, ağırlığı farklı olan kefeyi anlayıp normalde ayarlanan kefe açma sayısında kendisi otomatik değişiklik yapabilmektedir. Bu sayede kefe sayısında azalma yaşayan makine daha da hızlanarak daha seri hale gelmiştir.

Algoritmik çalışmalar huniden besleme kanallarına iner besleme kanallarından titreşim ile kefelere doğru ilerler kefe sayısı n , paketleme seçeneği x , toplam gram g dersek kefelere $n \cdot g/x$ bir kefedenden hesaplanması gereken değerdir. Burada n , g ve x değerleri, n değeri makinenin genel özelliği ve g , x değerleri operatör tarafından değiştirilebilir özelliğe sahiptir. Burada kefelere n 'in x 'li kombinasyonuna göre hesaplanmaktadır. Hesaplama işleminde x , genelde 2, 3 ve 4 gibi sayılar olmaktadır. Sistem önce

2'li, 3'lü ve en son 4'lü olarak tarama yaparak uygun paketlenme gramını seçmektedir.
(Garcia, Kimura, Martins, Rocha, & Nozaki, 1999)

2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Dünya çapında yayılmasına ve çok sayıda üreticiye rağmen, özelliklerini incelemeyi amaçlayan az sayıda bilimsel çalışma vardır ve literatürün çoğu esas olarak teknik veya ticaridir (örneğin patentler ve makine broşürleri). Çok kafalı terazi makinesi esas olarak bir besleyiciler sisteminden, bir dizi besleme kanallarından, bir dizi ağırlık ölçen ke-felerden ve paketleme makinesine giden bir boşaltma olduğundan oluşur. Üst taraflarda bulunan ke-felerin rolü, ürünü ağırlık ölçen ke-felere düşürmeden önce stabilize etmektir. Yeni bir parti başlangıcında, operatör her radyal besleyici için ürün akış hızını ayar-lamalıdır ve radyal besleyiciler bağımsız olduğundan, yazılım operatörün her biri için farklı bir akış hızı seçmesine izin verir. Bu ayar, paketlenen ürün tipine ve paketin hedef ağırlığına göre değişebilir. (J. N. Keraita & Kim, 2007)

Her ağırlık hunisi, ürünü tartan ve bilgiyi bir bilgisayara ileten bir yük hücresi ile donatılmıştır. Bilgisayar daha sonra, toplam ağırlığı hedef ağırlığa (yani paket üzerinde etiketlenen ağırlık değeri) eşit veya ondan daha büyük olan bir hazne alt kümesini seçer. Ardından bilgisayar, ürünü boşaltma olduğundan sonraki paketleme makinesine bırakan seçili hazneleri açar. (Narkhede, Dhawale, & Karthikeyan, 2016)

Müşterinin korunması için konulan mevzuatlar her paketin ağırlığının hedef ağırlıktan daha az olmamasını gerektirir. Sonuç olarak, hedef ağırlığın altında bir ürün miktarı ile dolu bir paket 'uygunsuz' olarak tanımlanır ve piyasada satılamaz. Makine oldukça kısa bir sabit çevrim süresi ile döngüsel bir şekilde çalışır. Örneğin, bazı makineler dakikada yaklaşık 90 paket üretebilmektedir. Sunulan daha karmaşık makineler de var. Piyasada daha önce açıklananlardan daha tek katmanlı çok kafalı bir kantar makinesi. Örneğin,

çift katmanlı bir makinede, bilgisayar algoritmasının açmak için en iyisini seçebileceği olası hazne kombinasyonlarının sayısını artıran (genellikle ağırlık haznelerinin altında bulunur) bir dizi “destekleyici” hazne bulunur. Ayrıca, daha karmaşık bir operasyon stratejisi uygulanabilir. Örneğin, bozulabilir gıda maddeleri için, belirli bir hazne belirli sayıda döngü için kapalı kaldığında, sistem onu bir çöp kutusuna bırakabilir veya aşırı bekleme süresini ve bozulmayı önlemek için onu bir sonraki hazne kombinasyonuna ait olmaya zorlayabilir. Özetle, çok kafalı terazi makinesi bir kurulum stratejisi ve uygun bir işletim yazılımı gerektiren karmaşık bir makinedir. Kontrol yazılımı gerçek zamanlı olarak çalışır ve amacı, ürüne, döngü süresi kısıtlamasına ve amaç fonksiyonuna göre paket hedef ağırlığına ulaşmak için açılacak en iyi hazne alt kümesini seçmektir. (Beretta, Semeraro, & Castillo, 2016)

Titreşimli besleme kanalları sistemde oldukça önemli bir yapıya sahiptir. Operatörün girmiş olduğu hedef ağırlığı en yakın değerde vermek zorundadır aksi halde fazla ve ya eksik vermesi durumunda o kefe işlem yapmayacak olup tekrar operatör devreye girecektir. Örnek verecek olursak 300 gram hedef ağırlık girilen sistemde kefelerin açma modu eğer 3'lü olarak ayarlandı ise besleme kanalları kendini 100 gram tanecik verecek şekilde ayarlamaya çalışır. Burada titreşim trafoların gücünü operatör ayarlayarak istenilen ortalama gramı ayarlayabilmektedir.

Bir ön test setinde, titreşimli plakanın yataya eğiminin taşıma hızı üzerinde önemli bir etkisi olduğu bulundu. Bu nedenle taşıma yüzeyi, taban çerçevesinin altına titreşimler yerleştirilerek dikkatli bir şekilde tesviye edildi. Besleyici ilk önce gerçek titreşim açısını belirlemek için kalibre edildi. Bunu, kontrol düğmesindeki kazanç ayarlarına karşı bir dönüştürücü ile titreşim genliklerinin kalibre edilmesi takip etti. Taşıma yüzeyi cilalı yassı çelik bir levha içermektedir. Akışın zamana göre değişimi, taşınacak bileşen, 19 X 8 X 3 mm boyutunda bir alüminyum parçadır. (Lim, 1997)

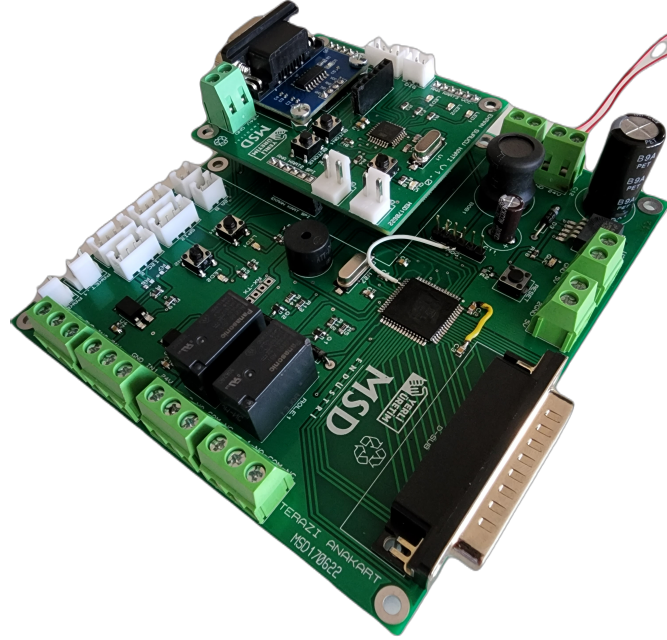
3. SİSTEM TASARIMI

Mekanizma içerisinde bir adet atık hunisi, besleme kanalları, üst kefelere, alt kefelere ve paketleme makinesine aktarılmak üzere bir adet ağız bulunmaktadır. Atık hunisi paketlenen ürünlerin boşaltıldığı ve doğrudan besleyici kaynaklara aktarıldığı konumdur. Üst kefelere atıkların paketleme sisteminde sürecin hızlandırılması için tercih edilmiştir. Alt kefelere ölçüm yapılan yerdir ve içerisinde yük hücresi bulunur. Kefe sayısı on kefeli, on dört kefeli, on altı kefeli olma özelliklerine sahiptir. Kefe sayısı arttıkça paketleme sürecindeki hızlanma doğru orantılı olarak artmaktadır. Huni tarafına gıda ürünlerinin sürekli boşaltılması gerekmektedir. Ürünler konveyör sistemi ile iletılarak boşaltıldığı gibi, kullanıcı tarafından boşaltılması mümkündür. Seri üretim açısından konveyör sistemleri tercih edilmektedir. Paketleme sürecinde ilk olarak huniden gıdalar besleme kanallarına aktarılır. Besleme kanalları titreşim yaparak çalışmaktadır. Besleme kanalları kefe sayıları ile eşit sayıda üretilmektedir. Besleme kanallarında biriken ürünler titreşim yaparak üst kefelere aktarılır. Titreşim sistemi manyetik trafolar tarafından gerçekleştirilir. Titreşim tek yönlü olmaktadır yani ürünler sadece ileri yönde gitmektedir. Üst kefelere tartım işlemi gerçekleşmez.

Paketleme sürecinde besleme kanallarından kaynaklı gecikmeleri ve hataları önlemek, paketleme sürecini hızlandırmak ve algoritmik rahatlamayı sağlamak açısından kullanılmaktadır. Ürünlerin üst kefedeki alt kefeye aktarılması ile tartım işlemi başlar. Alt kefedeki tartım işlemi yapılır. Kefeler istenen paketleme gramına göre ikişerli, üçerli, dörderli olarak seçilerek, paketleme makinesine gönderilmek üzere son hazneye aktarılır. İlk paketleme işlemi yapılması ile birlikte besleme kanalları ve üst kefelere çalışması ile akış devam eder. Akış, sistemin operatör tarafından kapatılana kadar ve hu-

nide ürün bitene kadar devam eder. Genelde üretim adedi ve hedefleri belli olduğundan hünide ürün bitmesi beklenmeyen bir durumdur.

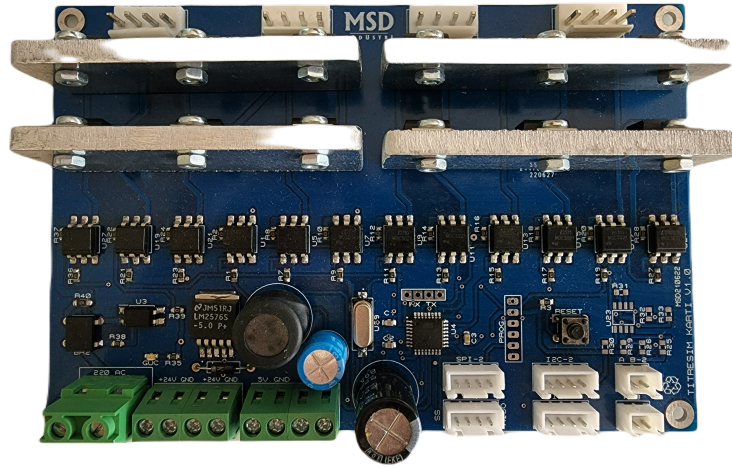
Yapılan anakart Şekil 3.1 ile diğer kartlar arasında haberleşme protokelleri bulunmaktadır. Bunlar RS485, RS232, I2C protokolleridir. Anakartta kullanılan işlemci Atmel AT-MEGA64A AU TQFP-64 8 bit 16MHz mikrodenetleyici ürünü TQFP-64 kılıfta olup 16MHz frekansı ile çalışan 8 bit değerinde mikrodenetleyici çeşitlerindedir. Üzerinde bulunan 64 pinin 55 adedi I/O yani giriş çıkış pinidir. Bellek tipi FLASH olan bu mikrodenetleyiciler 2.7V ile 5.5V besleme aralığında, -55 C° ile +125 C° sıcaklıkları aralığında çalışmaktadır.



Şekil 3.1: Tasarlanan anakart

Anakartta işlenen veri, manyetik titreşim kartına Şekil 3.2 I2C haberleşmesi ile gönderilir. Ekran üzerinden kaydedilen ayarları uygulayan manyetik titreşim kartı trafolarına,

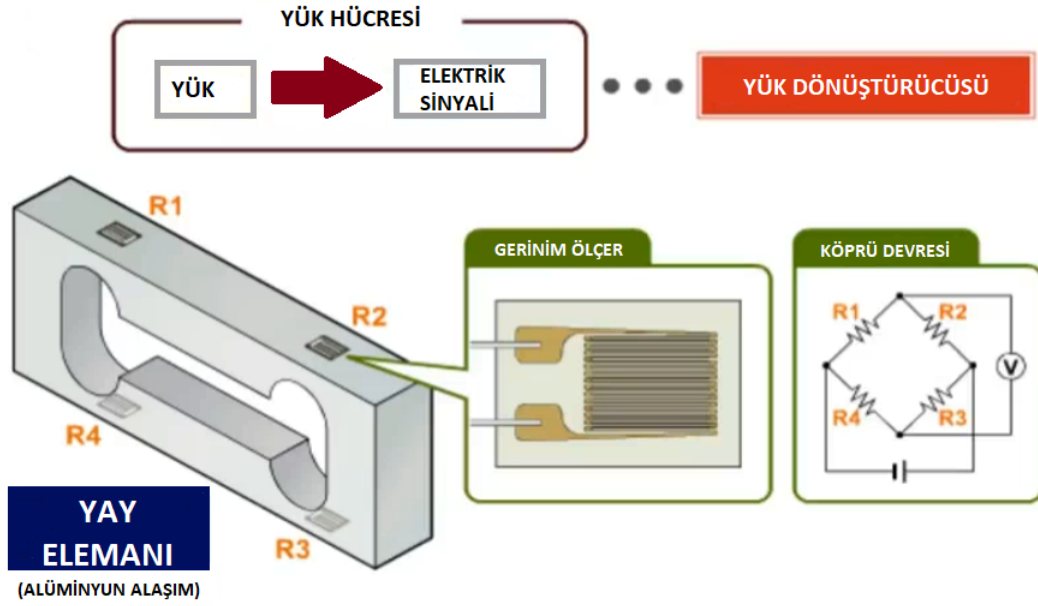
belirtilen güçte ve sürede elektrik sinyalini verir böylece yukarda bulunan tanecikler üst kısımda bulunan hazırlık kefesine düşer. Manyetik titreşim kartında bulunan Atmel ATMEGA328PU-KR TQFP-32 8 bit 20MHz mikrodenetleyici ürünü TQFP-32 kılıfta olup 20MHz frekansı ile çalışan 8 bit değerinde mikrodenetleyici çeşitlerindedir. Üzerinde bulunan 32 pinin 23 adedi I/O yani giriş çıkış pinidir(Barrett & Pack, 2012). Bellek tipi FLASH olan bu mikrodenetleyiciler 1.8V ile 5.5V besleme aralığında, -40 C° ile +85 C° sıcaklıkları aralığında çalışmaktadır. Manyetik titreşim kartında istediğimiz gücün trafolarla aktarılabilmesi için zero crossing yöntemi kullanılmıştır (Mallat, 1991).



Şekil 3.2: Tasarlanan manyetik titreşim kontrol kartı

Yük hücresi (Load Cell), üzerine etki eden bir yükü ve ya kuvveti elektronik bir sinyal haline dönüştüren bir sensör veya bir dönüştürücüdür. Bu elektronik sinyal, yük hücresi ve devrenin türüne bağlı olarak voltaj değişikliği, akım değişikimi veya frekans değişikimi olabilir.

Esneklik ve yay elemanından meydana gelen deformasyon wheatstone köprüsü üzerinden bir elektrik sinyali olarak çıktılır. Elde edilen bu sinyal mikroişlemci tabanlı bir göstergede işlenerek, kuvvet ya da ağırlık bilgisi olarak gösterilir. Şekil 3.3'de genel yük hücresi görüntüsü verilmiştir.

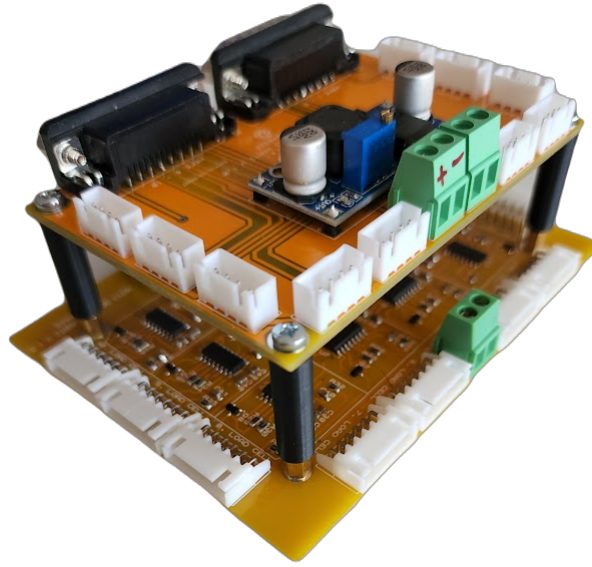


Şekil 3.3: Yük hücresi yapısı (İshidaeurope, 2022)

Wheatstone köprüsü, elektriksel dirençleri karşılaştırmaya ya da ölçmeye yarayan elektrik devresidir. Dört direncin kare oluşturacak biçimde birbirine bağlanmasından oluşur. Orta büyüklükteki dirençlerin tam doğru ölçülebilmesi için kullanılacak en uygun yöntem "Wheatstone köprüsü" yöntemidir (Hoffmann, 1974).

Kalibrasyon, dilimize Fransızca'dan geçmiş bir sözcüktür. Herhangi bir ölçüm cihazının elde ettiği değer ve verileri başka cihazlar ile ölçerek doğrulama işlemi kalibrasyon olarak adlandırılır. Bu işlem metroloji bilimi standartlarına göre yapılır ve aletin doğru sonuçlar vermesi gerekir. Ölçüm ortam şartları, prensipler, teknolojiler ve

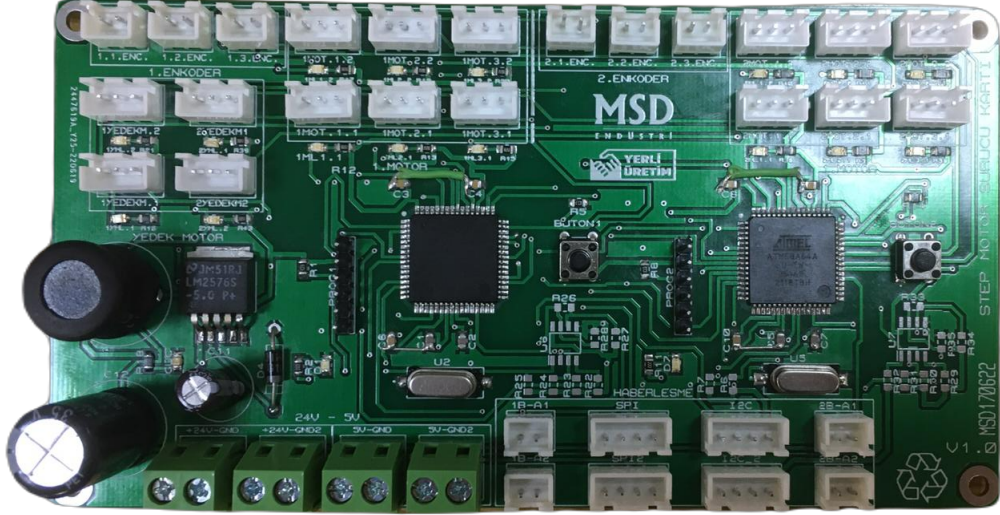
ölçüm değerleri dikkate alınarak yapılır ve sonuçların belli standartlara uyması beklenir. Basınç ile ağırlık ölçen yük hücresi ürünlerinin doğru sonuçlar verdiğinden emin olmak için kalibrasyon işlemi yapılır. Load cell ürünlerinin ölçüm standartları, diğer cihazlar ile kontrol edilir. Yük hücresinin mevcut bir hatası söz konusuysa belli standartlara göre düzeltilmeye ve giderilmeye çalışılır. Diğer yandan kalibrasyonun her aşamasında elde edilen sonuçlar raporlanır ve bu raporlar üretimi iyileştirmek için kullanılır. (*Load cell (yük hücresi)*, 2022)



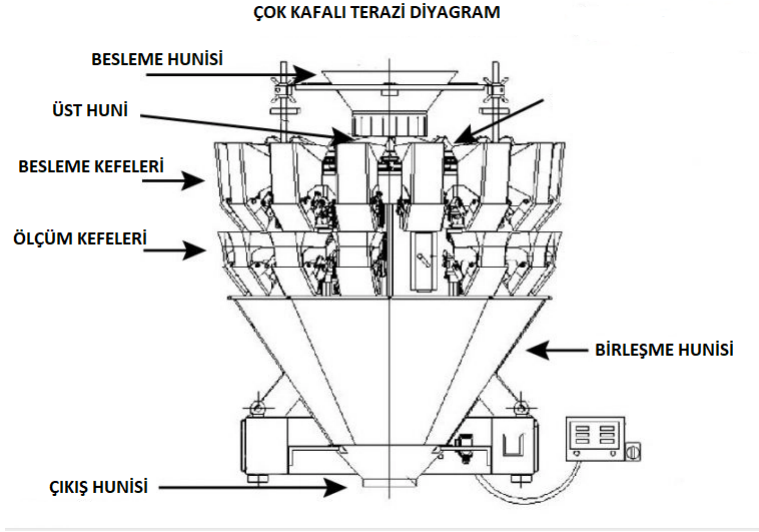
Şekil 3.4: Tasarlanan yük hücresi ADC kartı ve modüler dağıtıcı kartı

Step motorlar ve enkoderleri okumak için tasarladığımız kart Şekil 3.5'te gösterilmiştir. Kart tasarımı yapılırken enkoderlerin işklemcinin kesme bacaklarına bağlanmasına özen gösterilmiştir(Badrinarayanan, Kendall, & Cipolla, 2017). Step motor, diğer geleneksel elektrik motorlardan oldukça farklı adından da anlaşılabiliceği üzere gibi hareketini adım adım yapabilen bir elektrik motorudur. Bu sebepten konum ve pozisyon kontrollerinin çok hassas olması gereken yerlerde vazgeçilmez bir motor tipi olarak diğer elekt-

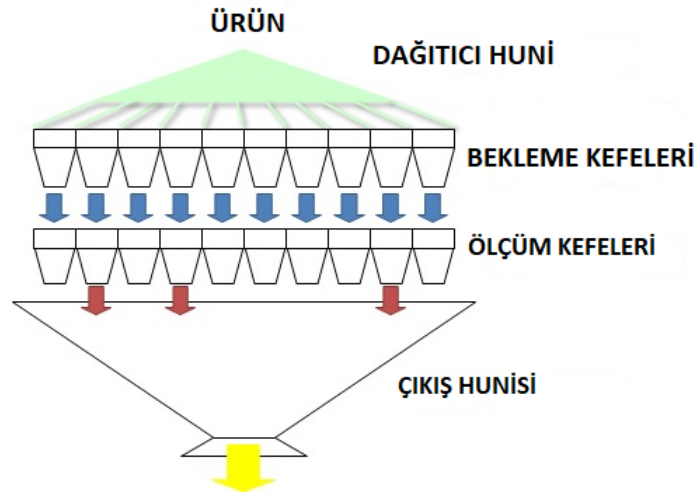
rik motorlarının önünde yer almaktadır(Aydeniz, 1998). Kefelerin açılıp kapanması için belli bir açı vermemiz gerektiğinden step motor kullandık. Step motor sürmek, DC motoru sürmekten biraz daha karmaşıktır. Step motorlar, motorun dönmesini sağlamak için fazları enerjilendirmek üzere bir adım kontrolörü gerektirir. Step motorları TB6600 step motor sürücü ile sürdük. (Le, Cho, & Jeon, 2006; Karaca, Hüseyin, & Özcerit, 2003).



Şekil 3.5: Step motor ve enkoder kontrol kartı



Şekil 3.6: Çok kefeli terazinin teknik çizimi (*Diagram of Multi-Head Weigher Parts*, 2022)



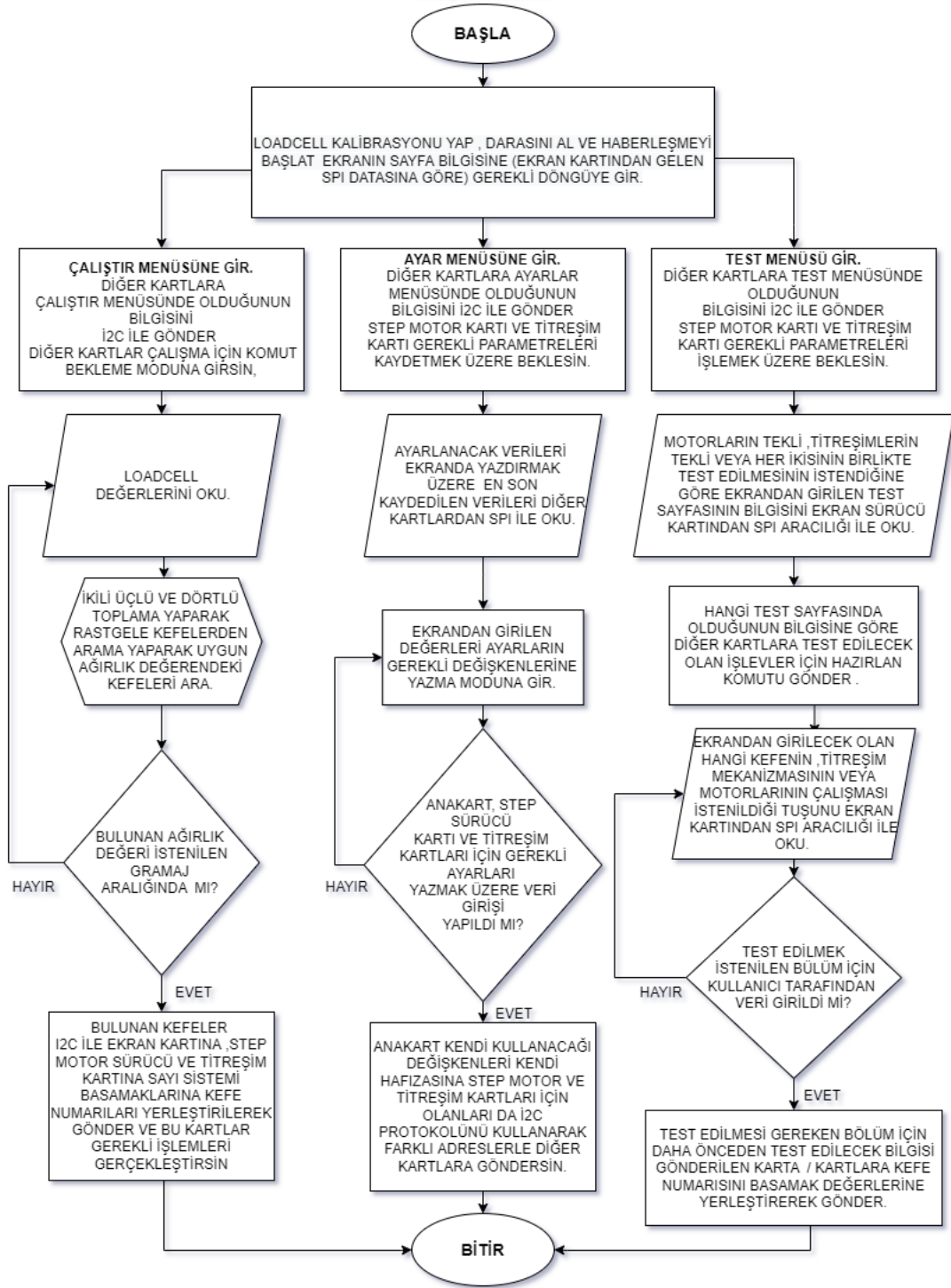
Şekil 3.7: Çok kefeli terazilerin çalışma izahı (*A single-layered multihead weighing machine.*, 2022)

4. KEFELERİN OTOMATİK BELİRLENMESİ

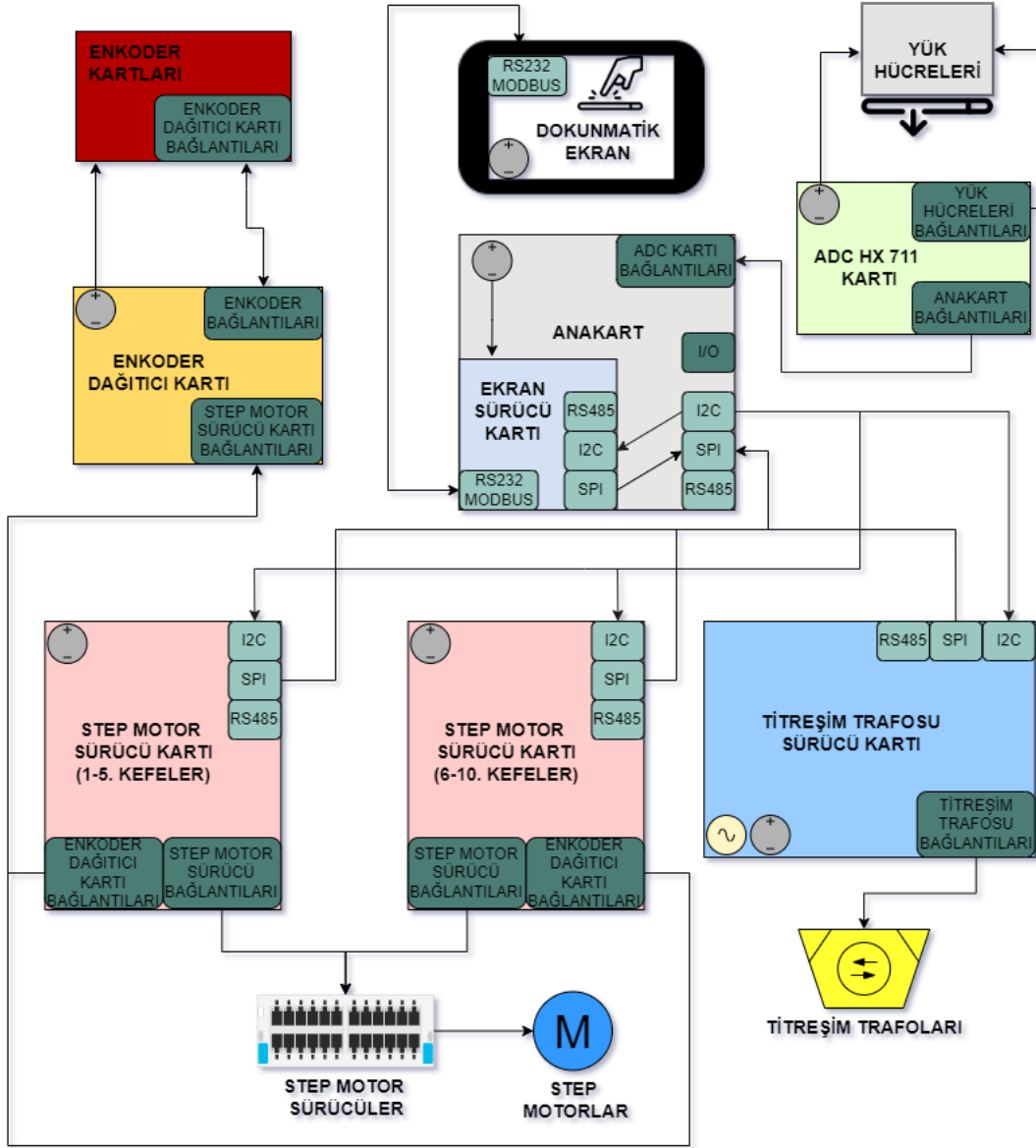
4.1. Kefelerin Otomatik Belirlenmesine Genel Bakış

Tez kapsamında yapılan algoritmik çalışmalar gerçek çok kefeli terazi makinesi üzerinde yapılmıştır. Bu çalışmalar paketleme süresinde hızlandırma, hedef ağırlık miktarını tutturma, operatör tarafından makinenin ayarlarını ekrandan değiştirilme üzerine yapılmıştır. Bu çalışmalar sayesinde ürünlerin paketleme sırasında kaybedilen zamana yönelik gerçekleşen maliyetlerin düşmesi sağlanacaktır. Çok kefeli terazi sürecinde çalışmalar yapılırken tercih edilen yazılım dili C'dir. Oluşturulan mimaride kefelerin çalışma prensibi Şekil 4.1'de verilmiştir. Kefeler hedeflenen grama göre kendine en uygun ikili, üçlü, dörtlü olarak paketleme yapmaktadır. Kefelerin ikili, üçlü ve dörtlü seçimlerini sistem tarafından otomatik belirlenir. Kefeler kendine en uygun olan paketleme sistemine göre açılır. Kefelerin açılmasının otomatik belirlenmesi, besleme kaynaklarından kaynaklı hatalarının önüne geçti ve paketleme sürecinde hızlandırma gerçekleşti. Açılan kefeler şekildeki gibi koyu renkli olmakta ve ekran üzerinde gösterilmektedir. Çok kefeli terazinin çalışma sisteminin ekran üzerinden incelemek mümkündür. Kefelerin sistem tarafından otomatik belirlenmesi üzerine çalışmalarda çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

ÇOK KEFELİ HASSAS TERAZİLER İÇİN GÖMÜLÜ SİSTEM TASARIMI
AKIŞ DİYAGRAMI



Şekil 4.1: Tasarladığımız sistemin çalışmasına ait akış diyagramı



Şekil 4.2: Gömülü sistem tasarımı

4.2. Yazılım Üzerine Gerçekleştirilen Çalışmalar

Kefelerin sistem tarafından otomatik belirlenmesi sürecinde ilk yapılan araştırmalar ve geliştirmeler yazılım üzerine olmuştur. Terazinin haberleşme ve hız konusunda

ihtiyaçlarını karşılamak için C++ dili kullanılması uygun görülmüştür. Gerçekleştirilen yazılım elektronik kart, ekran ve terazi de kefelerin ve besleme kanallarının çalıştırılması için gerekli olan elektronik sistemlerde haberleşme özelliğine sahiptir. Haberleşme protokolü olarak anakart üzerinden gönderilen veriler için I2C protokolü kullanılmıştır ancak I2C protokolü temelde 8 Bitlik bir veri transferine imkan sağladığından gönderilen verilerin içerisinde daha fazla bilgi saklanması gerektiği için I2C verilerini diğer mikrodenetleyicilere paket halinde yani verileri 2 kere yollayarak karşı taraftan 16 bitlik bir çıktı aldık bu 16 bitlik çıktı ise bize 10 adet kefenin ve makinenin alt bölümünde bulunan boşaltma kefesini kontrolü için tek bir paket haberleşme verisi içerisinde basamaklara çalıştır bilgisi yerleştirerek rahat bir şekilde kullanım olanağı sağlamıştır. Step motor sürücü kartı, titreşim trafoları sürücü kartı ve ekran kartından anakarta Şekil 3.1 gönderilecek veriler için ise SPI haberleşme kullanılmıştır SPI içinde I2C de olduğu gibi 8 Bitlik veriler on adet kefe ve bir adet boşaltma kefesinin ekrandan gelecek olan test ve parametre bilgilerini saklamak için gereken veri büyüklüğünü karşılayamamaktadır burada da I2C’de olduğu gibi paket veri yollama yoluna gidildi ve bu sayede tek bir veri yollayarak döngü bilgisi ve çalıştır bilgileri 16 bitlik verilerle rahatça iletilebilmiştir. (Mankar, Darode, Trivedi, Kanoje, & Shahare, 2014)

Ekran ile ekran kartı arasında 8 bitlik Modbus RTU Hex Adress protokolü kullanılmıştır ancak burada protokol bize on adet adres sağladığı için tek veri içerisinde 10 adet 8 bitlik veri alışverişine imkan sağladığından herhangi bir haberleşme üzerinde eklentiye ihtiyaç duyulmamıştır, haberleşme birimi olarak ise RS232 kullanılmıştır. Paketleme işleminde kefelerin sistem tarafından otomatik belirlenmesi için algoritma geliştirilmiştir. Kefelerin çalıştırılma için test aşamasında on kefeli terazi kullanılmıştır. Oluşturulan algoritmaya göre sistem çalıştırılmaya başlaması ile birlikte besleme kaynakları çalışır. Ölçüm işlemi gerçekleşmeyen kefeye dolmuş işleminden sonra ölçüm yapılan kefelere paketlenen ürünler aktarılır. Ölçüm yapılacak kefelerin dolması ile birlikte kefelerin gramları

ölçülmeye başlanır. Algoritma tarafından kefelere istenilen ağırlığa göre toplam ağırlığı bulması beklenir. Bulma işleminde ikili, üçlü ve dörtlü olarak kefelere toplanır ve en uygun ağırlık toplamı belirlendiğinde kefelere paketlenmek üzere açılır. Paketleme işlemi gerçekleşmesi ile sistem ağırlık bulma işlemine, operatör çok kefelere teraziye kapatana kadar veya sistemde paketlenen ürün bitinceye kadar devam eder. Çalışmalarda kullandığımız bazı kodlar Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’de verilmiştir. (Guarese, Sieben, Webber, Dillenburger, & Marcon, 2012; Leens, 2009)

Yapmış olduğumuz prototipte üst limit, toplam ağırlık, bulma süresi, motor bekleme süresi ve titreşim süresi ayarlarını girdikten sonra bir dakika içinde bulmuş olduğu hedef ağırlığın tablosu Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Burada yapmış olduğumuz prototipin dakikada ortalama 42 adet hedef ağırlık bulduğu görünmektedir. Bu sonuç piyasada bulunan makinelerin hedeflerine oldukça yakındır. Üst limit yazan kısımda hedef ağırlıktan ne kadar fazla miktara çıkabileceğidir. Toplam ağırlık yazan kısım girmiş olduğumuz hedef ağırlıktır. Motor bekleme süresi step motorların kendi arasındaki bekleme süresidir. Titreşim süresi ise besleme kanallarında bulunan titreşim trafosunun kaç ms çalışacağını ayarlamaktadır, taneciklerin üst kefelere döküleceği miktarı etkileyen en önemli ayardır.

```
420     if ((sayi1 != sayi2)&&(tart[sayi1] != 0)&&(tart[sayi2] != 0) && (toplamsic == 0)&&((buldurmasayisi == 2)
421     || (buldurmasayisi == 5) || (buldurmasayisi == 6) || (buldurmasayisi == 9)) )
422     {
423         toplam2li = tart[sayi1] + tart[sayi2] ;
424         if (((gram - lowlimit) <= toplam2li ) && ((gram + uplimit) >= toplam2li) && toplam2li != 0
425         || (toplamsic == (gram))) && (fark > bulmadelay) && agirlikAra == 0 ) {
426             agirlikAra = 1;}
427         if (((gram - lowlimit) <= toplam2li ) && ((gram + uplimit) >= toplam2li) && toplam2li != 0
428         || (toplamsic == (gram))) && (fark > bulmadelay))
429             eskiZaman = yeniZaman;
430             fark = yeniZaman - eskiZaman;
431             toplamsic = 2;
432             agirlikAra = 0; }
433     }
```

Şekil 4.3: İki kefelere toplamlarının yapıldığı kod uygulaması

```

450 if ((sayi1 != sayi2)&&(sayi2 != sayi3)&&(sayi1!=sayi3)&&(tart[sayi1] != 0)&&(tart[sayi2] != 0)&&(tart[sayi3] != 0)
451 && (toplamsSec==0)&&((buldurmasayisi == 3)|| (buldurmasayisi == 5)|| (buldurmasayisi == 7)|| (buldurmasayisi == 9))) {
452     toplam = tart[sayi1] + tart[sayi2] + tart[sayi3];
453     if (((gram - lowlimit)<=toplams)&&((gram+uplimit)>=toplams)&&toplams!=0|| (toplams==(gram))&&agirlikAra==0){
454         agirlikAra = 1; }
455 if (((gram-lowlimit)<=toplams)&&((gram+uplimit)>=toplams)&&toplams!= 0|| (toplams==(gram))&&(fark > bulmadelay)){
456     eskiZaman = yeniZaman;
457     fark = yeniZaman - eskiZaman;
458     toplamsSec = 3;
459     agirlikAra = 0;}
460 }

```

Şekil 4.4: Üç kefe toplamlarının yapıldığı kod uygulaması

```

478 if ((sayi1 != sayi2)&&(sayi2 != sayi3)&&(sayi1 != sayi3)&&(sayi1 != sayi4)&& (sayi2 != sayi4) &&
479 (sayi3!=sayi4)&&(tart[sayi1]!=0)&&(tart[sayi2]!=0)&&(tart[sayi3]!=0)&&(tart[sayi4]!=0)&&(toplamsSec == 0)
480 && ((buldurmasayisi == 4) || (buldurmasayisi == 6) || (buldurmasayisi == 7) || (buldurmasayisi == 9))) {
481     toplam4lu = tart[sayi1] + tart[sayi2] + tart[sayi3] + tart[sayi4];
482     if (((gram - lowlimit) <= toplam4lu ) && ((gram + uplimit) >= toplam4lu) && toplam4lu != 0
483         || (toplams4lu == (gram)) && agirlikAra == 0 ) {
484         agirlikAra = 1;
485     }
486 if (((gram - lowlimit) <= toplam4lu ) && ((gram + uplimit) >= toplam4lu) && toplam4lu != 0
487 || (toplams4lu == (gram)) && (fark > bulmadelay)) {
488     eskiZaman = yeniZaman;
489     fark = yeniZaman - eskiZaman;
490     toplamsSec = 4;
491     agirlikAra = 0;
492 }
493 }

```

Şekil 4.5: Dört kefe toplamlarının yapıldığı kod uygulaması

4.3. Ekran Üzerinde Gerçekleştirilen Çalışmalar

Çok kefe terazilerde yapılan yazılımsal çalışmaların kontrol edilmesi, çalıştırılması ve testlerin yapılması için ayar sisteminin gerekli olduğu düşünüldü. Yapılan çalışmalar ile ekran tasarımları yapıldı. Ekran ekran kartı ve sistem ile haberleşme özelliğine sahiptir. Piyasada bulunan makinelerle göre daha sade ve kullanıcı arayüzü kolay bir ekran tasarlanmıştır. Ayrıca ekran üzerinden otomatik modunu seçebilmekteyiz. Makinenin ana ekranında kefeleden okunan ağırlık bilgileri hedef ağırlık, üst limit, alt limit, titreşim bulma süresi, titreşim gücü ve saniyesi, boşaltma süresi gibi bilgiler Şekil 6.1’te gösterilmektedir. Ana menü ekranında çalışma menüsü, manuel test, kalibrasyon

İstenilen Ağırlığı Bulma Performans Tablosu					
Üst limit(gr)	Toplam ağırlık(gr)	Bulma süresi(ms)	Motor bekleme süresi(ms)	Titreşim süresi(ms)	Bulma adeti(1 dk içinde)
2	100	800	750	950	42
2	100	800	750	950	40
2	100	800	750	950	42
2	100	800	750	950	41
2	100	800	750	950	43
2	100	800	750	950	43
2	100	800	750	950	44

Tablo 4.1: Ayarlanan değerler ile 1 dakika içinde bulunduğu hedef ağırlığın sayısı gösterilmiştir.

ve ayarlar gibi Şekil 6.1'deki gibi kısayollar bulunmaktadır. Şekil 6.2'de yazan numaralar, çok kefeli terazide kefelerin numarasına eşdeğerdir program ayarları menüsünde Şekil 6.3'te gösterildiği gibi hedef ağırlık, üst limit, alt limit, bulma süresi ve kefe açma sayısını belirleme ayarları bulunmaktadır.

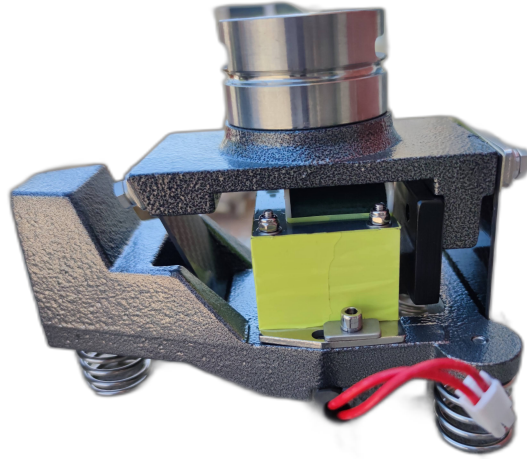
4.4. Mekanik Çalışmalar

Yazılım algoritmasının temellerinin atılabilmesi için Şekil 4.6'da görülen basit bir terazi sistemi geliştirilmiştir. Oluşturulan terazi sisteminde on tane loadcellden ölçüm yapılarak ilk çalışmalar yapılmış ve kefelerin hedef ağırlığı belirlenmesi için algoritmanın temelleri atılmıştır. Basit mekanizma ile çalışmalar yapılırken istenilen sonucu elde edilmesinde zorluk yaşanmış gerçek bir makinenin mekanik sistemleri kullanılarak çalışmalar yapılması kararlaştırılmıştır. Gerçek mekanizma olarak on kefeli terazi tercih edilmiştir. Bu makine ile çalışmaların hızlandırmasını sağlamıştır. Besleme kanalları için 50w gücünde trafo yaptırılmıştır. Trafonun karşısına metal bir Şekil 4.7 deki gibi bir

metal parça yerleştirilmiş olup fiber bir malzeme ile doğrusal titreşim oluşturulmuştur.



şekil 4.6: Yapılan prototipin genel görünümü



şekil 4.7: Manyetik titreşim mekanizması tasarımı

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

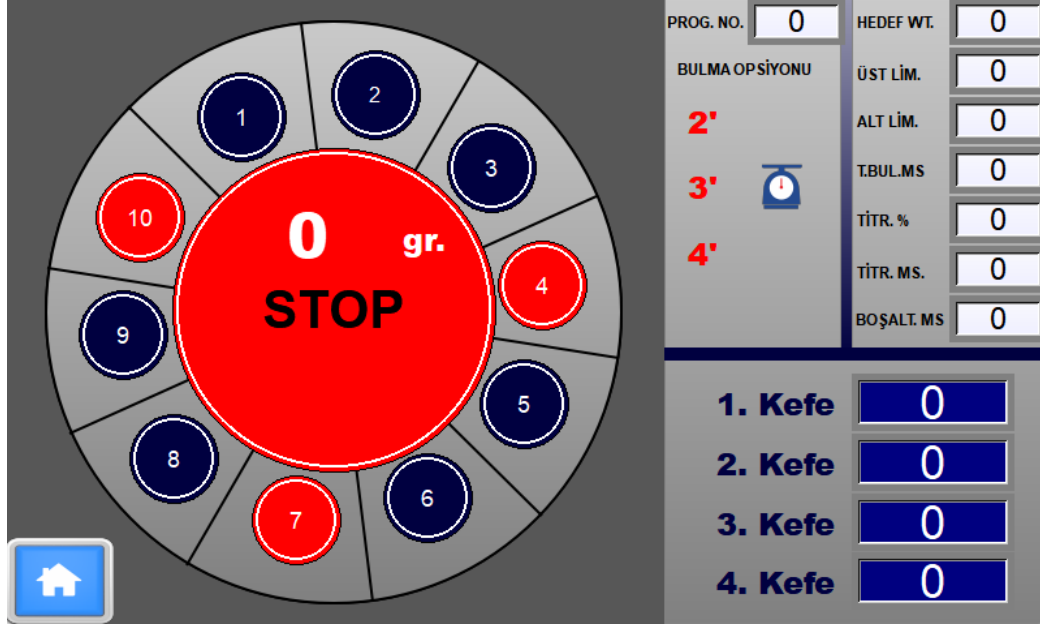
Çok kefeli terazi makinesi birden fazla özellikli sistemin birleşmesi ile tam istenilen sonuca ulaşabilecek yapıya sahiptir. Bu yapılardan birinin hatalı veya arızalı olma durumunda paketleme sürecinde hatalar meydana gelebilir. Çok kefeli terazi de mekanik bakımlarının yapılması paketleme sürecinin değişmesinde önemli bir etkene sahiptir. Mevcut çok kefeli terazi sisteminde paketleme sürecinde sistem tarafından otomatik ayarlama yapılamayan durumlar vardır. Operatör paketleme sürecinde karşılayacağı tüm ihtimalleri göz önünde bulundurarak kendi ayarlarını yapmak durumunda kalmaktadır. Bu süreç, karşılaşılan senaryoların çeşitliliğini ve bu senaryolar sırasında farklı paketlemelerin olacağı göz önünde bulduğunda normalden fazla emek gerektirir ve extra maliyetlidir.

Mevcut çok kefeli terazi sisteminde paketleme sürecinde sistem tarafından otomatik ayarlama yapılamayan durumlar vardır. Operatör paketleme sürecinde karşılayacağı tüm ihtimalleri göz önünde bulundurarak kendi ayarlarını yapmak durumunda kalmaktadır. Bu süreç, karşılaşılan senaryoların çeşitliliğini ve bu senaryolar sırasında farklı paketlemelerin olacağı göz önünde bulduğunda normalden fazla emek gerektirir ve extra maliyetlidir.

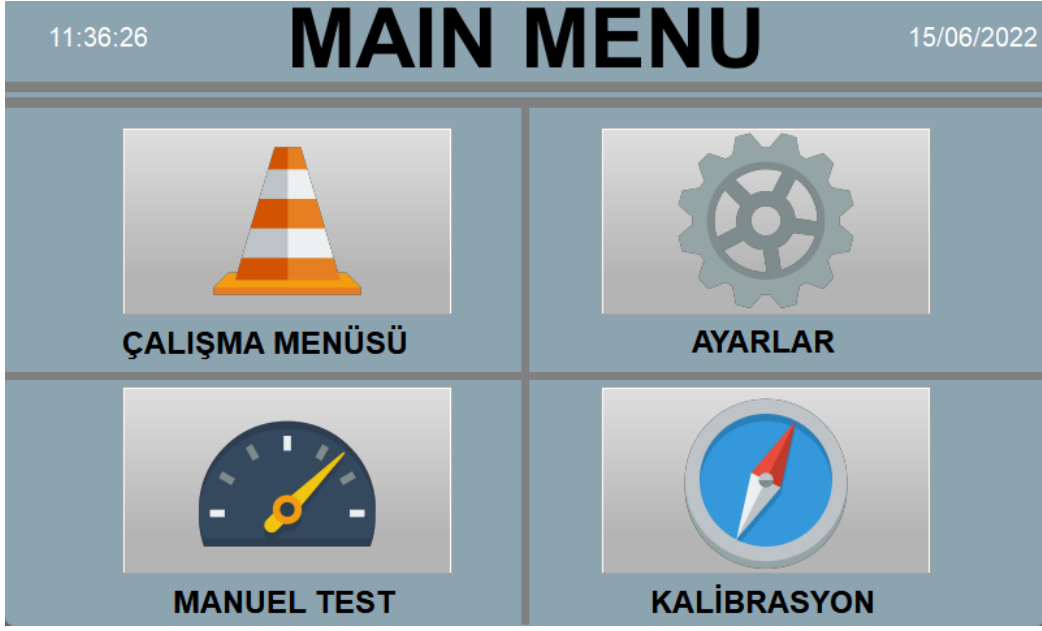
Çok kefeli terazi makinesi tezde belirtilen teknikler ile geliştirilmesi ve geliştirme sonucu testlerin sonuçları bulunmaktadır. Bu sonuçlardan ilki kefelerin sistem tarafından otomatik belirlenmesi algoritması besleme kaynaklarında oluşan hataların giderilmesi ve buna bağlı olarak paketleme süresinde azalma gözlenmiştir. Ulaşılan ikinci sonuç mekanik gelişmelerin ve kefe sayısının artırılmasının doğrudan paketleme süre-

cinin etkilediğini görölmüştür. Ekran üzerinde yapılan ayar değişikliği operatörün işini kolaylaştırmış ve personelin ayar için zaman kaybetmesi sorunu ortadan kalkmıştır. İlerleyen süreçte gerçekleştirilen mekanik gelişmeler ve algoritmik çalışmalar paketleme sürecinin azalmasının mümkün olduğunu gösterir.

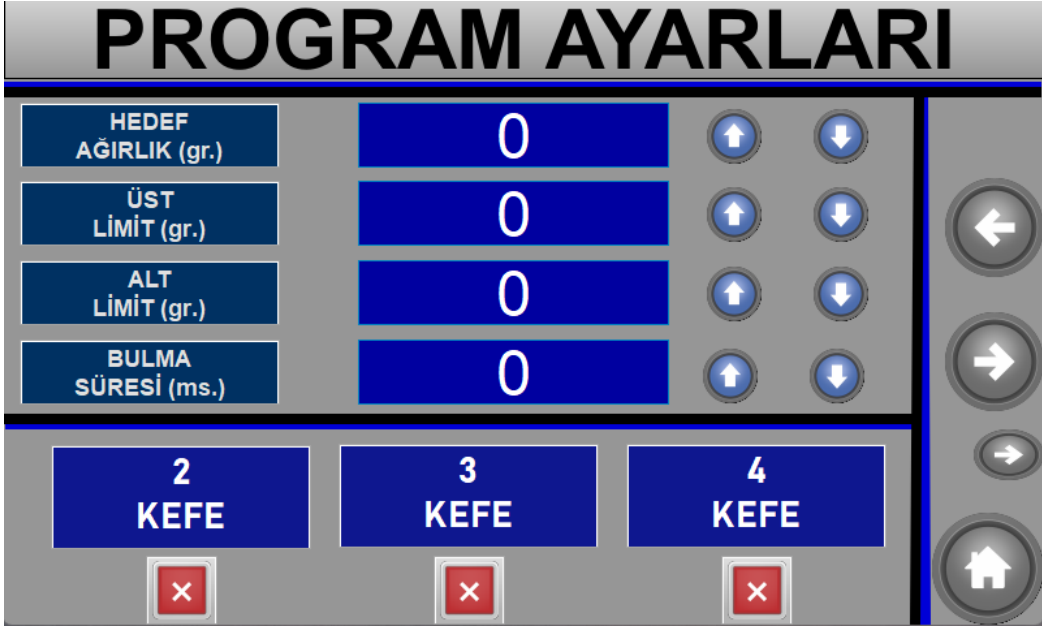
6. EKLER



Şekil 6.1: Ana ekran görüntüsü



Şekil 6.2: Ana menü görüntüsü



Şekil 6.3: Program ayarları

KAYNAKLAR

- Aydeniz, M. G. (1998). Step motor kullanılarak laser pointer'in yön kontrolü.
- Badrinarayanan, V., Kendall, A., & Cipolla, R. (2017). Segnet: A deep convolutional encoder-decoder architecture for image segmentation. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 39(12), 2481–2495.
- Barrett, S. F., & Pack, D. J. (2012). Atmel avr microcontroller primer: Programming and interfacing. *Synthesis Lectures on Digital Circuits and Systems*, 7(2), 1–244.
- Beretta, A., Semeraro, Q., & Castillo, E. d. (2016). On the multihead weigher machine setup problem. *Packaging Technology and Science*, 29(3), 175–188.
- Diagram of multi-head weigher parts*. (2022). <https://www.gtpack.com/.html>. (Erişim tarihi 15/06/2022)
- Dynamic quantitative packaging system*. (2022). <https://www.toolots.com/.html>. (Erişim tarihi 15/06/2022)
- Garcia, E. E., Kimura, C., Martins, A. C., Rocha, G. O., & Nozaki, J. (1999). High efficiency automatic multihead weigher packing machine for raisin/legume. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 42(3), 281–290.
- Guarese, G. B., Sieben, F. G., Webber, T., Dillenburg, M. R., & Marcon, C. (2012). Exploiting modbus protocol in wired and wireless multilevel communication architecture. In *2012 brazilian symposium on computing system engineering* (pp. 13–18).

- Hoffmann, K. (1974). *Applying the wheatstone bridge circuit*. HBM Darmstadt, Germany.
- Ishida. (2022). *Multihead weighers*. <http://www.ishida.com/ww/en/products/weighing/ccw/>. (Erişim tarihi 15/06/2022)
- Karaca, A., Hüseyin, E., & Özcerit, A. (2003). Kontrol alan aglari (can) kullanilarak step motor kontrol uygulaması. *Sakarya University Journal of Science*, 7(2), 146–149.
- Keraita, J. N., & Kim, K.-H. (2007). A weighing algorithm for multihead weighers. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 8(1), 21–26.
- Keraita, K.-H., J.N.; Kim. (2006). A study on the optimum scheme for determination of operation time of line feeders in automatic combination weighers. *j. mech. sci. technol. CrossRef*, 18(20), 1567–1575.
- Le, N. Q., Cho, J. U., & Jeon, J. W. (2006). Application of velocity profile generation and closed-loop control in step motor control system. In *2006 sice-icase international joint conference* (pp. 3593–3598).
- Leens, F. (2009). An introduction to i2c and spi protocols. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 12(1), 8–13.
- Lim, G. (1997). On the conveying velocity of a vibratory feeder. *Computers & structures*, 62(1), 197–203.
- Load cell (yük hücresi)*. (2022). <https://www.erenalga.com.tr/>. (Erişim tarihi 15/06/2022)
- Mallat, S. (1991). Zero-crossings of a wavelet transform. *IEEE Transactions on Information theory*, 37(4), 1019–1033.
- Mankar, J., Darode, C., Trivedi, K., Kanoje, M., & Shahare, P. (2014). Review of i2c protocol. *International Journal of Research in Advent Technology*, 2(1).
- Narkhede, P., Dhawale, R., & Karthikeyan, B. (2016). Microcontroller based multihead weigher. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(30), 1–5.

A single-layered multihead weighing machine. (2022). <https://www.researchgate.net/>.

(Erişim tarihi 15/06/2022)

İshidaeurope. (2022). *Multihead weighers.* <https://www.ishidaeurope.com/>. (Erişim

tarihi 15/06/2022)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Muhammet Sefa DAĞ

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	: KTO Karatay Üniversitesi	Eylül-2022
Lisans	: KTO Karatay Üniversitesi	Haziran-2018
Lise	: Selçuklu ATL - Elektronik Bölümü	Haziran-2013

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2016	Medikal 2000 (Staj)	Stajyer Mühendis
2017	THK Mühendislik (Staj)	Stajyer Mühendis
2018	Konya Büyükşehir Belediyesi-Deneyap Atölyeleri ve bazı özel kuruluşlar	Robotik kodlama ve Elektronik Programlama Eğitmeni
2019	Allfabe	Elektronik Arge Mühendisi
2020	MSD ENDÜSTRİ	Kurucu Elektrik Elektronik Mühendisi