



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

150Kg KAPASİTELİ
50gr HASSASİYETLİ
ELEKTRONİK TARTIM
SİSTEMİ

Elektronik Müh. Murat DURSUN

F.B.E. Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
Anabilim Dalı Elektronik Programında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Şefik SARIKAYALAR

İSTANBUL, 1996

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	IV
İNGİLİZCE ÖZET	V
1 GİRİŞ	1
2 YÜK HÜCRESİ	5
2.1 Mekanik model	6
2.2 Uzama dönüştürücüsü	10
2.2.1 Dönüştürücü şekilleri	13
2.2.2 Yapıştırılmaz uzama dönüştürücüleri	16
2.3 Uzama dönüştürücüsü bağlantıları	17
3 GERÇEKLEŞTİRİLEN SİSTEM	20
3.1 Köprü uyarma devresi	21
3.2 Analog kuvvetlendirici	22
3.3 Aktif alçak geçiren filtre	25
3.4 Analog dijital çevirici	27
3.4.1 Çift eğimli dönüştürücünün temel esasları	28
3.4.2 7135 in işletim teorisi	29
3.4.3 7135 analog kısım tanımlamaları	31
3.4.4 7135 dijital kısım tanımlamaları	31
3.4.5 7135 çevre elemanlarının seçimi	34
3.5 Sayısal bilgi işleme	37
3.5.1 Donanım kısmı	37
3.5.2 Yazılım	39
4 SONUÇLAR VE ÖNERİLER	40
KAYNAKLAR	42
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Hazırlanmış olan bu yüksek lisans tezinde elektronik tartım sistemlerinde kullanılmakta olan elemanlar çalışma ve kullanım şekillerine göre incelenmiş, bu bilgiler ışığında 150Kg kapasiteli 50gr hassasiyetli bir sayısal elektronik tartım sistemi tasarlanmıştır.

Ağırlık dönüştürücüsü olarak yük hücresi kullanılmıştır. Yük hücresi mekanik yapı ve bunun üzerine yapıştırılmış uzama dönüştürücülerinden oluşmaktadır. Uygulanan kuvvet ile mekanik yapı elastik olarak esnemekte ve bu esneme uzama dönüştürücülerini ile ölçülmektedir. Dönüştürücü uzama ile direnci değişen bir ızgara şeklinde metal folyedir. Uzama dönüştürücülerinin bağlantı şekli wheatstone köprüsü yapısındadır. Uygun bir referans gerilim kaynağı ile uyarıldığında çıkış uçlarında ağırlık ile orantılı bir fark gerilimi oluşmaktadır.

Yük hücresi çıkışındaki fark sinyali gerekli kararlılıkta ve doğrusalılıkta çalışan fark kuvvetlendiricisi ile yükseltilmektedir. Kuvvetlendirilmiş olan analog sinyal, aktif alçak geçiren filtreden geçirilerek içerisindeki 3Hz'den büyük bileşenler bastırılmaktadır. Filtrelenmiş olan analog sinyal yeterli çözünürlüğe sahip analog dijital çevirici tarafından dijital koda dönüştürülür. Analog dijital çevirici çift eğimli, düşük hatalı ve 4 1/2 dijittir. Çevirici integral tipi çift eğimli olduğundan ortalama sıfır olan gürültüleri süzmektedir. Çalışma hızı düşük (saniyede 3 çevrim) olmasına rağmen, ağırlık ölçümü için yeterli hıza sahiptir.

Dijital koda dönüştürülmüş ağırlık bilgisi yazılmış olan program tarafından mikrodenetleyici ile işlenir. Yapılan işlem dara alma, kalibrasyon ayarı, hassasiyete göre yuvarlatma, göstergeden verinin verilmesi gibidir. Dara işlemi oluşturulan tuş takımından tek tuşa basma ile yapılmaktadır. Dara tuşu aynı zamanda sıfırlama tuşu işleminide görmektedir. Sonuç 6 dijittik bir göstergeden sayısal olarak alınmaktadır.

Tasarlanan sistem istenilen kapasite ve hassasiyet özellikleri sağlamakta olup, 0Kg'dan 150Kg'a kadar yapılan yüklemeleri 50gr hassasiyetle ölçmektedir.

ABSTRACT

In this thesis, components that used in electronic weighing systems have been researched on working and applications techniques and by the obtained data, an electronic weighing system, 150Kg capacity and 50gr resolution have been designed.

Load cell is used for weighing transducer. Load cell consist of two parts, mechanical model and strain gage bonded to mechanical part. Mechanical model is stressed by applied force in the elastic limit of metal. Strain caused by applied force is measured by strain gage. The strain gage is a grid of fine wire. Strain gages are connected, one in each arm of wheatstone bridge. The change in resistance of the strain gage wire due to stretching is converted to a differential analog voltage at the bridge output.

The differential output voltage of the load cell is amplified by a very stable and linear differential amplifier. Noise, greater than 3Hz in amplified analog signal is filtered by an active low pass filter. Filtered analog signal is converted to digital code by an analog digital converter at the sufficient resolution. Selected analog digital converter is dual slope, 4 1/2 digit with a maximum nonlinearity error of 1 count. Because of converter is dual slope and integral type, zero averaged noise is filtered. In spite of working speed of converter is low (3 conversion per second), it is sufficient for weighing system.

Weighing data, converted to digital code is processed by software and hardware. Process is tare, calibration adjust, resolution adjust, displaying the result. Tare is processed by pressing one button and tare key is also zero key. Result is displayed on the six digit LED display.

Designed system is obtained the capacity and resolution specifications and tested by loading the system from 0Kg to 150Kg at the 50gr resolution.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Hammaddeden ürüne, ürünün imalatından tüketiciye ulaşana kadar çeşitli kademelerde tartım ihtiyacı vardır. Tartım işleminin ise hızlı, güvenilir ve pratik bir şekilde yapılması ihtiyacı giderek artmaktadır.

Elektronikteki hızlı gelişmeler ile yakın zamana kadar yaygın olarak kullanılan mekanik tartım sistemleri yerini dijital tartım sistemlerine bırakmak zorunda kalmıştır. Mekanik tartım sistemlerinden elektroniğe geçiş ile kalite, hassasiyet ve güvenilirlik artarken fiyatlar sürekli olarak düşmektedir.

Yük hücresi (Load Cell) adı verilen ağırlık dönüştürücüsünün bulunması ile başlayan elektronik tartı teknolojisi, elektronikteki hızlı gelişmeler ile büyük ilerlemeler kaydetmiştir. Maliyetlerdeki düşüşler ile elektronik tartı aletlerinin fiyatları mekanik tartı aletleri ile rekabet eder hale gelmiştir. Bugün ise orta kapasiteli tartı aletleri ile iki gözlü tartı sistemlerinin mekanik imalatı vardır.

Sayısal ölçüm sistemi ile otomasyonda daha hızlı ve doğru

sonuçlara gidebilme imkanında doğmuştur. Ağırlık bilgisinin bilgisayara aktarılıp bilgisayardan işlemleri izleme, periyodik olarak tartım sonuçlarının ürün hakkındaki bilgilerle birlikte bilgisayara kayıdı ve önceki kayıtları rapor olarak görebilme imkanında vardır. Tartım sisteminden doğrudan yazıcıya bilgi aktarıp tartım sonuçları yazılı olarak alınabilir. Alınan çıktılar bilgi fişleri olabileceği gibi yapışkanlı etiketlere alınacak çıktı ile tartım sonucu ve tartımla ilgili bilgileri içeren etiketler ürüne iliştirilebilir. Hatta market otomasyonunda yaygın olarak kullanılan barkod okuyuculu sistemler için barkod basabilen yazıcıları tartım sistemleride çıkarılmıştır.

Sayısal ağırlık ölçümünün kullanıldığı bir uygulama alanında otomatik dolum ve dozajlama sistemleridir. Manuel veya zamana bağımlı yapılan ölçümlerde hata ihtimali artmakta veya operatöre ihtiyaç duyulmaktadır. Elektronik dolum ve dozajlama sistemleri ile zamandan elde edilen kazancın yanında, hatalı üretim olasılığında ortadan kalkar. Sistem tartıya malzeme alan veya tartıyı boşaltan klepelere aç, kapa sinyalleri ile alarm uyarı sinyalleri verir. Bu işlemler özel tartım sistemleri ile yapılabileceği gibi PLC ile haberleşip tüm sistemin kontrolünü PLC'ye bırakabilir. Bu tip bir sistem tartım ile ilgili bilgileri raporlamak, saklamak ve bu bilgilerin gerektiğinde istatistik amaçlarda değerlendirilmesine imkan sağlamaktadır.

Elektronik tartım sistemi yük hücresi analog sinyal işleyici, analog dijital çevirici ve mikrobilgisayardan oluşmaktadır. Yük hücresi platform üzerindeki ağırlığa göre direnç değişimi göstermektedir. Bu direnç değişimi elektrik sinyaline dönüştürülüp, gerekli ölçekleme ve saha kaydırmaları yapılır, İşlenmiş analog sinyal dijital koda dönüştürülüp kalibrasyon, sıfır ayarları yapılır, Sonuç göstergeden verilir.

Bir ağırlık ölçüm sisteminden beklenen özellikler ise yukarıda belirtilen uygulama alanlarına göre farklılıklar göstermektedir. Fakat yine de kullanılan ülkenin kanunlarında belirtilen şartları sağlamak zorundadır. Aranılan özellikler ise kısaca:

1)Hassasiyet : Göstergeden görülebilen en küçük rakam değişikliğidir, Bu değer 5,10,20,50 ve 100 ile bu rakamların 10 katı değerinde olmaktadır, Türkiyede kullanılmakta olan basküllerdeki hassasiyet ise tam kapasitenin 1/10000'idir, Bu kritere göre 50 kg lık basküldeki hassasiyet 5gr, 1000Kglık basküldeki hassasiyet ise 100 grdır, Buna karşılık daha hassas üretilmekte olan basküllerde bulunmaktadır. Labaratuvar uygulamalarında kullanılmak üzere tam kapasitenin 1/10000'inden tam kapasitenin 1/5000000'i hassasiyetine kadar değişmektedir.

2)Düşük lineersizlik : Ölçülmüş olan ham değer ile ağırlığın gerçek değeri arasındaki fark olan hatanın değeridir.Rastgele değerler almaktadır ve bir fonksiyon ile tanımlanamaz. Toplam hata olarak düşünülebilir. Özel teknikler kullanılarak bu hata giderilebilir. Genellikle yüzde olarak verilir.

3)Sıcaklık bağımlılığı : Elde edilen sonucun sıcaklıkla değişimidir. Özellikle endüstriyel sistemler için düşük sıcaklık katsayılı sistemler gerekmektedir. Değeri ppm/°C olarak verilir.

4) Sürüklenme : Platform üzerine konulan ağırlık için göstergeden okunan değerın çalışma şartları değişmediği halde süreye bağımlı olarak değişimidir.

5) Mekanik sistemin salınımlarından kaynaklanan rakam değişiminin azlığı

6) Seri haberleşme çıkışının olması

7) Paralel yazıcıya çıkışının bulunması

8) Harici göstergeye çıkışının bulunması

9) Tuş takımından sıfırlama özelliği

10) Elle dara girme

11) Eşit ağırlığa sahip parçaların sayılması ve değerlerin hafızaya yüklenmesi

12) Girilen birim fiyat üzerinden tutar hesabı

13) Birim fiyatların hafızada saklanması

14) Toplam değerlerin hafızaya yüklenmesi

15) Gerçek zaman saati

16) Dolum ve dozajlama sistemleri için röle sürücü çıkışının bulunması



BÖLÜM 2

YÜK HÜCRELERİ

Elektronik tartım sisteminde uygulanan kuvveti elektrik sinyaline dönüştüren pasif bir dönüştürücüdür. Kuvvetin kaynağı platform üzerine konulan kütlenin ağırlığıdır. Kütle merkeze doğru yer çekiminin etkisi ile bir kuvvet uygulamaktadır. Uygulanan kuvvet dönüştürücüde elastik bir şekil değişimine sebep olmakta, bu şekil değişikliği uzama dönüştürücüleri ile rezistif olarak algılanmaktadır. Esas ölçülen kuvvet olduğundan sistem cismin kütlesini değil ağırlığını ölçmektedir. Dönüştürücüde bir kuvvet-rezistif dönüştürücüsü olmaktadır.

Yukarıda kısaca anlatılmış olan dönüştürücü rezistif dönüştürücü olup dönüştürücü çeşitleri piezo-elektrik, endüktif ve rezistif olmaktadır. Bunlardan başka, manyetik alan içerisinde iletken bir telin etkileşiminden faydalananarak tamamen dijital yük hücreleride üretilmiştir.(1) Ancak en az hata ile en çok uygulama alanı bulan yük hücresi rezistif yük hücreleridir. Halen kullanılmakta olan platform baskülleri, kamyon kantarları, market tipi teraziler ve tank tartımı uygulamaları ile vinç basküllerinin tamamında veya tamamına yakınında rezistif tip yük hücreleri kullanılmaktadır.

Rezistif yük hücreleri, üzerine uygulanan kuvvet ile orantılı direnci değişen bir yapıya sahiptir. Yük hücresi iki ana kısımdan oluşmaktadır.

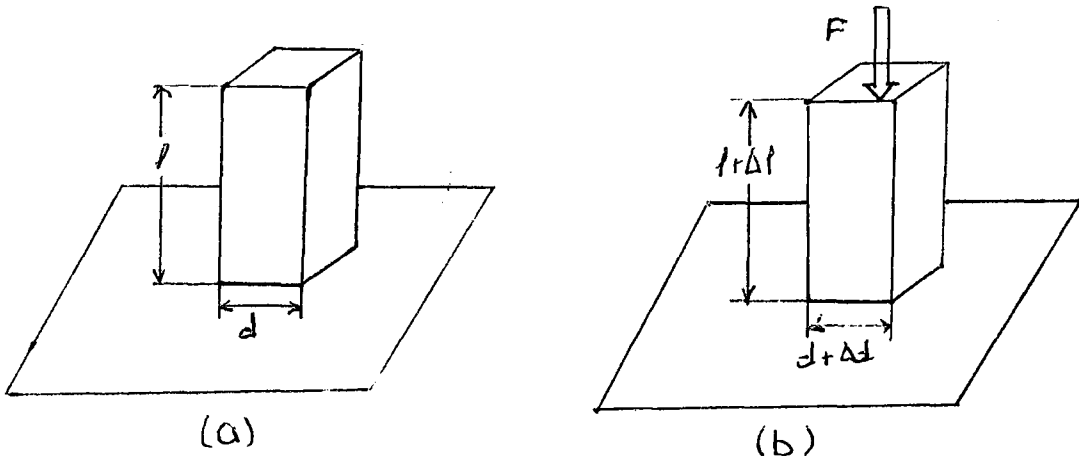
- 1) Mekanik model (kuvvetle orantılı uzama gerçekleşir)
- 2) Uzama dönüştürücü

2.1) Mekanik model

Ağırlığı ölçülecek cismin uygulamış olduğu kuvveti diğer bir fiziksel büyüklük olan uzamaya dönüştürmektedir.

Mekanik model, üzerine kuvvet uygulandığında deforme olmayan ve geçici şekil değişikliğine uğrayan bir yay gibidir. Bu yay çelik, alüminyum, berilyumlu bakır gibi genelde geriye dönüş katsayısı yüksek ve akma sınırı yüksek bir metal alaşımından yapılmaktadır. Kullanılacak malzemenin cinsini belirlemede en önemli etken yük hücresinin kullanılacağı ortam ve kapasitedir. Düşük kapasitelerde alüminyum malzemesi (1000Kg'a kadar), yüksek kapasitelerde ise çelik malzemesi kullanılmaktadır.

Rezistif tip yük hücrelerinin çok farklı şekilleri olmasına rağmen Şekil 2.1'deki çelikten yapılmış olan kolon yük hücresine temel teşkil edebilecek bir örnek olarak gösterilebilir.

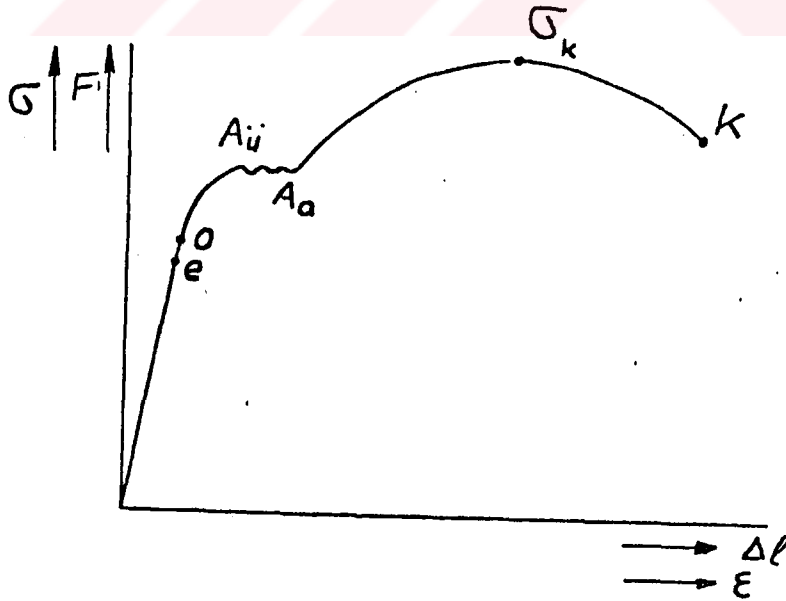


Şekil 2.1 a) l boyunda d genişliğinde kolon b) Basma yönünde kuvvet uygulanmış kolon

Kolona basma yönünde bir F kuvveti tatbik edildiğinde kolonda bir şekil değişikliği olacaktır ve boyunda Δl 'lik bir değişim olacaktır. Δl değeri basma yönündeki kuvvetler için (-), çekme yönündeki kuvvetler içinse (+) olacaktır. Uygulanan F kuvveti aynı zamanda kolonun kesitinde de Δd 'lik bir değişime sebep olacaktır. Bu değişim basma yönündeki kuvvetler için (+), çekme yönündeki kuvvetler için (-)'dir.

Görüldüğü gibi uzama dönüştürücüsü için gerekli olan kuvvet-uzama dönüşümü mekanik model ile sağlanmıştır. Buradaki önemli bir nokta uygulanan kuvvet ile iki farklı uzama değeri elde edilmektedir. Basma yönündeki bir kuvvet için boyda Δl kadarlık bir azalma, genişlikte ise Δd kadar bir artma meydana gelmektedir. Bu iki farklı yöndeki direnç değişimi kısım 2.3'de anlatılan wheatstone köprüsünde çıkış değerinin daha büyük elde edilmesinde kullanılacaktır.

Şekil 2.1'deki kolona çekme yönünde bir kuvvet uygulanırsa başlangıçta kuvvet artmaları ile orantılı olarak uzamaların meydana geldiği görülür. Bir müddet sonra kuvvetin daha az



Şekil 2.2 Kuvvet-uzama diyagramı

artmasına karşılık daha büyük uzamaların meydana geldiği görülür. Çubuğa tatbik edilen kuvvet miktarı düşey ekseninde, o esnadaki uzama miktarıda yatay ekseninde gösterilirse, malzemeye ait kuvvet-uzama diyagramı bulunmuş olur ve şekil 2.2'deki gibidir

Başlangıçta bu diyagram yumuşak çelikte doğru, kuvvetin muayen sınır değerinden sonra eğri halini alır. Bu andan itibaren kuvvet artırılmadığı hatta azaltıldığı halde uzamaların devam ettiği görülür. Bu sınıra malzemenin akma sınırı denir. Dalgalı çizginin en üst değerine üst akma sınırı, en düşük değerine de alt akma sınırı denir.(5) Akma sınırına kadar uzamalar çubuğun her tarafında aynıdır. Çubuğun çap küçülmesi de gene her tarafta aynıdır. Çubuğu boylamasına lifli olarak düşünersek, her lifin uzama miktarı aynı kalmaktadır. Uzamaları kuvvet meydana getirdiğinden, çubuğun kesitinin her noktasına tesir eden kuvvet yani gerilmenin aynı değerinde olması icap eder. Buradan gerilme, kuvveti kesit alanına bölerek bulunur.

$$\sigma = \frac{F}{s} \quad (2.1)$$

σ : gerilme (kg/cm^2)

F : uygulanan kuvvet (kg)

s : çubuğun kesit alanı (cm^2)

Akma sınırı geçildikten sonra doğrusallık kaybolur ve çubuğun bir yerinde fazla çap küçülmesi meydana gelir. Kuvvet uygulama akma sınırına kadar devam edilir, bu değerden sonra azaltılarak sıfıra indirilirse uzamaların tamamen kalktığı ve çubuğun eski boyunu aldığı görülür. Elastik sınırı denilen sınır kuvvetten daha büyük kuvvet tatbik edildikten sonra kuvvet azaltılarak sıfıra indirildiğinde çubuğun eski boyuna gelmediği, bir miktar kalan şekil değişimlerinin bulunduğu görülür.

Şekil 2.2'de kuvvet-uzama için çizilen diyagram aynı zamanda gerilme-birim boyda uzama diyagramıdır. Diyagramdan

doğrusal kısımda, gerilmenin birim boydaki uzamaya oranının sabit olduğu görülür. Bu kanuna Hook kanunu denir.(5) Sabitenin miktarı E,malzemenin elastiklik modülü ismini alır.Deneyle bulunan bu miktar yumuşak çelikte $2,1 \cdot 10^6$ kg/cm²'dir.

$$\frac{\sigma_1}{\varepsilon_1} = \frac{\sigma_2}{\varepsilon_2} = \frac{\sigma_3}{\varepsilon_3} = \text{sabit} \quad (2.2)$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \text{Hook Kanunu} \quad (2.3)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (2.4)$$

$$\Delta l = \frac{F \cdot l}{E \cdot s} \quad (2.5)$$

ε : birim boydaki uzama

Δl : bütün boyda uzama

l : çubuğun boyu

Rezistif tip yük hücrelerinin çok farklı tasarım şekilleri geliştirilmiştir. Tasarım kriterleri, yük hücresinin basma,çekme veya her ikisininde ölçme durumuna göre belirlenir. Bir yük hücresinden en önemli istek, bozucu kuvvetler, eğilme momenti, tork gibi bozucu etkilere rağmen ölçeceği yükte yüksek bir hassasiyet elde edilmesidir. Bozucu kuvvetler ayrıca yük hücresinin tasarımında etkili olmaktadır.

Rezistif yük hücrelerinde mekanik yapı üç ana şekilde olabilir

- Kolon tipi
- Kesme kuvveti tipi
- Eğilme laması tipi

Kolon tipi yük hücreleri yüksek kapasiteli tartım sistemlerinde, kesme kuvveti tipleri platform tipi 4 adet yük hücreli basküllerde, eğilme laması tipi ise tek yük hücreli basküllerde kullanılmaktadır. Bizim gerçekleştireceğimiz 150Kg'lık sistemde eğilme laması tipi kullanılacaktır.

2.2) Uzama dönüştürücüsü

Uzama dönüştürücüsü (gerginlik ölçer) mekanik yer değiştirmeyi dirençte değişikliğe dönüştüren pasif dönüştürücülere bir örnektir. Uzama dönüştürücüsü gerginlik ölçülecek yüzeye tutturulan ince bir film dirençtir. Metalik gerginlik ölçerler küçük çaplı dirençli tellerden (örneğin konstantan) veya folye metal levhadan eritme ile çıkarılan kalıplardan yapılırlar. Telin veya metal folyenin direnci elemanın tutturulduğu maddenin boyundaki sıkıştırma veya gerilmeye göre değişir. Bu dirençteki değişim uygulanan gerilme ile orantılıdır ve özel kurulmuş bir wheatstone köprüsü ile ölçülür.

Uzama dönüştürücüsünün hassasiyeti dönüştürücü kazancı K olarak isimlendirilen bir ifade ile tanımlanır. Bu tanım boyuttaki her bir birim değişmeye karşı dirençteki birim değişmedir ve

$$\text{Dönüştürücü kazancı} = K = \frac{\Delta R / R}{\Delta l / l} \quad (2.6)$$

R : elemanın nominal direnci (Ω)

ΔR : elemanın direncindeki değişim (Ω)

l : normal modelin boyu (gerilmesiz durumda) (cm)

Δl : modelin boyundaki değişim (cm)

Eşitliğin paydasındaki $\Delta l/l$ gerginliktir (ϵ). Eşitlik

$$K = \frac{\Delta R / R}{\epsilon} \quad (2.7)$$

olarak yazılabilir ve ϵ yan al yöndeki gerginliktir.

l boyundaki bir iletkenin ΔR direnç değışimi uniform kesitli bir iletkenin direnç ifadesi kullanılarak hesap edilebilir:

$$R = \rho \frac{\text{uzunluk}}{\text{alan}} = \frac{\rho \times l}{(\pi/4)d^2} \quad (2.8)$$

ρ : iletken malzemenin öz direnci ($\Omega \cdot \text{cm}$)

l : iletkenin boyu (cm)

d : iletkenin çapı (cm)

İletkendeki gerilme boyutta Δl artmaya ve çapında Δd azalmaya sebep olur. İletkenin değeri uzama ile aşağıdaki değere değışir

$$R_s = \rho \frac{1 + \Delta l}{(\pi/4)(d - \Delta d)^2} = \rho \frac{l(1 + \Delta l/l)}{(\pi/4)d^2(1 - 2\Delta d/d)} \quad (2.9)$$

Eşitlik (2.9) birim daralmanın birim uzamaya oranı olan Poisson katsayısı μ kullanılarak basitleştirilebilir.

$$\mu = \frac{\Delta d/d}{\Delta l/l} \quad (2.10)$$

(2.10) (2.9)'da yerine konularsa,

$$R_s = \rho \frac{1}{(\pi/4)d^2} \left(\frac{1 + \Delta l/l}{1 - 2\mu \Delta l/l} \right)$$

$$R_s = R + \Delta R = R \left(\frac{1 + \Delta l/l}{1 - 2\mu \Delta l/l} \right) \quad (2.11)$$

Gerginlik ölçme uygulamalarında ve yük hücrelerinde yüksek hassasiyet tercih edilmektedir. Büyük dönüştürücü kazancının anlamı küçük direnç değışiminin ölçümünden daha kolay olan

büyük direnç değişimidir. Konstantan tel için dönüştürücü kazancı yaklaşık 2, alaşım 479 için dönüştürücü kazancı yaklaşık 4 değerindedir.

Basit bir hesap ile uzama dönüştürücüsündeki direnç değişimine uygulanan gerilmenin etkisi bulunmaktadır. Hook kanunu gerilme altındaki malzemenin elastisite modülüne bağlı olarak, bir doğrusal gerilme-gerginlik eğrisi için gerilme ve gerginlik arasındaki ilişkiyi vermektedir. Gerilme birim alana uygulanan kuvvet, gerginlik gerilmiş malzemenin birim uzunluğundaki uzamadır. Hook kanunu aşağıdaki formda yazılabilir.

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (2.12)$$

ε : gerginlik $\Delta l/l$ (birimsiz)

σ : gerilme (kg/cm^2)

E: Young modülü (kg/cm^2)

Metalik gerginlik ölçerler ince direnç telden veya metal folyenin ince eritilmiş levhalarından yapılırlar.

Tel ve folye dönüştürücülerde kullanılmak üzere çeşitli direnç malzemeleri geliştirilmiştir. Kullanılmakta olan malzemelerin çeşitli avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

Konstantan bakır-nikel karışımıdır, düşük sıcaklık katsayısına sahiptir. Konstantan genellikle dinamik gerginlik ölçümlerinde kullanılmaktadır. Gerginlik seviyesi $\pm 1500 \mu\text{cm/cm}$ 'yi bulmaktadır. Çalışma sıcaklığı 10°C 'den 200°C 'ye kadardır.

Nicrome V 375°C 'ye kadar statik gerginlik ölçümlerinde kullanılmaktadır. Sıcaklık kompanzasyonu ile karışım 650°C 'ye kadar statik ve 1000°C 'ye kadar dinamik ölçümler için kullanılabilir.

Dynaloy demir-nikel karışımı olup yüksek dönüştürücü katsayılı ve yorulmaya karşı yüksek dirençlidir. Bu malzeme sıcaklık bağımlılığı toleransı yüksek dinamik gerginlik uygulamalarında kullanılmaktadır. Dynaloy dönüştürücülerinin sıcaklık sahası taşıyıcı malzeme ve yapıştırıcı malzeme tarafından sınırlandırılmaktadır.

Stabiloy geniş sıcaklık kompanzasyon sahalı uyarlanmış nikel-krom karışımıdır.

Platinyum-tungsten karışımı, yüksek sıcaklıklardaki yorulmaya karşı yüksek dirençlilik ve çok iyi kararlılık sunar. Bu elemanlar 700°C'ye kadar statik testler için ve 850°C'ye kadar dinamik ölçümler için tavsiye edilmektedir. Malzemenin nispeten yüksek sıcaklık katsayısına sahip olması, bu hatanın düzeltilmesi için sıcaklık kompanzasyon metodlarından bazılarının kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Yarıiletken uzama dönüştürücüleri yüksek dönüştürücü kazancı gereken uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu dönüştürücüler 50 den 200'e kadar dönüştürücü kazançlı, çok yüksek hassasiyetli elemanlardır. Ancak sıcaklık dalgalanmalarına hassastır ve doğrusal olmayan bir karakteristiğe sahiptir.

Bitmiş dönüştürücünün boyutu ve şekli uygulamaya göre değişmektedir. Çoğu uygulamasında gerginlik ölçer gerginliğin ölçüleceği yüzeye yapıştırılmaktadır. Dönüştürücü ve mekanik yapı arasında iyi bir yapıştırma sağlamak oldukça güçtür. Yapıştırıcı malzeme mekanik yapıya dönüştürücüyü sıkıca tutturmalıdır. Yapıştırıcı gerginlik altında özelliğini kaybetmeden çalışabilecek yeterli elastikliğe sahip olmalıdır. Aynı zamanda yapıştırıcı sıcaklık, nem ve diğer çevre şartlarına dirençli olmalıdır.

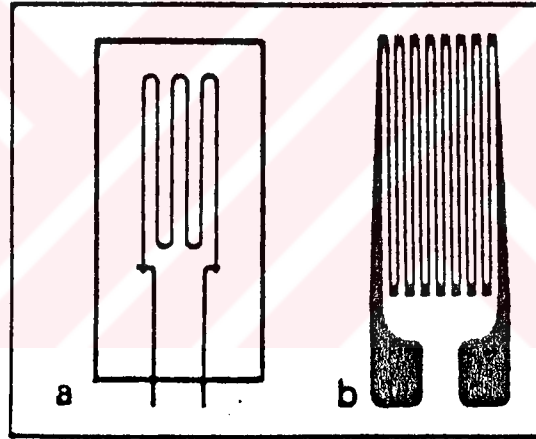
2.2.1) Dönüştürücü şekilleri

Dönüştürücü şekli ölçülecek olan gerginliğe göre tek eksenli, çift eksenli veya çok eksenli olabilir. Tek eksenli

uygulamalarda şekil 2.3'deki gibi uzun dar dönüştürücüler sık kullanılır. Enine duyarlılığın düşük olması için sondaki halkalar bir kaç tane ve kısadır. Dönüştürücünün boyutu ölçülecek olan gerilme sahasına göre seçilir.

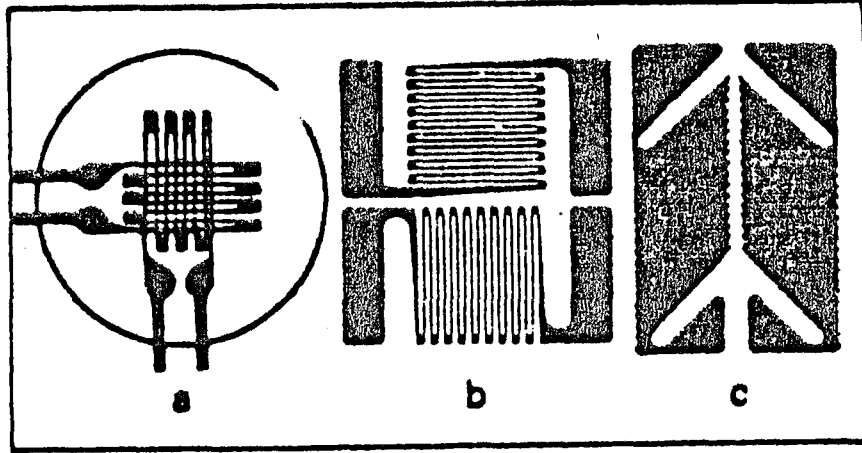
Çoğu gerilme uygulamalarında 6mm döüntürücü boyutu iyi bir performans ve kurulma kolaylığı sağlar.

Bir yönden daha fazla yöndeki uzama ölçümü, uygun yerlere tek eksenli dönüştürücülerin konulması ile başarılabilir. Ancak bunu basitleştirmek ve daha yüksek duyarlılık, doğruluk sağlamak için çok eleman veya rozet tipi kullanılır.



Şekil 2.3 Tek eksenli gerginlik dönüştürücüsü a)tel b)folye

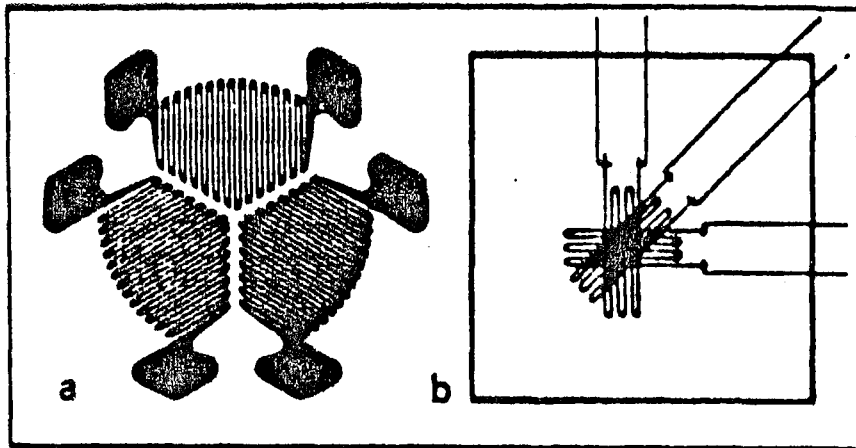
Şekil 2.4'deki 2 elemanlı rozetler yük hücrelerinde sık kullanılırlar. Elemanlar wheatstone köprüsünde maksimum çıkış için kullanılır. Gerilme analizlerinde, aksiyel ve karşılıklı elemanlar farklı dirençlere sahip olabilirler. Aksiyel elemanın çıkışı tek başına gerilmeye orantılı olduğunda toplam çıkışta gerilmeye orantılı olur.



Şekil 2.4 İki elemanlı rozetler a) 90° istifli folye b) 90° planar folye c) 90° makaslı planar folye

Üç elemanlı rozetler kompleks yükleme sonucunda oluşan gerilme ve yönünü saptamada sık kullanılırlar. En çok popüler ti-pi elemanlar arsında 45° veya 60° açısal uzaklığa sahip olanıdır.

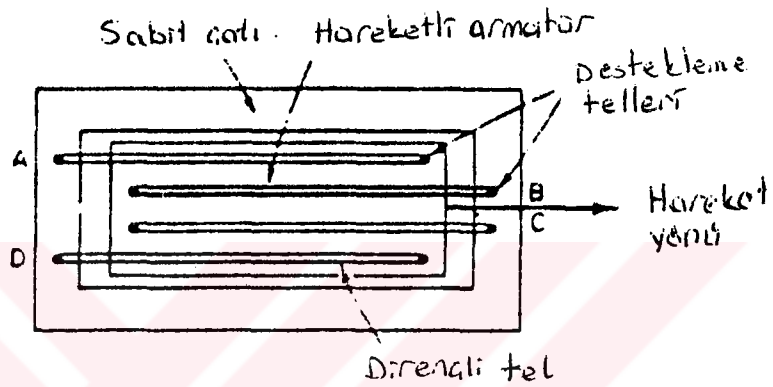
Şekil 2.5’de gösterildiği gibi 60° rozet gerilmenin yönü bilinmediğinde kullanılır. 45° rozet daha büyük açısal seçicilik sağlar ve ana gerilmenin yönü bilinmediği zaman kullanılır.



Şekil 2.5 Üç elemanlı rozetler a) 60° planar folye b) 45° yığınlı tip folye

2.2.2) Yapıştırılmaz uzama dönüştürücüleri

Yapıştırılmaz uzama dönüştürücüleri sabit bir çatı ve çatının ortasından desteklenen bir armatürden oluşmaktadır. Armatür yalnızca bir yöne hareket edebilmektedir. Hareket, çatı ve armatür üzerine monte edilmiş esnemez izalatörler arasına yerleştirilmiş dört adet gerilmeye hassas tel ile sınırlanmıştır. Tel-ler aynı boydadır ve şekil 2.6'da gösterildiği gibi bağlanmıştır.



Şekil 2.6 Yapıştırılmaz gerginlik ölçer

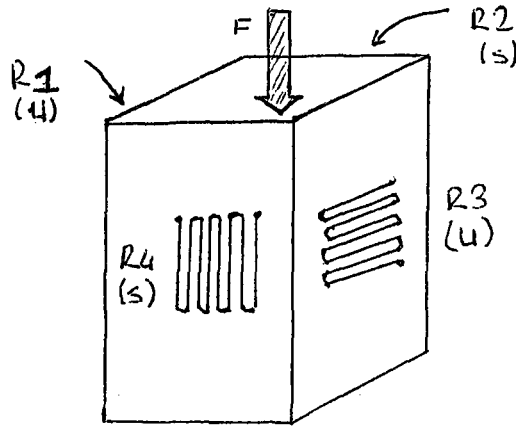
Uzama ölçere harici bir kuvvet uygulandığında, armatür belirtilen yönde hareket eder. A ve D elemanlarının boyu artarken B ve C elemanlarının boyu azalır. 4 telin direnç değişimi boylarındaki direnç değişimi ile orantılıdır ve wheatstone köprüsü ile ölçülebilir.

Yarıiletken uzama dönüştürücülerinin çalışma ilkesi gerilme altındaki yarıiletkende meydana gelen piezorezistif olaylardır. Fizik açısından, gerilme bağımlı uzama (örneğin yarıiletkende elastik limitler içerisindeki boyutsal değişim) taşıyıcı ömrü, taşıyıcı hareketliliği ve iletken elektron enerjisini etkileyici taşıyıcı transfer olaylarında etkilidir. Elektrik açısından ise, gerginlik yarıiletkende iletkenliğin değişimine sebep olur ve bu yüzden direnci tahmin edilebilir ve tekrar edebilir yapıdadır. Bugünkü chip üretim tekniği gerginlik ölçerin imalatına uygulanabilir, böylece şu anda yüksek olan gerginlik ölçerin fiyatı makul seviyeye gelebilir.

Yarıiletken gerginlik ölçer ile tutturulduğu yüzeyin sıcaklık genleşme katsayısı eşit değil ise uygulanan kuvvete (gerilme) bağlı olmayan bir sinyal dönüştürücüden alınır. Bu da büyük sıcaklık değişimleri için önemli bir problemdir. Bu tip uygulamalar için imalatçılar sıcaklık kompanzeli uzama dönüştürücüleri imal etmişlerdir. Sıcaklık kompanzasyonu için, dönüştürücünün malzemesinin sıcaklık katsayısını yapıştırıldığı yerinkine uygun bir değere getirirler. Gerginlik dönüştürücüsünün direncindeki sıcaklığa bağımlı değişim, dönüştürücünün yapıştırıldığı yerdeki malzemenin genleşmesi dolayısıyla oluşan karşı direnç ile giderilir. Sıcaklık kompanzeli dönüştürücünün fiyatları yüksek olduğundan, bu dönüştürücüyü büyük sıcaklık değişimlerinin olduğu veya yüksek hassasiyetli ölçümlerin istendiği uygulamalarda kullanılması tavsiye edilir. Bu sebepten yük hücresi uygulamalarında ve bir çok uygulamada daha doğrusal ve daha ucuz olan folye veya tel tipi dönüştürücüler yeterlidir. Tüm yarıiletken dönüştürücülerin boyutuda küçüktür.

2.3) Uzama dönüştürücüsü bağlantıları

Uzama dönüştürücüleri mekanik modelin üzerinde uzama ve sıkışmanın en fazla olduğu ve istenilen özellikleri sağlayan

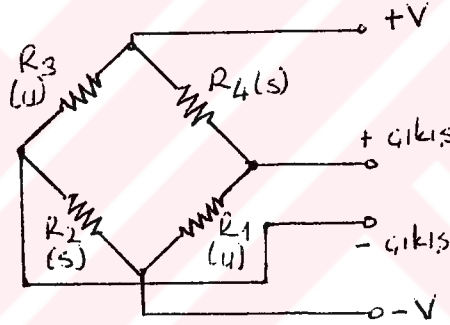


Şekil 2.7 Basma yönünde kuvvet uygulanan kolonda dönüştürücülerin yapıştırılacağı nokta ve yönleri

noktalara yapıştırılmak zorundadır. Şekil 2.1'de gösterilen basma yönünde kuvvet uygulanmış kolonda dönüştürücülerin bağlanacağı nokta ve yönleri şekil 2.7'de belirtilmiştir.

R_2 ve R_4 dirençleri boylamasına yapıştırıldığından bu dirençler sıkışma yönündedir ve direnç değerleri kuvvetle orantılı olarak azalmaktadır. R_1 ve R_3 dirençleri ise enlemesine yapıştırıldığından uygulanan kuvvet ile dirençleri artmaktadır.

Uygulanan kuvvete göre elde edilen direnç değişiminden analog sinyal elde etmek için ilave bir devre gerekmektedir. Maksimum analog sinyali elde etmek için dönüştürücüler şekil 2.8'deki wheatstone köprüsü yapısında bağlanır.



Şekil 2.8 Uzama dönüştürücüsü uygulamasında wheatstone köprüsü

Şekil 2.8'deki köprünün çıkışındaki fark gerilimi

$$V_0 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) V_{UYR} \quad (2.13)$$

$R_1 R_3 = R_2 R_4$ durumu sağlandığında köprü dengededir ve $V_0 = 0V$ olur. Köprünün kuruluş aşamasında dengede olduğunu ve dört dönüştürücünün de gerilmeye maruz kaldığını düşünelim. Dönüştürücünün direncindeki değişimden dolayı köprü çıkışındaki sonuç

$$\Delta V_0 = \frac{R_1 + \Delta R_1}{R_1 + R_2 + \Delta R_1 + \Delta R_2} - \frac{R_4 + \Delta R_4}{R_3 + R_4 + \Delta R_3 + \Delta R_4} \quad (2.14)$$

Eşitlik 2.14'de $R_1/(R_1+R_2) - R_4/(R_3+R_4)$ terimi yoktur. Çünkü köprü başlangıçta dengededir ($R_1R_3=R_2R_4$) ve bu yüzden sıfıra eşittir.

BÖLÜM 3

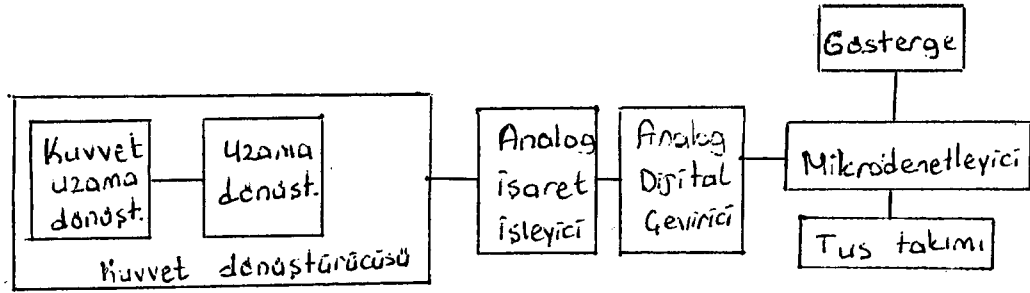
GERÇEKLEŞTİRİLEN SİSTEM

Yük hücresindeki ağırlık ile orantılı rezistif direnç değişimlerinin elektrik sinyaline dönüştürülmesi, kuvvetlendirilmesi, filtrelenmesi ve dijital koda dönüştürülmesi gerekmektedir. Her bir kademenin tasarım aşamasında istenilen ve gerekli olan hassasiyet göz önünde bulundurularak devreler seçilmiş ve tasarlanmıştır. Her bir kat diğerine seri olarak bağlandığından herbirindeki hatalar çıkışa toplam olarak yansır ve sistemin toplam hatasını belirler.

Gerçekleştirilen sistemin blok diyagramı Şekil 3.1'deki gibidir.

Kuvvet dönüştürücüsü bölüm 2'de anlatıldığı gibi uygulanan kuvvetle orantılı direnç değişimi vermektedir. Direnç köprüsü uygulanan kuvvetle orantılı olarak çıkışında bir fark gerilimi oluşturmaktadır. Köprü çıkışındaki fark gerilimi sahası çok düşük seviyede olduğundan analog dijital çevirici için gerekli giriş sahasına analog işleyici tarafından kuvvetlendirilerek

yayılır. Kuvvetlendirilmiş işaretteki elektriksel sistem ve mekanik sistemdeki titreşimlerden kaynaklanan gürültünün filtrelenmesinde analog işleyicide yapılmaktadır.



Şekil 3.1 Ağırlık ölçüm sistemi blok diyagramı

Kuvvetlendirilmiş ve filtrelenmiş ağırlıkla ilgili analog sinyalin göstergeden sayısal olarak verilebilmesi ve ağırlık bilgisi üzerinde işlem yapılması için dijital koda dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla analog sinyal 4½ dijitalik analog dijital çevirici ile dijital koda dönüştürülür.

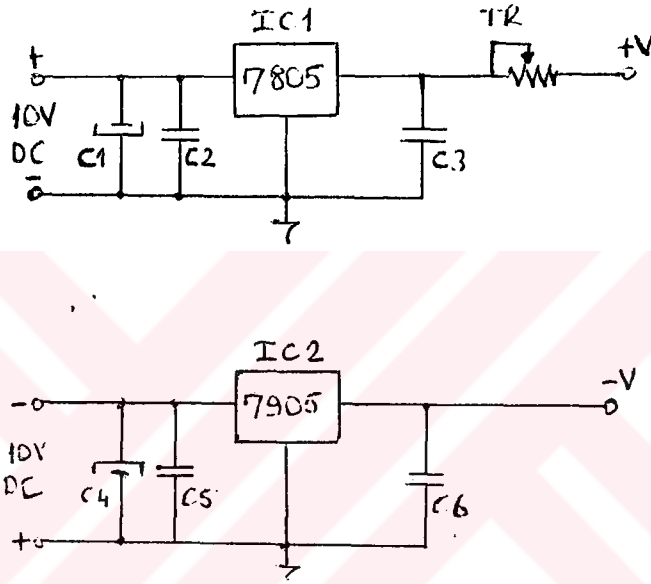
Dijital koda dönüştürülen ağırlık bilgisinin gerekli sıfır ayarı, kalibrasyon işlemi, hassasiyet ayarı, göstergenin sürülmesi ve tuş takımından verilen emirlerin yerine getirilmesi işlemleri mikrodenetleyici tarafından yapılmaktadır.

İşlenmiş ağırlık bilgisi görsel olarak 6 dijitalik 14mm'lik 7 segmentli LED göstergeden alınır. Tuş takımından sıfır ayarı ve kalibrasyon için gerekli emirler verilir.

3.1) Köprü uyarma devresi

Direnç köprüsü için gerekli olan uyarma gerilimini +5V ve

-5V olarak lineer regülatörler üretmektedir. Entegre halinde üretilmiş lineer regülatörlerin sıcaklık katsayıları düşüktür ve yeterli performansı sağlamaktadır. Lineer regülatörlerin bağlantı şekli şekil 3.2'deki gibidir. TR ayarlı direnci ile oluşturulmuş gerilim bölücü ile uyarma gerilimi değiştirilerek gerekli kalibrasyon ayar işlemi yapılmaktadır.



Şekil 3.2 Uyarma devresi

3.2) Analog kuvvetlendirici

Yük hücresinin çıkışındaki fark geriliminin kuvvetlendirilmesi gerekmektedir. Kullanılan yük hücresinin çıkışı 2mV/V değerindedir. Yük hücresi için verilen uyarma gerilimi

$$V_{UYR} = +V - (-V) = 5 - (-5) = 10V \quad (3.1)$$

olur. Buda 10V ile uyarılmış bir baskülün tam kapasite ile yüklendiğinde dönüştürücü çıkışındaki fark geriliminin

$$V_2 - V_1 = k \cdot V_{UYR} = 2 \cdot 10 = 20 \text{ mV} \quad (3.2)$$

olduğunu gösterir.

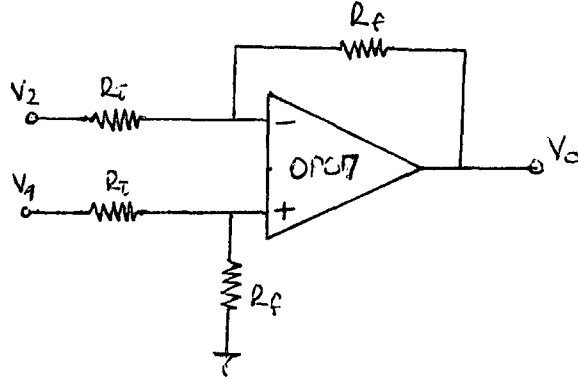
Analog dijital çevirici için giriş gerilim sahası 0-2V olduğundan yük hücresi köprü çıkışının bu sahaya kaydırılması gerekmektedir. Bu sebepten giriş katı yük hücresine kuvvet uygulanmadığında analog dijital çeviricinin girişine 0V sinyal vermeli ve tam kapasite ile yüklendiğinde analog dijital çeviricinin girişinde kabul edeceği maksimum gerilim değerinin altında bir sinyal vermelidir. Yük hücresi başta sıfır çıkış için imalat aşamasında ayarlandığından, sadece yük hücresi çıkışını analog dijital çeviricinin giriş sahasına kaydırmak yeterli olacaktır. Köprü çıkışını kuvvetlendirmek için fark kuvvetlendiricisi kullanılması düşünülmüştür.

150Kg kapasiteli 50gr hassasiyetli tartım sistemi için gerekli kuantalama 1/3000 olduğundan bu hassasiyeti sağlayabilmek için uygun malzemelerin seçilmesi gerekmektedir. Bir hassasiyet değeri için (50grın karşılığı) köprü çıkışındaki fark sinyalindeki değişim

$$V_d = \frac{\text{Tam saha çıkış gerilimi}}{\text{Adım sayısı}} = \frac{20(\text{mV})}{3000} = 6.6 \mu\text{V} \quad (3.3)$$

değerindedir.

Küçük sinyal değerleri kuvvetlendirileceği için kullanılacak işlemsel kuvvetlendirici ve pasif devre elemanlarının bu sinyali algılayabilmesi, sıcaklık ve zamanla değer değişiminin fazla olmaması istenir. Bu özellikler ise düşük giriş dengesizlik gerimli ve düşük sıcaklık katsayılı giriş dengesizlik gerimli işlemsel kuvvetlendirici demektir. Yapılan katolog araştırmaları sonucu çok düşük giriş dengesizlik değerine sahip OP07 işlemsel kuvvetlendiricisi seçilmiştir.



Şekil 3.3 Fark kuvvetlendiricisi

OP07'nin tipik değerleri

giriş dengesizlik gerilimi : $70\mu V$

giriş dengesizlik geriliminin sıcaklık katsayısı : $0.6\mu V/^{\circ}C$

giriş gerilim sahası : $0.. \pm 14V$

Fark kuvvetlendiricisinin çıkışı,

$$V_O = \frac{R_f}{R_i} (V_2 - V_1) \quad (3.4)$$

dir. Kazancı ise,

$$K = \frac{V_O}{V_i} = \frac{R_f}{R_i} \quad (3.5)$$

olur.

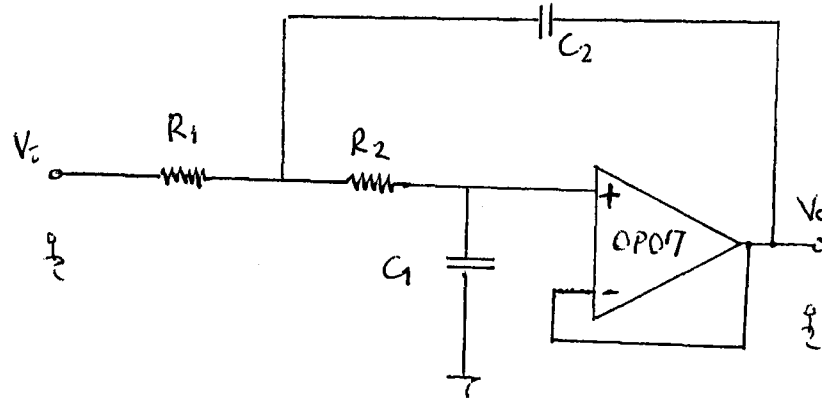
Malzeme değerleri geri besleme direnci (R_f) $590K\Omega$, giriş direnci (R_i) $6K\Omega$ olarak seçildi.

Bu seçilen değerler için tam kapasiteye kadar yükleme yapılarak testi yapıldı.

3.3) Aktif alçak geçiren filtre

Ağırlık ölçüm sisteminde hassasiyet tam kapasitenin 3000'de biri olduğundan ve sonuç göz ile algılandığından analog işaret üzerindeki gürültünün filtre edilmesi gerekmektedir. Gürültü kaynakları elektriksel devreye girişim yapmış elektriksel gürültüler olabileceği gibi yük hücresinin bağlı olduğu mekanik kısmının yerleştirildiği zemindeki titreşimler, ölçülecek ağırlık platforma yerleştirildikten sonraki sallantılar da birer gürültü kaynağıdır.

Sonuç göz ile algılandığından gerekli olan filtre 2-3Hz kesim frekanslı alçak geçiren filtredir. Kullanılan Sallen-Key aktif alçak geçiren filtresidir. Filtrenin yapısı şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Aktif alçak geçiren filtre

Filtrenin transfer fonksiyonu,

$$H(s) = \frac{b_0}{s^2 + a_1 s + a_0} \quad (3.6)$$

$$b_0 = k / (R_1 R_2 C_1 C_2) \quad (3.7)$$

$$a_0 = 1 / (R_1 R_2 C_1 C_2) \quad (3.8)$$

$$a_1 = 1 / (R_1 C_1) + 1 / (R_2 C_1) + (1-k) / (R_2 C_2) \quad (3.9)$$

$$H_{AG} = \frac{k W_p^2}{s^2 + (W_p / Q_p) s + W_p^2} \quad (3.10)$$

$$f_c = 3 \text{ Hz}$$

$$W_p = 2\pi f = 2 \times 3,14 \times 3 = 18,84 \text{ rad/sn}$$

$$W_p^2 = a_0 = \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2} \quad (3.11)$$

$$354,94 = \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}$$

$C_1 = C_2 = C$ ve $R_1 = R_2 = R$ kabul edilir, $C=470\text{nF}$ seçilirse,

$$R = \left(\frac{1}{354,96 \times (470 \cdot 10^{-9})^2} \right)^{1/2} = 112,9 \text{ K}\Omega$$

Standart metal film direnç tablosundan $112,9 \text{ K}\Omega$ yerine $127 \text{ K}\Omega$ seçilir ve seçilmiş olan bu direnç için yeni kesim frekansı,

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{(127 \cdot 10^3)(470 \cdot 10^{-9})} \right)^{1/2}$$

$$f_c = 2.66\text{Hz}$$

bulunur.

3.4) Analog dijital çevirici

150Kg kapasiteli 50gr hassasiyetli tartım sistemi için en az 3000 kuantalama gerekmektedir. Gerekli bit sayısı,

$$\text{adım sayısı} = 2^n = 3000 \quad (3.12)$$

den $n=11.5$ bulunur ve en az 12 bit çözünürlüklü analog dijital çevirici kullanılması gerekmektedir. Analog dijital çeviricide aranacak diğer özellikler düşük sıfır kayma hatası, kazanç hatası, yüksek doğrusallık ve yüksek lineersizlikten kaynaklanan kaybolan koddur. Eğer farksal lineersizlik $\pm 1/2$ lsb'den büyük olursa kaybolan kod ortaya çıkabilir.

Yukarıda belirtilen olması gereken özelliklere göre yapılan katalog araştırmasından çift eğimli, 20000 sayım değerli ($4\frac{1}{2}$ dijitle) 7135 tümleşik analog dijital dönüştürücüsü seçilmiştir. Mikroişlemciye arabirim olarak bağlanmasını sağlayan kontrol sinyalleri ve ileriki kısımlarda belirtilecek düşük hata değerleri ile tam bir çözümdür.

7135'in temel özellikleri;

- $4\frac{1}{2}$ dijitle 50ppm çözünürlüklü, çift eğimli dönüştürücü
- Tam saha sıcaklık katsayısı

$$SK_{TS} = 5\text{ppm}/^\circ\text{C} \text{ (maks.) } (V_{in}=2\text{V } 0^\circ\text{C} < T_A < 70^\circ\text{C})$$

- Lineersizlik hatası

$$N_L = 0.5 \text{ sayım (tipik)}$$

- Sıfır volt giriş için verilen çıkış
00000

- Sıfır okuma sıcaklık katsayısı

$$SK_S = 0.5\mu\text{v}/^\circ\text{C} \text{ (tipik)}$$

- Oransal girişte verilen çıkış

$$+09998 \text{ (min)} \ 09999 \text{ (tipik)} \ 10000 \text{ (maks)}$$

- BCD çıkışlar
- Tipik 120Khz, en fazla 1200Khz saat frekansı
- Simetrik verilen tam saha giriş gerilimindeki hata
0.5sayım (tipik) 1sayım (maks.)

3.4.1) Çift eğimli dönüştürücünün temel esasları

7135 çift eğimli, integral tipi analog dijital dönüştürücüdür. Geleneksel çift eğimli dönüştürücünün ölçüm aşamaları iki farklı fazdan oluşmaktadır.

1. Giriş sinyal integrasyonu
2. Referans sinyal integrasyonu

Çevirilecek giriş sinyali saat darbelerinin sayılması ile ölçülerek sabit bir zaman periyodunda integre edilir. Sonra ters işaretli sabit referans gerilimi ile integratörün çıkışı sıfıra dönene kadar integral edilir. Referans integral zamanı doğrudan giriş sinyaline orantılıdır.

Temel çift eğimli çeviricide bir tam çevrimde integratörün çıkışı rampa yukarı ve rampa aşağı olmak zorundadır.

Temel matematiksel eşitlik giriş sinyali, referans gerilimi ve integral zamanına bağlıdır.

$$\frac{1}{RC} \int_0^{t_{si}} V_{in}(t) dt = \frac{V_r t_{ri}}{RC} \quad (3.13)$$

V_r : referans gerilimi

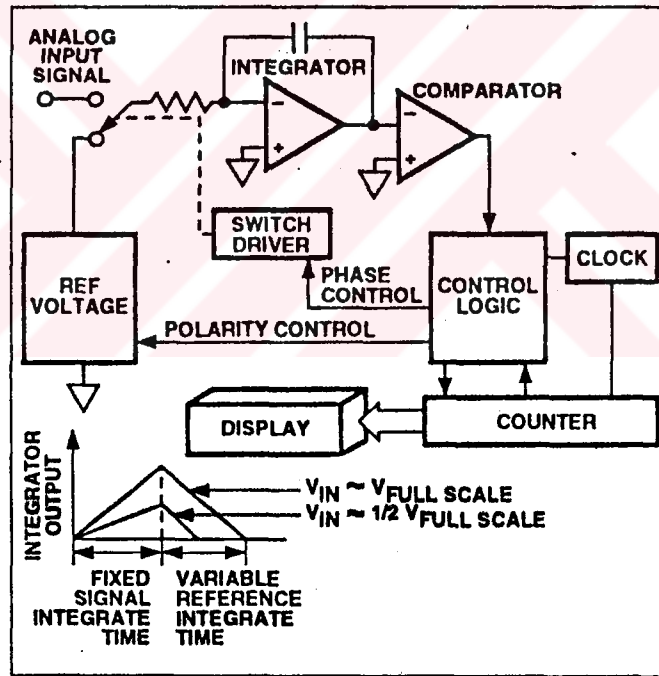
t_{si} : sinyal integrasyon zamanı (sabit)

t_{ri} : referans gerilimi integrasyon zamanı (değişken)

Sabit giriş gerilimi için,

$$V_{in} = V_r \left[\frac{t_{ri}}{t_{si}} \right] \quad (3.14)$$

Çift eğimlinin hassasiyeti integral kondansatörü ve integral direncine tam bir ölçüm zamanı boyunca sabit kalmak şartıyla bağımsızdır. Gürültüye bağışıklık tabii bir olumlu yanıdır. Gürültüler integrasyon periyodunda sıfıra integre edilir veya ortalaması alınır. Bu sebepten integral tipi çeviriciler örnekleme yapan çeviricilere göre gürültülü ortamlarda daha iyi sonuç vermektedir.



Şekil 3.5 Temel çift eğimli analog dijital çevirici

3.4.2) 7135'in işletim teorisi

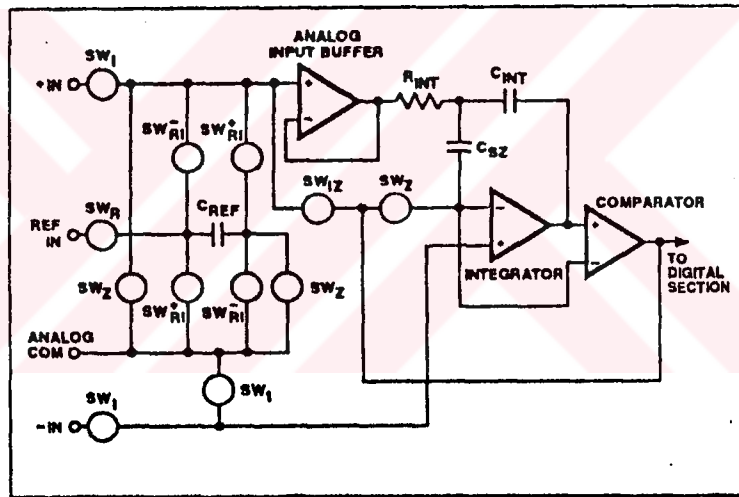
7135 çift eğimlinin normal iki ölçüm fazına ilaveten bir sistem sıfırlama fazı ve integratör çıkışı sıfırlama fazı vardır. Sonuç, azaltılmış sistem hataları, birkaç ayar adımı ve taşma

durumunda kısa toparlanma süresidir.

7135'in ölçüm saykılının dört fazı:

1. Sistem sıfırlama
2. Analog giriş sinyali integrasyonu
3. Referans gerilimi integrasyonu
4. İntegratör çıkışı sıfırlama

Dahili devre ve harici elemanların sistem içindeki yeri şekil 3.6'de görülmektedir.



Şekil 3.6 7135'in dahili anahtarları

Sistem sıfırlama fazı : C_{AZ} kondansatörünün şarjı ile buffer, integratör ve karşılaştırıcıdan kaynaklanan hatalar sıfırlanır. C_{AZ} kompanze hata gerilimi ile şarj olur. Aynı zamanda C_{REF} referans gerilimi ile şarj olur.

Analog giriş sinyali integrasyonu : +IN ve -IN arasındaki farksal gerilimi integre eder. Farksal gerilim cihazın ortak mod

sahasında olmak zorundadır.

Referans gerilimi integrasyon fazı : Önceden şarj edilmiş referans kondansatörünü integratörün çıkışı sıfıra geri dönecek şekilde rampa için uygun polaritede bağlanır. Verilen dijital kod

$$\text{okunan} = 10000 \left[\frac{\text{farksal giriş}}{V_r} \right] \quad (3.15)$$

İntegratör çıkışı sıfır fazı : Bu faz, sistem sıfırlama fazı geldiğinde integratör çıkışının 0V'da olmasını garanti eder ve gerçek sistem offset geriliminide kompanse eder. Bu faz 100-200 saat peryodu sürer. Saha taşması durumunda 6200 saat peryoduna genişler.

3.4.3) 7135 Analog kısım tanımlamaları

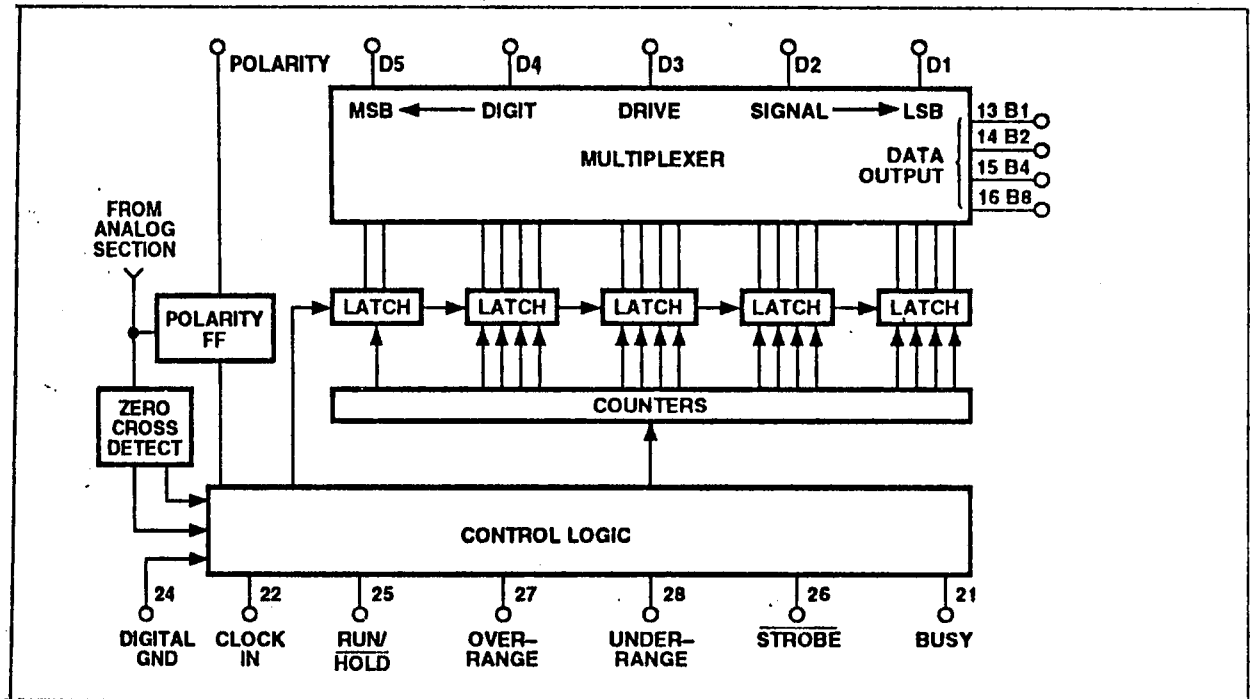
Farksal girişler : Giriş kuvvetlendiricisinin pozitif kaynaktan 1V aşağı ve negatif kaynaktan 1V yukarısı arasında kalan ortak mod sahasında olmak üzere +giriş ve -girişe uygulanan farksal gerilim üzerinden işletilir. Bu ortak mod gerilim sahasında tipik 86dB ortak mod gürültü bastırma oranı vardır. Aynı zamanda integratör çıkışıda ortak mod gerilim sahasında olmalıdır ve doyuma izin verilmemelidir.

Analog ortak uç : 3nolu analog ortak ucu otomatik sıfırlama ve deintegrasyon fazında -girişe bağlanır.

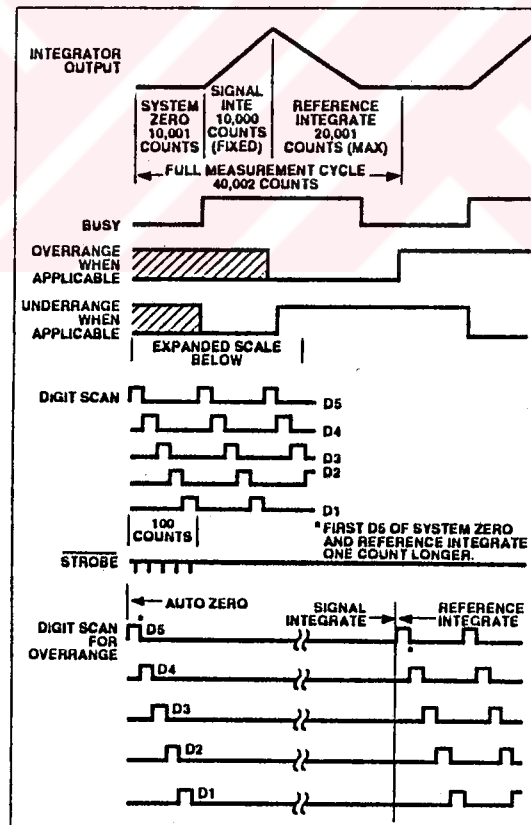
Referans gerilim : Referans giriş gerilimi (2nolu pin) analog ortak uca göre pozitif bir gerilim olmalıdır.

3.4.4) 7135 Dijital kısım tanımlamaları

Önemli dijital alt kısımlar şekil 3.7'de gösterilmiştir. Şekil 3.8'de ise dijital kısma ait zamanlama diyagramları gösterilmiştir. Dijital kısmın tanımlaması, kontrol sinyalleri ve bilgi çıkışları ile anlatılacaktır.



Şekil 3.7 7135'in dijital kısım fonksiyonel şeması



Şekil 3.8 Çıkışların zamanlama diyagramı

RUN/HOLD girişi : Boşta bırakıldığında Lojik-1 kabul eder. Lojik1 oluğunda 40002 saat peryodunda bir yeni ölçüm yapar. Çevrim işlemleri sürekli olarak girer. Giriş Lojik-0 uygulandığında yapılmakta olan çevrim tamamlanır ve bu çevrim sonucunun bilgileri çıkıştan alınır.

STROBE çıkışı : Her ölçüm peryodu esnasında beş kez Lojik-0'a giderek darbe verir. Darbeler çıkan dijital bilgilerin süre olarak tam ortasındadır. Ölçüm işleminin sonunda beşinci dijital bilgisi B1..B8 çıkışına gider ve D5 çıkışı 201 sayım Lojik-1'e gider. D5 darbesinin ortasında, ölçüm peryodunun sonundan 101 saat darbesi sonra, ilk STROBE 1.5 saat darbesi süresince oluşur. D5 darbesinden sonra D4 200 saat darbesi Lojik-1'e gider. STROBE darbesi, D4 Lojik-1 gittikten 100 saat darbesi sonra oluşur. D3, D2 ve D1 D4 darbesinin oluşumu gibidir.

Yapılan sistemde STROBE çıkışı mikrodenetleyicinin kesinti isteği girişine bağlanmıştır.

BUSY çıkışı : Sinyal integrasyon fazının başında, BUSY Lojik-1'e gider ve integratörün sıfır geçişinden sonraki ilk saat darbesine kadar Lojik-1'de kalır. BUSY bir overrange durumunda ölçüm peryodunun sonunda Lojik-0'a geri döner. Dahili bilgi tutucuları BUSY'den sonraki ilk saat darbesi esnasında yüklenir ve saat darbesi sonunda tutulur.

OVERRANGE çıkışı : Eğer giriş sinyali referans integrasyon fazında 20000 saat darbesini aşmasına sebep olursa, OVERRANGE Lojik-1'e kurulur. Overrange çıkışı BUSY Lojik-0'a giderken kurulur ve gelecek referans integrasyon fazının başında reset olur.

UNDERRANGE çıkışı : Eğer çıkış sayımı tam sahanın %9'u veya azı ($= < 1800$ sayım) ise UNDERRANGE çıkışı BUSY'nin sonunda kurulur. Gelecek sinyal integrasyon fazında Lojik-0'a kurulur.

POLARITY çıkışı : Pozitif giriş sinyali bu çıkışta Lojil-1 ile belirtilir. POLARITY çıkışı referans integrasyonunun başında geçerlidir ve bir sonraki çevrim esnasında tespit edilene kadar geçerlidir. POLARITY çıkışı sıfır okuması için bile geçerlidir. Çeviricinin LSB'inden küçük sinyaller dahi doğru olarak saptanmış POLARITY çıkışlarına sahiptir.

Yapılan sistemde POLARITY çıkışı köprü çıkışındaki fark sinyalinin durumunu belirlemek için kullanılmıştır.

Dijit sürme çıkışları : Dijit sürme çıkışları aktif Lojik-1 sinyallerdir. Tarama sırası D5,D4,D3,D2 ve D1'dir. D5 hariç tüm sinyaller 200 saat darbesi kadar aktiftir. D5 ise 201 saat darbesi aktiftir. Dijit sürme sinyalleri bir overrange çıkışı oluşana kadar taramaya devam eder. Bir overange durumunda, en son STROBE darbesinden sonra tüm dijit sürme çıkışları bir sonraki referans integrasyon fazına kadar Lojik-0'da tutulur.

BCD Bilgi çıkışları: İkili kodlu onluk (BCD) çıkışlar B8,B4, B2,B1 aktif Lojik-1 çıkışlardır. Dijit sürme çıkışları ile eş zamanlı olarak aktiftirler. Overange durumunda tüm bilgi çıkışları Lojik-0'dır.

3.4.5) 7135'in çevre elemanlarının seçimi

İntegral direnci : İntegral direnci (R_{int}) tam saha giriş gerilimi ve integratör kondansatörü (C_{int}) şarjında kullanılan tamponun çıkış akımı ile saptanır. $5\mu A$ 'dan $40\mu A$ 'e kadar sürme akımları iyi sonuçlar vermektedir. $20\mu A$ sürme akımı ise önemsiz lineersizlik hatası verir. $20\mu A$ sürme akımı için R_{int} 'in değeri

$$R_{int} = \frac{\text{Tam saha gerilim}}{20\mu A} \quad (3.16)$$

$$R_{int} = \frac{2.5 V}{20\mu A} = 125 K\Omega$$

R_{int} standart metal film direnci tablosundan $127K\Omega$ olarak seçildi.

İntegral kondansatörü : R_{int} ve C_{int} 'in değerleri integratörün eğimini doyuma götürmeyecek şekilde (yaklaşık her iki kaynaktan $0,3V$) toleranslı yapıda maksimum gerilim eğimini vericek şekilde seçilmelidir. Tavsiye edilen değer $100nF$ 'dan $470nF$ 'a kadardır. Kondansatörün değeri ise,

$$C_{int} = \frac{(10000 \times \text{saat peryodu}) \times I_{int}}{\text{İntegratör çıkış gerilimi dalgalanması}} \quad (3.17)$$

$$C_{int} = \frac{(10000 \times 9,3 \cdot 10^{-6}) \times 20 \cdot 10^{-6}}{4.5} = 413.33 nF$$

C_{int} standart değer tablosundan $470nF$ olarak seçildi.

Otomatik sıfırlama ve referans kondansatörü : Otomatik sıfırlama kondansatörünün boyutu sistem gürültülerinde bazı etkilere sahiptir. Büyük kondansatör gürültüyü azaltmaktadır. Referans kondansatöründe yeterli büyüklükte olmalıdır.

Referans gerilimi : Tam saha çıkış üretmek için gerekli olan analog sinyalin genliği

$$V_{ints} = 2V_r \quad (3.18)$$

dir ve $2V$ tam saha giriş gerilimi için gerekli referans gerilimi

$$V_r = 2 / 2 = 1V$$

olur.

Analog dijital çevirici katı şekil 3.9'da görülmektedir.

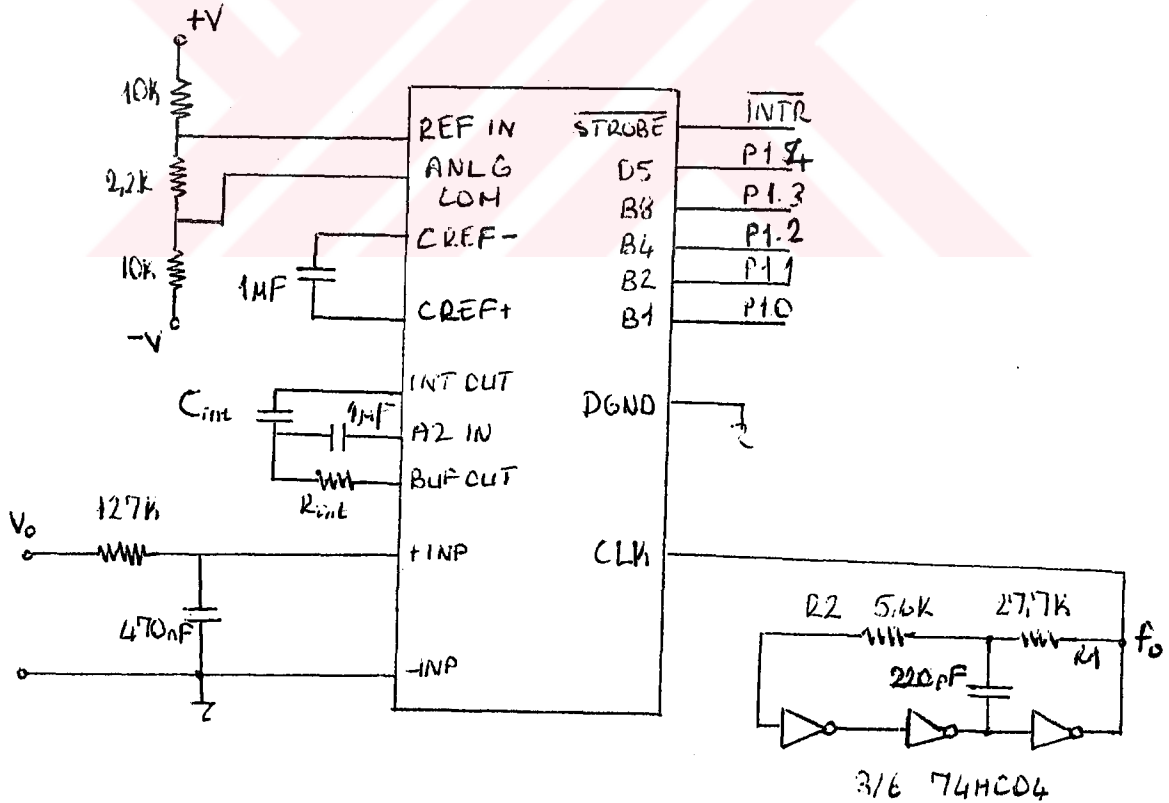
Şekil 3.9'daki saat darbesi üreticinde çıkış frekansının hesabı

$$f_o = \frac{1}{2xCx(0.41xR_p + 0.7xR_1)} \quad (3.19)$$

$$R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (3.20)$$

$$R_p = \frac{5.6 \times 27.4}{5.6 + 27.4} = 4.65 K\Omega$$

$$f_o = \frac{1}{2 \times 220 \cdot 10^{-12} (0.41 \times 4.65 + 0.7 \times 27.4) 10^3} = 107,78 KHz$$



Şekil 3.9 Analog dijital çevirici kısmı şeması

3.5) Sayısal bilgi işleme katı

Dijital koda dönüştürülmüş ağırlık bilgisini işlemektedir. Bu amaç için Intel firmasının MCS-51 ailesinden 8751 mikrodenetleyicisi tabanında dijital kısım tasarlanmıştır.

3.5.1) Donanım kısmı

Gerçekleştirilen sistemin şeması şekil 3.10'da verilmiştir. Mikrodenetleyici 8751 olup program dahili PROM hafızasına yerleştirilmiştir. İleride dış hafıza ve çeşitli arabirimlerin eklenmesi düşünüldüğünden çevre birimler mikrodenetleyiciye dış bilgi hafızasının bir parçası olarak bağlanmıştır.

8751 mikrodenetleyicisinin temel ve farklı özellikleri:

- Tek 5 voltluk kaynaktan işletim
- 4096 byte dahili program hafızası
- 128 byte bilgi hafızası
- Dört register grubu
- Kullanıcı tarafından tanımlanabilen 128 bayrak
- 64 Kbyte program ve harici RAM adresleyebilme
- 12Mhzlik kristal ile 1µsnlik komut saykılı
- Çift yönlü 32 adet giriş çıkış kapısı
- İki seviyeli kesinti isteği
- Doğrudan bit ve byte adresleyebilme
- İşaret-taşma kontrolü ve parity hesabı
- Binary veya BCD işlemler
- Donanımla 4µsnlik çarpma ve bölme
- 2 adet 16 bitlik sayıcı zamanlayıcı

Komut kümesinin özellikleri:

-3 bytedan daha uzun komut yoktur. Çoğunluğu 1 veya 2 byte yer kaplar ve 1 veya 2 makina saykılında, 12Mhzlik kristal ile 1 veya 2µsn'de işletilir, çarpma ve bölme komutları 4 saykılta tamamlanır.

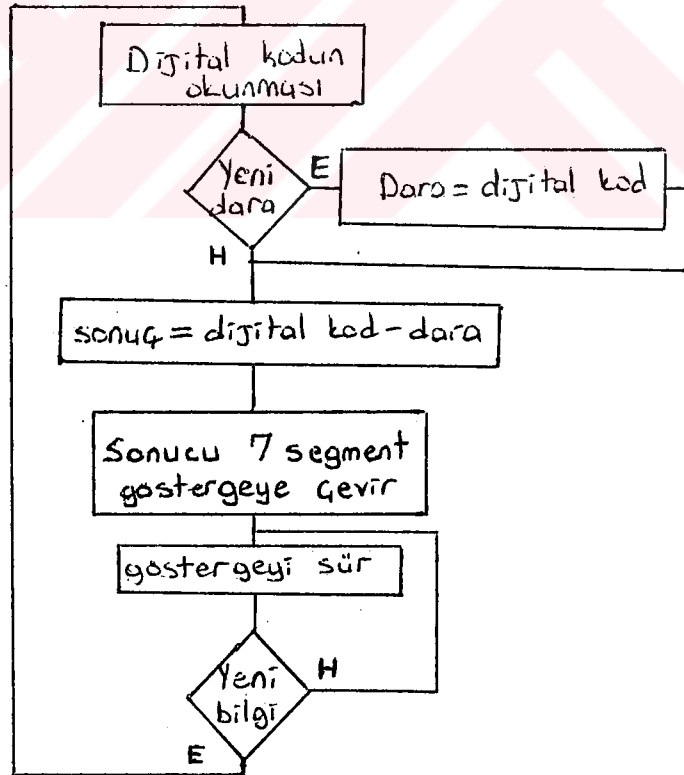
Şekil 3.10 Dijital kısım şeması

-Aritmetik ve lojik fonksiyonlar veya program kontrol gibi bazı komutlar aynı işlem için bir kısa ve bir uzun formun ikisini de sağlar. 8751 genellikle iki komut bytını bir komut saykılında getirir, böylece kısa form kullanımı daha hızlı işleme imken verir.

-Üç byte lojik komutla iki saykıl da işlemci deki herhangi bir bit kurulabilir, silinebilir, komplementi alınabilir. Ama kritik kontrol bitleri, giriş çıkış kapıları ve yazılım bayrakları iki byte tek saykılık komut kullanılarak kontrol edilebilir.

3.5.2) Yazılım

Gerçekleştirilen donanımın yapacağı işlemleri belirleyen yazılım programında adalog dijital dönüştürücüden dijital kodun okunması, dara alma, ham bilginin kalibrasyon ayarı, hassasiyete göre sonuç değeri yuvarlatma ve sonuç değeri göstergeden verme işlemleri yapılmaktadır. Programın akış diyagramı şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11 Yazılmış programın akış diyagramı

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma sonucunda, bir tartım sisteminde olması gereken özellikler ve kullanılan dönüştürücü ve malzemeler incelenmiş, elde edilen bilgiler ışığında 150Kg kapasiteli, 50gr hassasiyetli elektronik tartım sistemi geliştirilmiş.

Geliştirilen sistem bir tartım cihazında olması gereken temel elektriksel özelliklere sahip olup, ticari değer taşınması için piyasadaki mevcut sistemlerin özelliklerinin ilave edilmesi gerekmektedir. İleride bu özelliklerinde ilave edileceği düşünülerek sistem üzerinde değişiklikler yapılmasına imkan tanıyacak şekilde tasarım yapılmış ve sonuçta baskılı devreye bu amaç için çeşitli malzeme yerleri bırakılmıştır.

Yapılan deneyler sonunda sistemde ağırlık bilgisinin filtrelenmesi gerektiği sonucuna varılmış ve aktif alçak geçiren filtre ilave edilmiştir. Fakat gürültünün daha yoğun olduğu veya özel işlemlerin yapılması gerektiği endüstriyel tartım sistemleri ile dolum ve dozajlama sistemlerinde dijital filtrenin ilave edilmesi gerekmektedir. Bu tür uygulamalarda kullanılmak üzere daha hızlı

ve seçiciliği yüksek analog işaret işleyicilerin kullanılması zorunludur.

Ağırlık ölçüm sistemi mekanik yapıdan elektroniğe kadar bir bütün olduğu için mekanik yapının tasarımında da istenen duyarlılık göz önüne alınmalı ve tasarım buna göre yapılmalıdır.

Dış dünya ile seri haberleşebilmesi için mikrodenetleyicinin seri haberleşme giriş ve çıkış kapıları boşta bırakılmıştır. Ağırlık ölçüm sistemi bilgisayar veya PLC gibi kontrol ve kumanda sistemleri ile uygun haberleşme protokolu oluşturulup otomasyona gidebilme imkanı tanımaktadır. Aynı zamanda paralel yazıcıya çıktı vermek için program ve karta ilaveler yapılması düşünülmektedir.

Sistemin kalibrasyon ayarı bir ayarlı direnç üzerinden yapılmaktadır. Kalibrasyon ayarı için baskül sıfır ayarı daratuşuna basılarak yapıldıktan sonra ağırlığı bilinen ve 50gr'ın tam katı olan kütle platform üzerine yerleştirilir. Göstergeden kütlenin ağırlığı görülene kadar trimpotun değeri değiştirilir. Kalibrasyon ayarında kullanılan kütlenin 100Kg civarında seçilmesi daha iyi sonuçlar alınmasını sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- (1) ACAR Cevdet, 1993, Yıldız Teknik Ün. Aktif Filtre Sentezi Yüksek Lisans Ders Notları
- (2) ALBERT D.,1990, Modern Electronic Instrumentation And Measurement Techniques, Printence Hall
- (3) GAYAKWAD Ramakant, SOKOLOF Leonard. 1988, Analog and Digital Control System, Printence Hall
- (4) MHS, 1993, 8 Bit Microcontrollers, MATRA MHS
- (5) OYDAŞIK Şerafettin Ali, 1983, Mukavemet 1, İnkılap ve Aka Kitabevleri
- (6) ŞİŞMAN Turan, 1996, Endüstriyel Tartı istemleri,Otomasyon Dergisi
- (7) TELEDYNE COMPONENTS, 1991, 1992 Data Book, Teledyne Components

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi : 4 Nisan 1971

Doğum yeri : Bakırköy

İlkokul : Kanarya Ticaret Odası İlkokulu

Ortaokul : Mimarşinan Ortaokulu

Lise : Bakırköy Endüstri Meslek Lisesi
Elektronik Bölümü

Mezuniyet tarihi : 1988

Lisans Eğitimi : Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Elektronik Programı

Mezuniyet tarihi : 1992

Yüksek Lisans : Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri
Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Anabilim
Dalı Elektronik Programına 1992 yılında kayıt
olmuştur. Bir yıllık İngilizce hazırlık
programını 1993 yılında başarıyla
tamamlamıştır.

**Halen Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik ve Haberleşme Anabilim Dalı Elektronik Programında
kayıtlı olup Yüksek Lisans Tez çalışması yapmaktadır.**